

N° Ordre ...../Faculté/UMBB/2022.

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITÉ M'HAMED BOUGARA DE BOUMERDES



**Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie**  
**Département Transport et équipements Pétroliers**  
**Mémoire de fin d'études**  
**En vue de l'obtention du diplôme :**

## **MASTER**

Présenté par :

**BOUHALA Mohammed**  
**MOHAMADI Slimane**

**Filière :** Hydrocarbures

**Option :** Génie pétrolier : Mécanique des chantiers pétroliers.

## **Thème**

---

Diagnostique et analyse de la dégradation des équipements pétroliers :  
-Application à la pompe centrifuge GUINARD DVMX 6.8.11 E 5- en  
opération à la station de pompage SP3 de M'sila

---

### **Devant le jury :**

ARBAOUI Mohamed	Professeur	UMBB	Président
GACEB Mohamed	Professeur	UMBB	Encadrant
GUEBLI Abdelhamid	MC/B	UMBB	Examineur
BLOUL Benattia	MC/A	UMBB	Examineur

**Année Universitaire : 2021/2022**

## *Remerciement*

Tout d'abord nous remercions " **ALLAH** " et remercions pour la réalisation de cet humble travail.

Nous remercions l'encadrant **Mr.GACEB Mohamed** pour sa contribution efficace les professeur superviseur en tant que comite' arbitrage et les autres professeurs du département.

Nous remercions spécialement **Mr. Redouane Abdenoure** qui fut la première à me faire découvrir le sujet qui a guidé mon mémoire.

Nous remercions les honorables parents pour leurs appels sincères Et remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin en leur Souhaitant bon chance et beaucoup de sucée.

Qui avons-nous accompagnés dans ce modeste travail avec toute patience et encouragement.

Nous espérons Enfin que cette offre sera acceptée et admiré

## *Dédicace*

Je tiens c'est avec grande plaisir que je dédie ce modeste travail :

A l'être le plus cher de ma vie, ma mère.

A celui qui m'a fait de moi un homme, mon père.

A mes chers frères et sœurs.

A tous les membres de ma famille.

Je dédie ce travail à tous mes amis qui m'ont toujours encouragé, et à

qui je souhaite plus de succès.

A tous mes amis de promotion de 2<sup>ème</sup> année Master.

Toute personne qui occupe une place dans mon cœur.

## ملخص :

غالبًا ما تواجه شركات النفط تدهورًا يؤدي إلى تلف المعدات ، حيث تشهد المعدات التي تعاني تدهورًا تدريجيًا في أدائها بسرعة أكبر أو أقل ولكن بلا هوادة. إذا لم يكن هناك تدخل ، يمكن أن تستمر هذه العملية التي لا رجعة فيها حتى التدمير الكامل.

تم تطوير دراستنا على نموذج مضخة الطرد المركزي - GUINARD DVMX 6.8.11 ذات خمس طوابق- قيد التشغيل في محطة الضخ رقم 3 بالمسيلة. المشكلة التي لوحظت خلال فترة التدريب لدينا تتمثل في انسداد المضخة ، بعد تدخل خدمة الصيانة التي أظهرت أن سبب هذه المشكلة هو التدهور بسبب تآكل الأجزاء الداخلية بسبب عدم محاذاة عمود المضخة مع عمود المحرك.

**الكلمات المفتاحية:** تدهور , تآكل , مضخة , محاذاة.

## Abstract :

Oil companies are often faced with degradations that cause damage to equipment, and equipment that suffers a degradation sees its performance progressively impaired more or less rapidly but inexorably. If there is no intervention, this irreversible process can continue until complete destruction.

A the centrifugal pump considered in the present study was of the type model -GUINARD DVMX 6.8.11 with five stages- in operation in the SP3 M'sila site. The problem observed during our training course consists in the blocking of the pump. After the intervention of maintenance service, it was found that the cause of this problem is the degradation by abrasion of the internal parts due to the bad alignment of the shaft of the pump with the shaft of the engine.

**Key word:** degradation, abrasion, pump, alignment

## Résumé:

Les entreprises pétrolières, font souvent face à des dégradations qui causent des endommagements aux équipements, les équipements qui subissent une voient leur performance diminuer progressivement plus ou moins rapidement mais inexorablement. S'il n'y a pas d'intervention, ce processus irréversible peut se poursuivre jusqu'à la destruction complète.

Notre étude a été élaborée sur la pompe centrifuge modèle -GUINARD DVMX 6.8.11 à Cinq étages- en opération dans le site de SP3 M'sila. La problématique constatée durant notre stage consiste en un blocage de la pompe, après l'intervention de service de maintenance que montrée la cause de ce problème est la dégradation par abrasion des pièces interne due du mauvais d'alignement de l'arbre de la pompe avec l'arbre du moteur.

**Motte clé :** dégradation, abrasion, pompe, alignement

## Liste des figures

### Chapitre I :

Figure I.1: Réseau de Transport par Canalisation.....	- 4 -
Figure I.2 : Organisation de SONATRACH .....	- 5 -
Figure I.3 : Organigramme de la DRGB.....	- 6 -
Figure I.4 : Les Stations de Pompage de la Ligne OB1 .....	- 7 -
Figure I.5 : Topographie de l'OB1 .....	- 7 -
Figure I.6 : Station de Pompage -SP3 M'SILA-.....	- 8 -
Figure I.7 : Plan de Masse Nouvelle SP3 .....	- 8 -
Figure I.8 : Circuit processus principal de SP3 .....	- 9 -
Figure I.9 : Gare racleur arrivée (GRA) .....	- 9 -
Figure I.10 : Gare racleur départ (GRD).....	- 10 -
Figure I.11 : Emplacement des filtres A, B et C.....	- 10 -
Figure I.12 : Les bacs de stockage 3A1 et 3A2 .....	- 11 -
Figure I.13 : Pompes booster A, B et C.....	- 11 -
Figure I.14 : Disposition des électro- pompes principales GEP A, B, C, D et E.....	- 12 -
Figure I.15 : Soupapes de décharges PSV 303 et 304.....	- 12 -
Figure I.16 : Le bac de Stockage 3Y1 .....	- 13 -
Figure I.17 : Réseau des Purges Gravitaires .....	- 13 -
Figure I.18 : Disposition des pompes au niveau du Bac anti-incendie (B-302) .....	- 14 -
Figure I.19 : La ligne électrique haute tension de 60 KV .....	- 14 -
Figure I.20 : Organigramme de la Station SP3 .....	- 16 -

### Chapitre II :

Figure II.1 : Mécanisme de la dégradation de surface .....	- 18 -
Figure II.2 : Les causes de dégradation .....	- 19 -
Figure II.3 : Schématisation d'un modèle de dégradation discrète .....	- 21 -
Figure II.4 : Schématisation d'un modèle de dégradation continue .....	- 22 -
Figure II.5 : Mécanisme d'usure abrasive à deux corps (a) et à trois corps (b) .....	- 22 -
Figure II.6 : Grippage des talons de vis d'extrudeuse .....	- 23 -
Figure II.7 : Corrosion d'une pompe V65 bassin anti- incendie .....	- 23 -
Figure II.8 : Mécanisme d'usure par fatigue .....	- 24 -
Figure II.9 : Les enjeux d'une défaillance .....	- 26 -
Figure II.10 : Formes de maintenance .....	- 27 -

### Chapitre III :

Figure III.1 : Montage d'une pompe en aspiration et en charge .....	- 30 -
Figure III.2 : Classification des pompes .....	- 30 -
Figure III.3 : Schéma d'installation d'une pompe volumétrique .....	- 31 -

Figure III.4 : Pompes à engrenages extérieur .....	- 32 -
Figure III.5 : Pompes à engrenages intérieure .....	- 32 -
Figure III.6 : Pompes à vis (cas à 2 vis) .....	- 33 -
Figure III.7 : Pompe à palettes libres.....	- 33 -
Figure III.8 : Pompe à palettes flexibles .....	- 34 -
Figure III.9 : Pompe à lobes .....	- 34 -
Figure III.10 : Pompes à membrane .....	- 35 -
Figure III.11 : Pompe à piston.....	- 36 -
Figure III.12 : Fonctionnement d'une pompe à piston.....	- 36 -
Figure III.13 : Les types des pompes roto-dynamiques .....	- 39 -
Figure III.14 : Les domaines d'utilisation des pompes .....	- 40 -
Figure III.15: Pompe centrifuge monocellulaire (en porte à faux).....	- 42 -
Figure III.16 : Fonctionnement d'une pompe centrifuge .....	- 43 -
Figure III.17 : Pompe centrifuge immergée.....	- 44 -
Figure III.18 : Roue à simple aspiration .....	- 44 -
Figure III.19 : Roue à double aspiration .....	- 45 -
Figure III. 20 : Pompe centrifuge multi-étage .....	- 45 -
Figure III.21 : Ecoulement du liquide à l'intérieur d'une roue à aubes.....	- 46 -
Figure III.22 : Triangle de vitesse à l'entrée et à la sortie de la roue. ....	- 47 -
Figure III.23 : Courbes caractéristiques de la pompe .....	- 48 -
Figure III.24 : Point de fonctionnement d'une pompe .....	- 49 -
Figure III.25 : Evolution de la vitesse et de la pression dans une pompe centrifuge.....	- 52 -
Figure III.26 : Schéma d'un couplage des deux pompes en parallèle. ....	- 52 -

## **Chapitre IV :**

Figure IV.1 : Groupe électropompe (GEP).....	- 54 -
Figure IV.2 : Différents organes de la pompe DVMX.....	- 55 -
Figure IV.3 : Demi-corps inférieur de la pompe.....	- 56 -
Figure IV.4 : Demi-corps supérieur de la pompe.....	- 56 -
Figure IV.5 : Grain de fond .....	- 57 -
Figure IV.6 : Palier central .....	- 57 -
Figure IV.7 : Bagues d'usure.....	- 57 -
Figure IV.8 : Douille d'équilibrage .....	- 57 -
Figure IV.9 : Roulement.....	- 57 -
Figure IV.10 : Coussinet rotule .....	- 58 -
Figure IV.11 : Bague d'étanchéité de la butée.....	- 58 -
Figure IV.12 : L'arbre de la pompe .....	- 58 -
Figure IV.13 : Garnitures mécaniques.....	- 59 -
Figure IV.14 : Fonctionnement de la pompe GUINARD DVMX 6.8.11 E5 .....	- 60 -
Figure IV.15 : Hauteur manométrique en fonction du débit .....	- 61 -
Figure IV.16 : La puissance en fonction du débit .....	- 62 -
Figure IV.17 : Le rendement en fonction du débit.....	- 62 -
Figure IV.18 : Grippage du piston et douille d'équilibrage.....	- 65 -
Figure IV.19 : Le piston d'équilibrage confectionné par DML .....	- 66 -

Figure IV. 20 : La douille d'équilibrage .....	- 66 -
Figure IV.21 : Fiche de jeu douille/piston d'équilibrage .....	- 67 -
Figure IV.22 : Le PV 01 d'alignement.....	- 68 -
Figure IV. 23 : Grippage de la bague d'usure du troisième étage .....	- 69 -
Figure IV. 24 : La bague d'usure du troisième étage .....	- 69 -
Figure IV.25 : Fiche de jeu des bagues d'usure .....	- 70 -
Figure IV.26 : Le PV 02 d'alignement.....	- 70 -
Figure IV. 27 : Paramètres du GEP B Après 45 min de marche .....	- 71 -
Figure IV.28 : Usure abrasive du piston et douille d'équilibrage .....	- 72 -
Figure IV.29 : L'emplacement de la douille et du piston d'équilibrage.....	- 72 -
Figure IV.30 : Mise en place des comparateurs.....	- 74 -
Figure IV.31 : Paramétrés de lignage .....	- 74 -

## Liste des tableaux :

### Chapitre I :

Tableau I.1 : Débit en fonction de la pression . ..... - 15 -

### Chapitre III :

Tableau III.1 : Avantages et inconvénients des pompes volumétriques ..... - 38 -

Tableau III.2 : Caractéristiques des pompes ..... - 41 -

### Chapitre IV :

Tableau IV.1 : Identification de la pompe GUINARD DVMX 6.8.11 E 5. .... - 59 -

Tableau IV.2 : Spécification de la pompe GUINARD DVMX 6.8.11 E 5. .... - 60 -

Tableau IV.3 : Résultats d'essai de la pompe GUINARD par le constructeur. .... - 61 -

Tableau IV.4 : Les incidents de la pompe GUINARD DVMX 6.8.11..... - 63 -

Tableau IV.5 : Les causes probables d'un débit insuffisant au niveau de la pompe GUINARD DVMX 6.8.11 . - 64 -

# Table des matières

**Introduction générale : ..... - 1 -**

## **CHAPITRE I : Présentation de SONATRACH RTC (SP3 M'SILA)**

**Introduction ..... - 3 -**

**I.1. Présentation de SONATRACH: ..... - 3 -**

I.1.1. Introduction: ..... - 3 -

I.1.2. Les activités de SONATRACH : ..... - 3 -

I.1.3. Organisation de la SONATRACH : ..... - 4 -

I.1.4. Les directions régionales de transport des hydrocarbures : ..... - 5 -

**I.2. RTC (Région Transport Centre) : ..... - 5 -**

I.2.1. Présentation de la RTC: ..... - 5 -

I.2.2. L'organigramme de la RTC : ..... - 5 -

I.2.3. Description de l'Oléoduc OB1 : ..... - 6 -

**I.3. Station de pompage SP3 M'sila : ..... - 7 -**

I.3.1. Présentation de la station SP3 : ..... - 7 -

I.3.2. Position géographique : ..... - 8 -

I.3.3. Equipements principaux : ..... - 8 -

I.3.4. Les variables de la station : ..... - 15 -

I.3.5. Les différents modes de marche au niveau de la Station [6]: ..... - 15 -

I.3.6. Organisation de la station SP3 : ..... - 16 -

I.3.7. Service de Maintenance : ..... - 16 -

## **CHAPITRE II : La dégradation des équipements pétroliers**

**II.1. Introduction : ..... - 18 -**

**II.2. Définition : ..... - 18 -**

**II.3. Les causes de dégradation : ..... - 19 -**

II.3.1. Le matériau: ..... - 19 -

II.3.2. La conception : ..... - 19 -

II.3.3. Le procédé d'obtention : ..... - 20 -

II.3.4. L'utilisation : ..... - 20 -

**II.4. Les modèles de dégradation : ..... - 21 -**

II.4.1. Les modèles de dégradation discrète : ..... - 21 -

II.4.2. Les modèles de dégradation continue : ..... - 22 -

<b>II.5. Les types de dégradation des équipements :</b> .....	<b>- 22 -</b>
II.5.1. Usure par abrasion :	- 22 -
II.5.2. Grippage :	- 23 -
II.5.3. Corrosion :	- 23 -
II.5.4. Erosion :	- 24 -
II.5.5. Usure par fatigue :	- 24 -
<b>II.6. Les Object de l'analyse de dégradation et leurs enjeux :</b> .....	<b>- 24 -</b>
<b>II.7. La maintenance :</b> .....	<b>- 26 -</b>
II.7.1. Différents types de maintenance :	- 26 -
II.7.2. Choix d'une politique de maintenance.....	- 27 -
<b>II.8. Conclusion :</b> .....	<b>- 28 -</b>

## **CHAPITRE III : Généralité sur les pompes**

<b>III.1. Généralités :</b> .....	<b>- 29 -</b>
<b>III.2. Historique :</b> .....	<b>- 29 -</b>
<b>III.3. Introduction :</b> .....	<b>- 29 -</b>
<b>III.4. Classification des pompes :</b> .....	<b>- 30 -</b>
III.4.1. Les pompes volumétriques :	- 31 -
III.4.2. Les pompes roto dynamiques (Turbo pompes) :	- 38 -
<b>III.5. Domaines d'utilisation :</b> .....	<b>- 40 -</b>
<b>III.6. Caractéristiques des pompes :</b> .....	<b>- 40 -</b>
III.6.1. Les pompes volumétriques :	- 40 -
III.6.2. Les pompes roto dynamiques :	- 40 -
<b>III.7. Les pompes centrifuges :</b> .....	<b>- 41 -</b>
III.7.1. Définition .....	- 41 -
III.7.2. Disruption d'une pompe centrifuge :	- 42 -
III.7.3. Principe de fonctionnement :	- 43 -
III.7.4. Classification des pompes centrifuges :	- 44 -
III.7.5. Théorie des pompes centrifuges :	- 46 -
III.7.6. Couplage d'une pompe centrifuge :	- 52 -
<b>III.8. Conclusion :</b> .....	<b>- 53 -</b>

## **CHAPITRE IV : Etude et analyse problematique de la pompe GUINARD DVMX 6.8.11 E5**

<b>IV.1. Introduction :</b> .....	<b>- 54 -</b>
<b>IV.2. Description de la pompe :</b> .....	<b>- 54 -</b>
IV.2.1. Corps de la pompe :.....	- 55 -
IV.2.2. Mobile de la pompe :.....	- 58 -
IV.2.3. Garnitures mécaniques : .....	- 59 -
<b>IV.3. Fiche technique de la pompe GUINARD DVMX 6.8.11 E 5:</b> .....	<b>- 59 -</b>
<b>IV.4. Principe de fonctionnement :</b> .....	<b>- 60 -</b>
<b>IV.5. Paramètres d'essai de la pompe :</b> .....	<b>- 61 -</b>
IV.5.1. Variassions de la hauteur en fonction du débit (Figure IV.15): .....	- 61 -
IV.5.2. Variation de la puissance en fonction du débit (Figure IV.16): .....	- 62 -
IV.5.3. Variation du rendement en fonction du débit (Figure IV.17): .....	- 62 -
<b>IV.6. Problématique :</b> .....	<b>- 63 -</b>
<b>IV.7. L'intervention du service maintenance :</b> .....	<b>- 63 -</b>
IV.7.1. Etude du dysfonctionnement de la pompe : .....	- 63 -
IV.7.2. Déroulement de l'intervention : .....	- 65 -
<b>IV.8. Les propositions et les solutions de ce problème :</b> .....	<b>- 71 -</b>
IV.8.1. La solution pour éviter le blocage : .....	- 71 -
IV.8.2. Les solutions pour diminuer l'usure abrasive : .....	- 72 -
<b>IV.9. Conclusion :</b> .....	<b>- 75 -</b>
<b>Conclusion générale :</b> .....	<b>- 76 -</b>

### **Bibliographies**

# *Introduction générale*

### Introduction générale :

Les hydrocarbures sont considérés comme une source d'énergie dans le monde sans oublier ses drivées et économie de certains pays comme le nôtre. L'Algérie essaie de développer ce domaine et pour cela, elle a créé plusieurs unités de production et de pompage qui ne cessent de produire et de trouver de meilleures solutions pour améliorer la qualité et augmenter la quantité en réduisant au minimum le coût de production et de transport et pour assurer la continuité de service, dans le but de garder une réputation dans le marché mondial et s'aligner avec les pays industrialisés.

L'exploitation des hydrocarbures (production, transport) s'appuie sur des équipements puissants. Ces équipements, font souvent sujet à des dégradations qui entraînent des endommagements et peuvent causer des baisses du rendement et, inévitablement des pertes financières que ce soit en raison des arrêts de production, des délais de réparation, des frais d'entretien ou des coûts associés au remplacement d'une pièce. Pour parer à ces conséquences nuisibles à l'industrie des pétrolière une prise en charge sérieuse et efficace des équipements est indispensable en termes de leur protection contre les endommagements en recherchant la meilleure stratégie pour faire face à ces dégradations. Notre travail de MFE s'inscrit dans cette stratégie.

Parmi les équipements pétroliers, les pompes centrifuge, qui jouent un grand rôle dans ce domaine notamment l'injection de l'eau dans les puits pour l'extraction du pétrole et son transport par canalisation à travers des centaines de kilomètres. Les pompes centrifuges sont de ce fait exposées à plusieurs types de dégradation.

Notre objectif est de faire une étude de la dégradation d'une pompe centrifuge modèle : GUINARD DVMX 6.8.11 opérés au niveau de la station de pompage N°03 activité TRC SONATRACH et connaître ces caractéristiques.

Pour la réalisation de ce mémoire, nous avons organisé notre étude comme suit :

- Dans un premier chapitre : une présentation de la société SONATRACH et ces activités (production, raffinage, transport par canalisation et commercialisation) est faite. Ensuite la station de pompage SP3 où la pompe investiguée est localisée est exposée ensemble avec les équipements constituants.
- Deuxième chapitre consacré l'étude des différentes modes de dégradations des équipements pétroliers et les objectifs de l'analyse de dégradation y sont décrits.
- Le troisième chapitre est dédié à la présentation des généralités sur les pompes, leurs types et leurs caractéristiques.
- Le chapitre quatre est constitué de trois parties. La première partie donne une description détaillée de la pompe GUINARD DVMX 6.8.11 E5. La deuxième partie examine le problème de dégradation de cette pompe. Un type de dégradation a été observée ayant

pour conséquence (le blocage du mobile). Finalement, dans la troisième partie des propositions sont faites dans une tentative de trouver des solutions à ce problème.

- Le mémoire est clôturé par une conclusion générale reprenant l'essentiel de notre étude et dégageant les conclusions principales.

***CHAPITRE I :***  
***Présentation de SONATRACH***  
***RTC (SP3 M'sila)***

## Introduction

Dans ce chapitre on donne une présentation générale de SONATRACH et la Région de Transport Centre -RTC- et on parlera de différentes constitutions de la station de M'sila SP3 et de l'objectif, ou la tâche assurée. Après on donnera un aperçu sur les équipements utilisés.

### I.1. Présentation de SONATRACH:

#### I.1.1. Introduction:

L'entreprise « SONATRACH » (Société Nationale pour le Transport et la Commercialisation des Hydrocarbures) a été créé le 31 Décembre 1963 par le décret n°63/491. Les statuts ont été modifiés par le décret n°66/292 du 22 Septembre 1966, et SONATRACH devient alors « Société nationale pour la recherche, la production, le transport, la Transformation et la Commercialisation des Hydrocarbures» une entreprise publique algérienne et un acteur majeur de l'industrie pétrolière [1].

#### I.1.2. Les activités de SONATRACH :

SONATRACH exerce ses activités dans quatre (4) principaux domaines [2]:

##### a. Activité exploration et production :

Elle recouvre les métiers de recherche, d'exploration, de développement et de production des hydrocarbures.

##### b. Activité raffinage et pétrochimie :

Elle prend en charge le développement et l'exploitation des complexes de liquéfaction de gaz naturel, de séparation de GPL, de gaz industrie et le raffinage du pétrole brut.

##### c. Activité Commercialisation :

Elle a pour missions l'élaboration et l'application de la stratégie de SONATRACH en matière de commercialisation des hydrocarbures sur le marché national et international par les opérations de trading et de shipping.

##### d. Activité Transport par Canalisation (TRC) :

Le transport par canalisation est le moyen le plus simple, le plus sûr et le plus écologique pour transporter le pétrole.

L'Activité Transport par Canalisation est en charge de l'acheminement des hydrocarbures , du pétrole brut, du condensat, du gaz et du GPL, à partir des zones de production vers les zones de stockage, les complexes GNL et GPL, les raffineries, les ports pétroliers ainsi que vers les pays importateurs. Elle constitue le noyau de la chaîne pétrolière du groupe SONATRACH.

Dans les années 50, juste après la découverte du gisement de Hassi-Messaoud, deux types de transport d'hydrocarbures étaient employés par les entreprises en cette période : l'oléoduc

qui reliait Hassi-Messaoud à Touggourt et les wagons-citernes de Touggourt au port de Skikda.

Peu à peu les sociétés pétrolières présentes en Algérie ont investies dans les oléoducs en réalisant l'OB1, canalisation qui relie Haoud-EL-Hamra à Bejaia, et qui l'alimente en pétrole brut. En 1961 le GZ1 a vu le jour ; il alimente le parc d'Arzew en gaz naturel.

SONATRACH a repris par la suite la construction d'autres lignes en commençant par l'OZ1 canalisation qui relie Haoud-El-Hamra à Arzew. De nos jours SONATRACH dispose de plus de 17500km de canalisation pour le transport d'hydrocarbures.

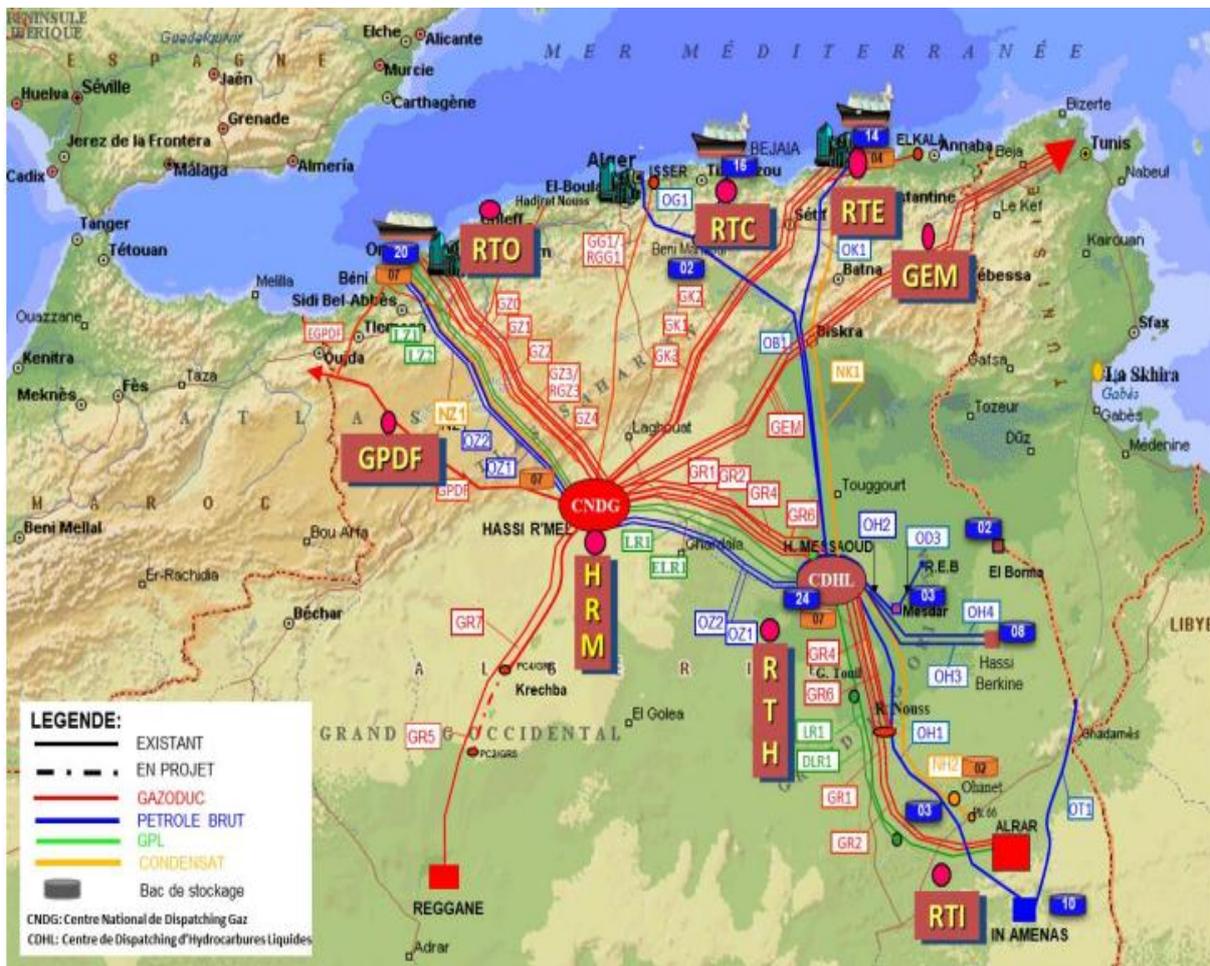
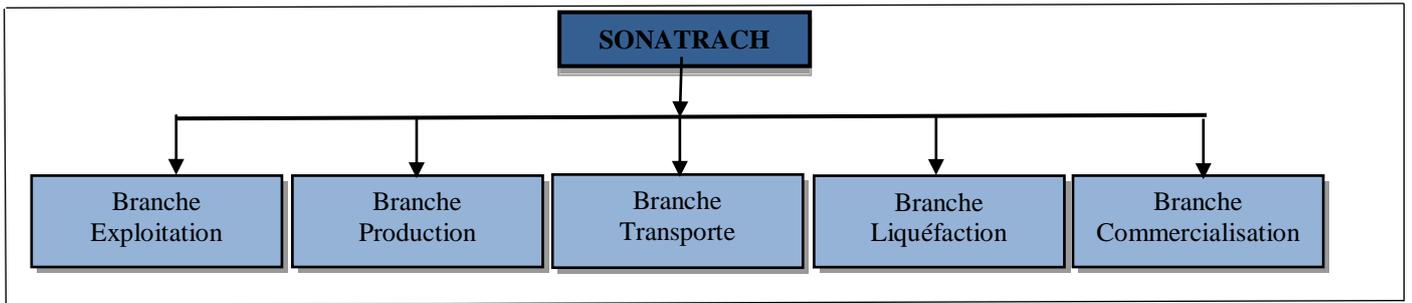


Figure I.1: Réseau de Transport par Canalisation

### I.1.3. Organisation de la SONATRACH :

SONATRACH se situe au premier plan par l'importance de ses activités de base qui ont été fixés en 1992 afin d'atteindre ses objectifs en matière d'exploitation de recherche, de transport par canalisation et de commercialisation. Et pour la réalisation de ces objectifs, SONATRACH s'est scindée en cinq branches différentes, représentées par l'organigramme (Figure I.2) suivant :



**Figure I.2 :** Organisation de SONATRACH [1]

#### **I.1.4. Les directions régionales de transport des hydrocarbures :**

SONATRACH possède cinq directions régionales et deux directions de maintenance qui sont comme suit [3]:

- La direction régionale EST, **RTE** (Skikda).
- La direction régionale Centre, **RTC** (Bejaia).
- La direction régionale Ouest, **RTO** (Oran).
- La direction régionale de Haoud-EL-Hamra, **HEH**.
- La direction régionale d'Ain Amenas, **RTI**
- La direction de maintenance BISKRA, **DMB**
- La direction de maintenance LAGHOUAT, **DML**

**NB :** Les deux directions de maintenance sont créés pour accompagner les différentes régions de transport dans leurs missions en leurs assurant un soutien technique (révisions générales des équipements principaux, interventions en cas d'urgence signalée .... Etc.)

### **I.2. RTC (Région Transport Centre) :**

#### **I.2.1. Présentation de la RTC:**

La région de transport centre (RTC), est l'une des cinq directs régionaux de transport des hydrocarbures de la SONATRACH. Elle est chargée du transport par canalisation, le stockage et l'exportation du pétrole brut qui est acheminées vers les clients via le port de Bejaia et le poste de chargement en mer SPM.

La RTC est située à 2Km au Sud-ouest de la ville de Bejaia, elle est divisée en deux parcs de stockage (Nord et Sud), elle comprend également le port pétrolière qui se trouve à environ 8Km au Nord de cette dernière avec son propre parc de stockage.

La RTC est chargé de l'exploitation d'un Oléoduc OB1 et d'un gazoduc GG1 HassiR'mel-Bordj-Menail d'une longueur de 437 km de diamètre de 42", il approvisionne en gaz naturel depuis 1981 toutes les villes du centre du pays[2].

#### **I.2.2. L'organigramme de la RTC :**

La DRGB est organisée de manière à bien répartir les tâches et limiter la responsabilité de chacun, sa structure est représentée sur la (Figure I.3) ci-dessous [2]:

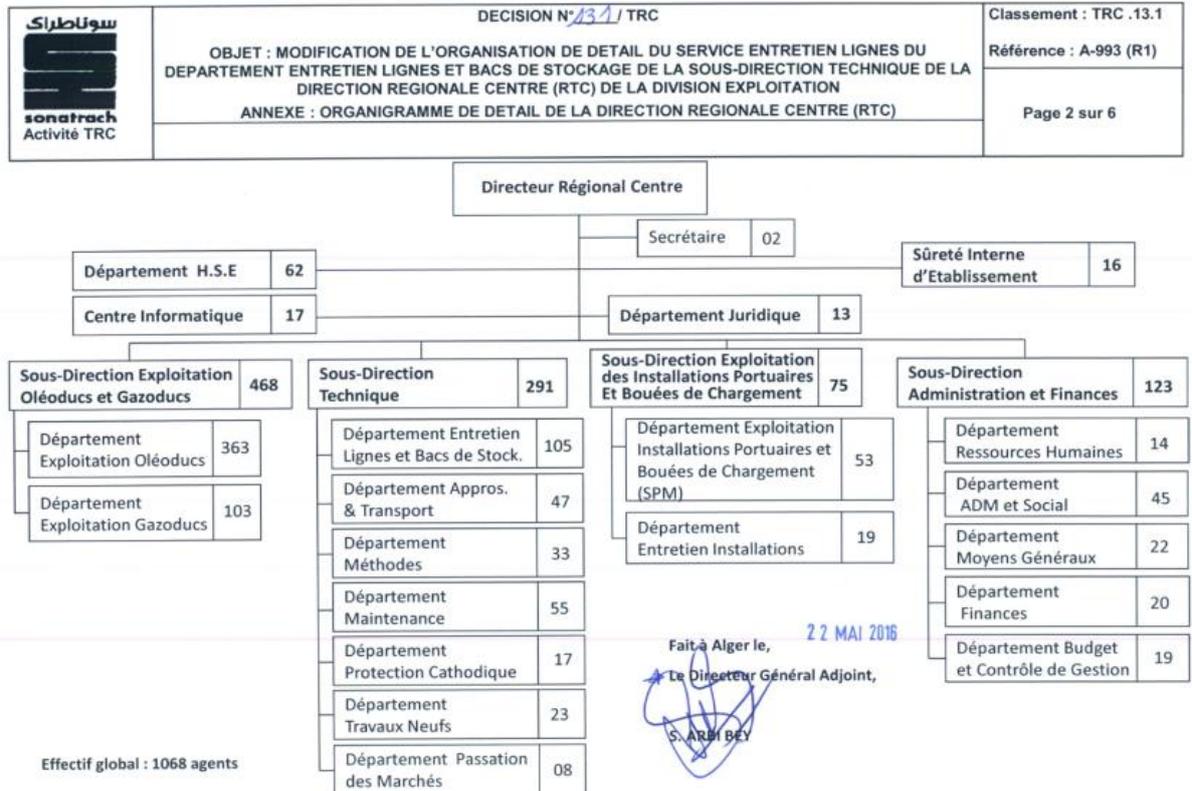


Figure I.3 : Organigramme de la DRGB

### I.2.3. Description de l'Oléoduc OB1 :

L'Oléoduc OB1 est le premier ouvrage de transport par canalisation réalisé par la SOPEG en Algérie en 1957 par la compagnie française de pétrole CEP et SNREPAL, mis en service en 1959 pour relier Haoud –El-Hamra au terminal marin de Bejaia [2], [3].

L'Oléoduc OB1 de diamètre 24 pouce de longueur totale 660,72km, celui-ci est composé de deux tronçons :

- Un tronçon reliant le terminal HEH au col de Selatna qui est le point le plus culminant de la ligne (1033m d'altitude) dont le diamètre 24 pouce et de longueur de 533,17km.
- Un second tronçon qui relie le col de Selatna au terminal marin dont le diamètre est de 22pouces sur une longueur de 127,551 km ou l'écoulement est gravitaire. Ils ont réduits ce diamètre du 24'' au 22'' pour qu'il ait une pression finale désirée afin de pouvoir acheminer le pétrole brut vers les back de stockages du terminal marin (TMB). Sur ce tronçon le produit transporté peut être transféré vers la station de pompage SBM de Béni Mansour pour alimenter la raffinerie d'Alger par l'Oléoduc OG1.
- L'OB1 est équipé des postes de sectionnement (vannes à opercule), ces vannes sont repérées sur ligne à des distances de 10 km dans les zones rurales (habitations) et de 20 km en dehors de ses zones, et ce pour isoler le tronçon en cas de fuite signalée.

- A chaque crête de pipe, il y a des événements pour évacuer l'air qui est créé en cas de faible pression, et des clapets non-retour qui permettent au fluide de s'écouler dans une seule direction.
- Les stations de pompages qui sont chargées de faire circuler les produits sous hautes pressions (HP) à des vitesses de l'ordre de 1 à 3 m/s (3,6 à 10 km/h), le débit Q étant fonction du diamètre de la ligne, elles sont équipées de pompes montées en série ou en parallèle, destinées à fournir l'énergie de pression nécessaire pour vaincre les pertes de charge.

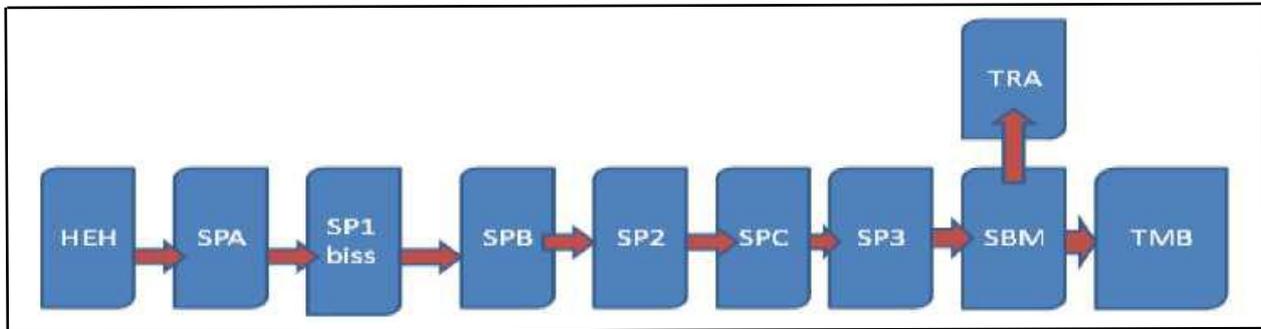


Figure I.4 : Les Stations de Pompage de la Ligne OB1

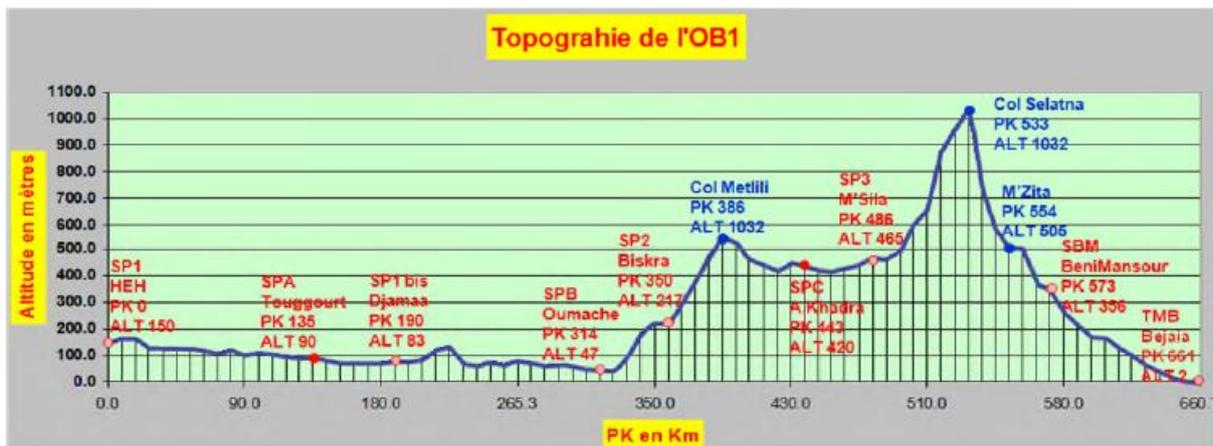


Figure I.5 : Topographie de l'OB1

### I.3. Station de pompage SP3 M'sila :

#### I.3.1. Présentation de la station SP3 :

La station de pompage de M'SILA est l'une des plus importantes à l'échelle nationale en matière de transport par canalisation de pétrole brut, la station est située à la sortie de la zone industrielle du chef-lieu de la wilaya de Msila, au PK 495 et à une altitude de 465m à 248 km de la capitale d'ALGER . Cette station permet le transport du brut vers Bejaia et la raffinerie d'Alger [4].



**Figure I.6 :** Station de Pompage -SP3 M'SILA-

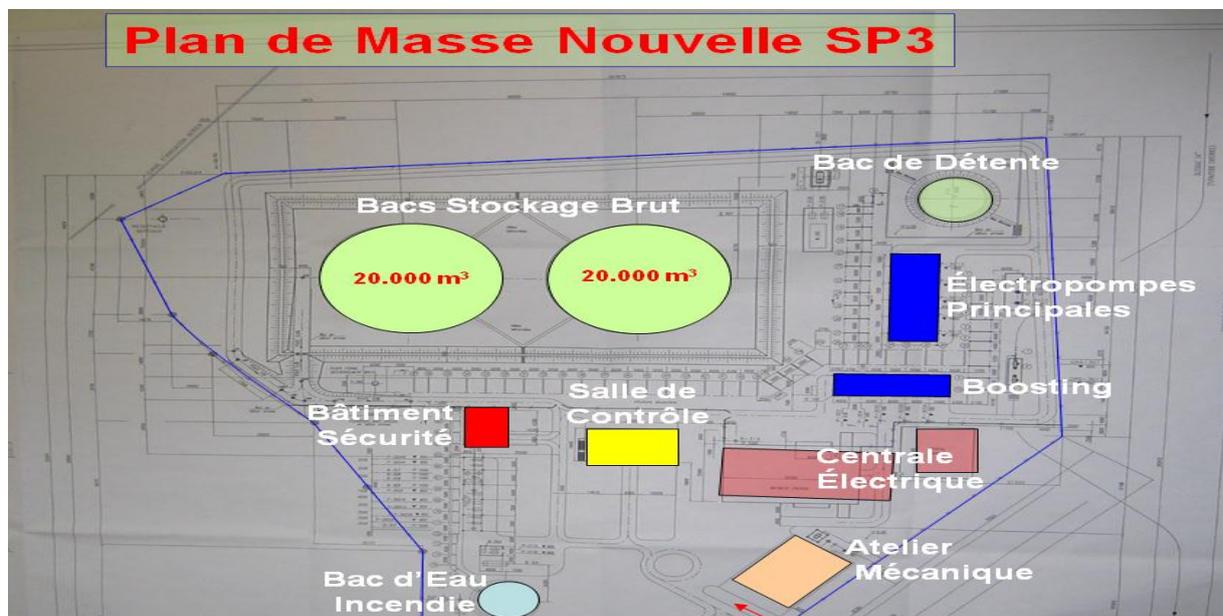
### I.3.2. Position géographique :

La station de Pompage numéro trois de la SONATRACH est située dans la zone Industrielle du chef-lieu de la willaya de M'sila, au PK 493 et à une altitude de 465 Mètres, et se situe à 248 km de la capitale.

Les voies d'accès principales sont :

- ✓ Route National numéro 40 et 45.
- ✓ Aérogare d'Alger, Bejaïa et Constantine.

### I.3.3. Equipements principaux :



**Figure I.7 :** Plan de Masse Nouvelle SP3

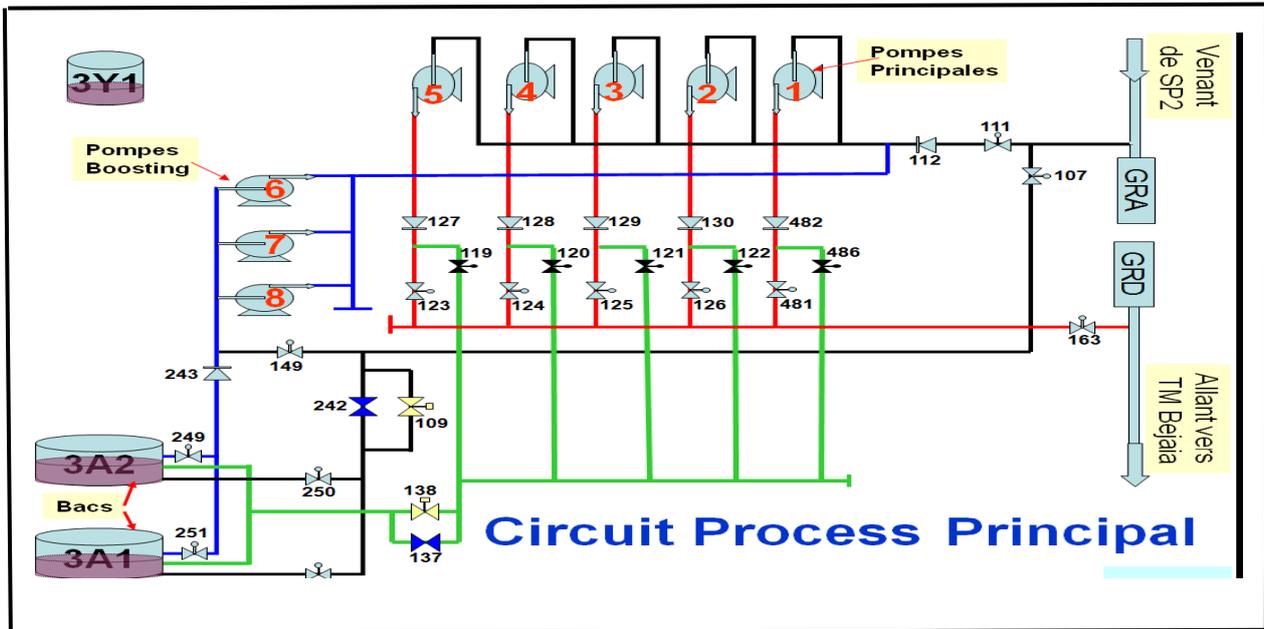


Figure I.8 : Circuit processus principal de SP3 [2]

La station SP3 se compose en plusieurs équipements essentiels mentionnés comme suite

### 1. Gares racleurs :

#### ▪ Gare racleur arrivée (GRA) :

A l'arrivée de l'oléoduc 24" à la station SP3, celui-ci se termine à son prolongement par la gare racleur arrivée qui sert à la réception d'un racleur lors de l'envoi de ce dernier à partir de la station SP2. En fonctionnement normal, la gare racleur arrivée est isolée en fermant ses vannes d'entrée MOV301 et MOV302 qui envoient les hydrocarbures vers le bac de décantation pendant la réception. En plus des vannes d'isolement, celle-ci est équipée de deux pis signalés qui permettent de confirmer l'entrée du racleur dans la gare et d'une soupape de sécurité tarée à 9.8bars [4].



Figure I.9 : Gare racleur arrivée (GRA)

- **Gare racleur départ (GRD) :**

Au refoulement des pompes principales, en série avec l'oléoduc d'expédition 24" se trouve la GRD qui sert à envoyer un racleur vers le terminal Bejaia. En fonctionnement normal, les pompes principales refoulent directement vers la pipe d'expédition sans passer par la gare racleur. Celle-ci est isolée par sa vanne de sortie MOV327 et sa vanne de mise sous pression MOV326 (fermées) [4].



**Figure I.10 :** Gare racleur départ (GRD)

## 2. Trois (03) filtres :

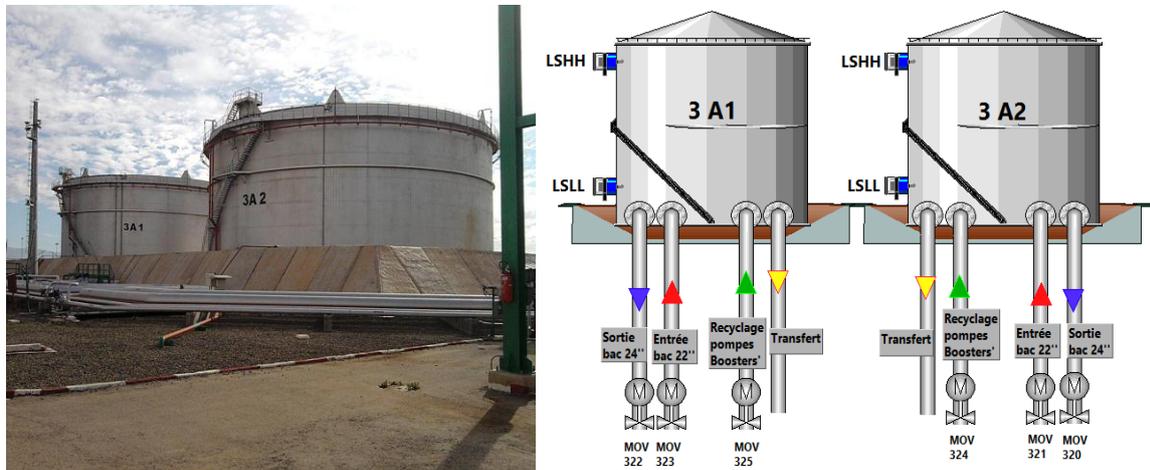
Le rôle d'un filtre est de filtrer le brut en tenant les éléments solides. La capacité de filtrage d'un filtre est 900 m<sup>3</sup>/h. Il y a un transmetteur de pression qui mesure la différence de pression entre l'entrée et la sortie, et s'il y a un bouchage dans un filtre, la différence entre la pression de la sortie et celle de l'entrée est inférieure ce qui va créer une alarme pour nettoyer le filtre.



**Figure I.11 :** Emplacement des filtres A, B et C.

**3. Deux (02) Bacs de stockage à toit flottant (3A1 et 3A2) :**

Le toit flottant est un disque mobile qui flotte sur le liquide en suivant les mouvements de descente et de montée du produit. Pour permettre ces déplacements, un espace annulaire libre existe entre le toit et la robe de la cuve. Il est obturé par un système d'étanchéité déformable qui permet au toit de coulisser sans entraves à l'intérieur de la robe. Les réservoirs de stockage tampon 3A1 et 3A2 sont tous les deux utilisés en opération. Leurs capacités sont de 20 000 m<sup>3</sup> chacun.



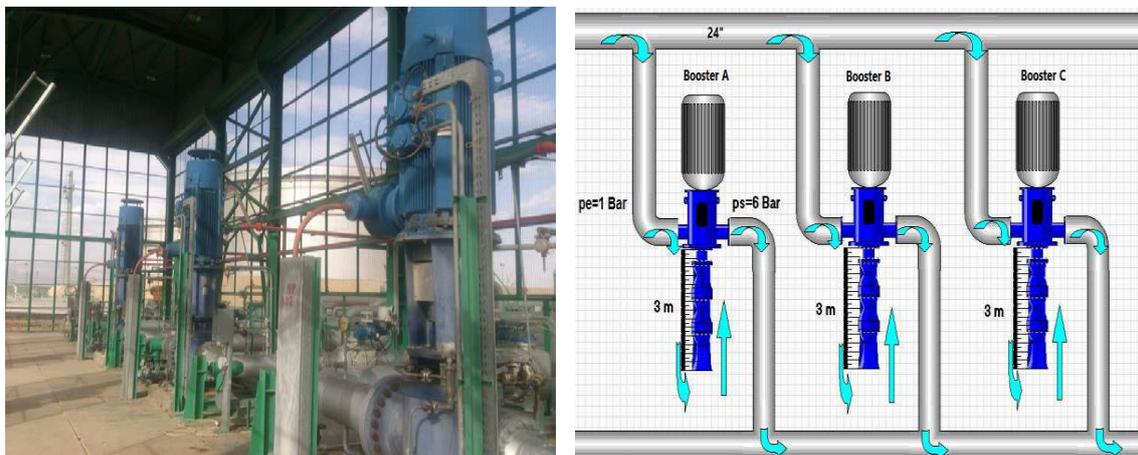
**Figure I.12 : Les bacs de stockage 3A1 et 3A2**

**4. Trois (03) pompes Boosters :**

Trois (03) électropompes booster sont des pompes centrifuges à deux (02) étages immergées entrainées par des moteurs électriques. Leur rôle est d'assurer une pression à atteindre jusqu'à 8 bars avec un débit de 1155 m<sup>3</sup>/h chacun, il est possible d'utiliser 2 pompes principales GEP, avec une seule pompe booster en marche.

En cas de fonctionnement avec 3 pompes principales GEP, il faut démarrer également une deuxième pompe booster.

Les boosters sont utilisés pour éviter la cavitation au niveau des GEP tel que dans les conduites de refoulement de boosters et d'aspiration des GEP.



**Figure I.13 : Pompes booster A, B et C**

### 5. Cinq (05) Groupe électropompes (GEP) en parallèle :

Cinq (05) groupes électropompes GEP alimentés en parallèle. Du point de vue physique la pompe transforme l'énergie mécanique issue de son moteur électrique à vitesse variable d'entraînement en énergie hydraulique. La pompe objet de notre étude est une pompe centrifuge multicellulaire à joint axial. Elle fournit au pétrole une énergie cinétique avant de la transformer en énergie de pression. Son avantage est de pouvoir véhiculer des gros débits d'une manière régulière.

Le moteur électrique ASIRobicon de type 'ET63012' est caractérisé par : la Puissance (P) = 1600 KW ; la tension (U) : 3300 V ; la fréquence (F) : 59,7 Hz ; le nombre de tours par minute (N) : 712-3560 tr/min.

La pompe centrifuge est de marque **GUINARD** de type 'DVMX6\*8\*11 à cinq (05) étages.



**Figure I.14 :** Disposition des électro- pompes principales GEP A, B, C, D et E

### 6. Quatre (04) soupapes de décharges :

Les soupapes de décharges sont installées à l'entrée de la station, Elles assurent la protection contre la surpression et sont tarées à 12 bars, dont deux(02) sont en service et les deux (02) autres sont en réserve. De même une autre soupape est installée à la sortie de la station, tarée à 74,5 bars.



**Figure I.15 :** Soupapes de décharges PSV 303 et 304

### 7. Un (01) Bac de stockage à toit fixe (3Y1) :

Le stockage des produits peu volatils et à faible tension de vapeur (inférieure à 0,1 bar) est réalisé dans des réservoirs où la partie supérieure est recouverte d'un toit fixe. Bac de Décantation 3Y1 à toit fixe d'une capacité de 2900 m<sup>3</sup>, ce bac sert à récupérer tout le liquide soit à travers le col de signe en cas de déclenchement des soupapes de décharge soit à travers le circuit de purge par la pompe MP 304 ou le cas de vidange des collecteurs et équipements par la pompe MP305 . Le liquide de ce réservoir peut être envoyé aux réservoirs de stockage 3A1 et 3A2 par la Pompe de Transfert P-303 ou peut être chargé sur camions par la Pompe de Vidange P-306.B En cas de haut niveau dans le réservoir 3Y1, LSHH 301 fermera automatiquement MOV 302.

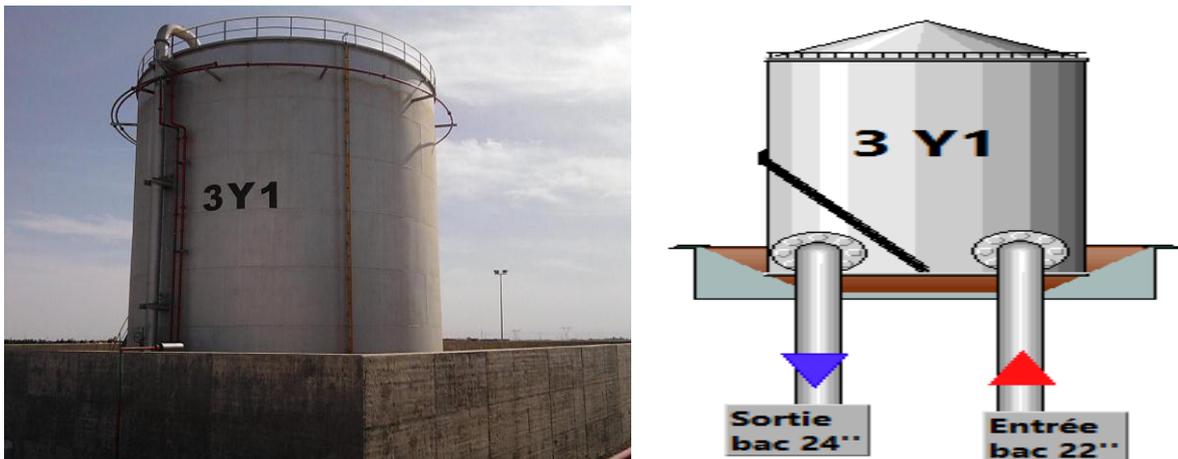


Figure I.16 : Le bac de Stockage 3Y1

### 8. Réseau des Purges Gravitaires :

Les purges gravitaires de la station de pompage sont récupérées par le Réservoir de Purge B-301, une citerne instrumentée et installée dans une fosse, les purges sont réinjectées dans le réservoir de décantation pour être ensuite envoyées dans les réservoirs de stockage tampon (3A1 et 3A2).



Figure I.17 : Réseau des Purges Gravitaires

**9. Centrale anti-incendie :**

- Deux (02) pompe jockey (25 m<sup>3</sup>/h avec une vitesse 2930 tr/min)
- Deux (02) pompes principales (150 m<sup>3</sup>/h avec une vitesse 2960 tr/min)
- Une (01) motopompe (CUMMINS) (300m<sup>3</sup>/h avec une vitesse 2100tr/min)
- Deux (02) pompes doseuses (fier dos)
- Une (01) citerne de stockage d'émulseur 10 m<sup>3</sup>.

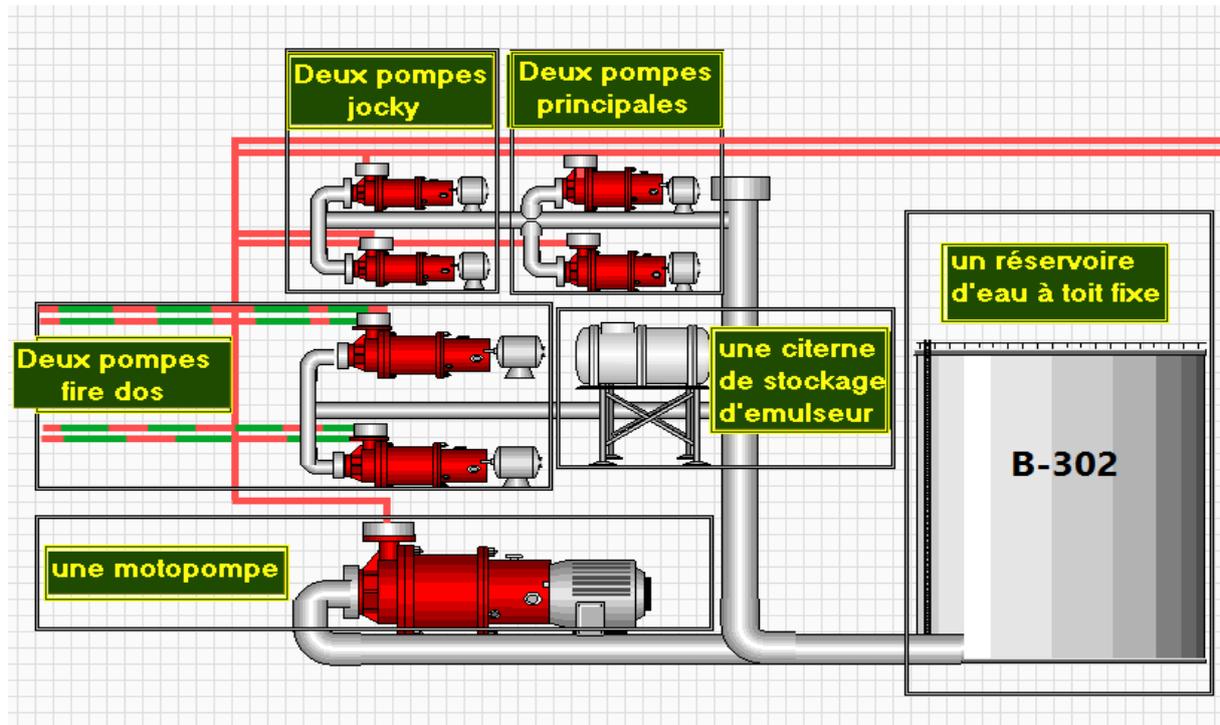


Figure I.18 : Disposition des pompes au niveau du Bac anti-incendie (B-302)

**10. Bâtiment d'énergie :**

Un (01) bâtiment d'énergie alimenté par une ligne électrique à haute tension (60 kV) :



Figure I.19 : La ligne électrique haute tension de 60 KV

**I.3.4. Les variables de la station :**

Debit [m <sup>3</sup> /h]	Pression entrée station [kg/cm <sup>2</sup> ]	Nombre de pompes principaux	Nombre de pompes boosters
800	48	1	1
1400	53	2	1
1800	59	3	2
2200	70.95	4	2

**Tableau I.1 :** Débit en fonction de la pression [4].**I.3.5. Les différents modes de marche au niveau de la Station [6]:****a. Relais Tampon Automatique (RTA) :**

C'est la méthode de fonctionnement la plus employée. La station peut égaliser le débit entre l'entrée et la sortie utilisant l'effet tampon des Bacs 3A1 et 3A2 par réglage de la PCV-301.

**b. Relais Tampon Normal (RTN) :**

Cette modalité est employée au cas où la station est en arrêt (pompes principales P-301 A/B/C/D/E en arrêt) mais la station en amont continue d'envoyer le pétrole.

**c. Relais Direct Normal (RDN) :**

La station fonctionne sans boosters.

**d. Relais Direct Surprise (RDS) :**

Ce mode a lieu quand il y a passage du condensat par la station.

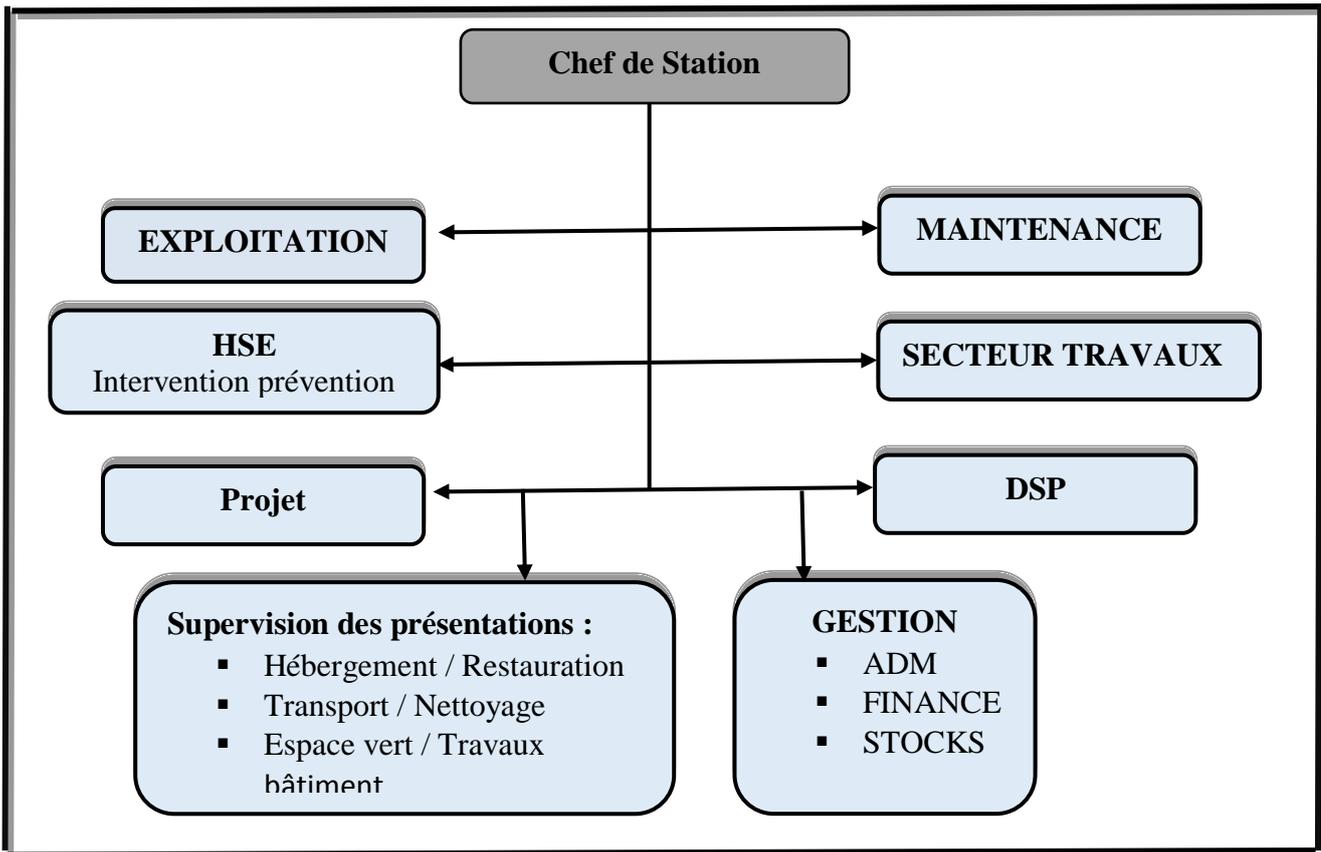
**e. Relais Direct Surprise Compense (RDSC) :**

Ce mode est utilisé lorsque la pression à l'entrée de la station est très basse (bas débit à l'entrée de la station), tandis que le raccordement en aval exige le maintien d'un débit haut à la sortie.

**f. Relais Direct Surprise Déleste (RDSD) :**

Au cas où, pour contraintes extérieures, on doit maintenir un débit à la sortie de la station, inférieur à celui d'entrée, le mode RDSD sera sélectionné.

### I.3.6. Organisation de la station SP3 :



**Figure I.20 :** Organigramme de la Station SP3 [6]

### I.3.7. Service de Maintenance :

Le service maintenance assure la maintenance préventive et curative des équipements et assure toutes les opérations de maintenance (niveau 1 et 2) dans le domaine électrique, mécanique instrumentation et climatisation. Elle comporte trois (03) sections selon l'organigramme suivant [6]:

#### a. Mécanique :

La section mécanique réalise les tâches suivantes :

- Visites programmées des équipements
- Entretien général
- Contrôle systématique des équipements et diagnostic
- Les pannes non programmées
- Graissage des équipements (pompes, vannes.....etc.)
- Le contrôle d'alignement des GEP

#### b. Instrumentation

La section instrumentation réalise les tâches suivantes :

- Contrôle visuel des instruments des différentes installations

- Vérification et nettoyage des instruments
- Maintenir le bon fonctionnement des instruments (débouchage, calibrage, étalonnage...etc.)
- Ronde et inspection des différents paramètres (vibration, température, pression, débit et transmission des données)

**c. Electricité et Climatisation :**

La section Electricité réalise les taches suivantes :

- Contrôle visuel des équipements électriques (VVF, transformateur, ...)
- Contrôle et lecture des différents paramètres électriques
- Visites programmées des équipements électriques
- Intervention sur les pannes imprévues
- Vérification des installations de climatisation
- Nettoyage et entretien de système de la climatisation

**Conclusion :**

Les différents équipements ont été décrits de la SP3 qui est le lieu de notre stage et l'une des stations de pompage de l'OB1 qui joue un rôle important dans le transport des hydrocarbures de ce chapitre, on a discuté sur les différents équipements de la SP3.

***CHAPITRE II :***  
***La Dégradation des équipements***  
***pétroliers***

## II.1. Introduction :

Les entreprises pétrolières, font souvent face à des dégradations qui causent des endommagements aux équipements .Ces dégâts peuvent causer des baisses du rendement et inévitablement des pertes financières que ce soit en raison des arrêts de production, des délais de réparation, des frais d'entretien ou des coûts associés au remplacement d'une pièce [7].

C'est pour cela que nous devons comprendre le problème, et essayer de faire face aux stratégies et aux précautions qui nous permettent de les éviter. Il est donc primordial de rechercher les démarches à suivre pour réduire si ce n'est proscrire ces dégradations.

## II.2. Définition :

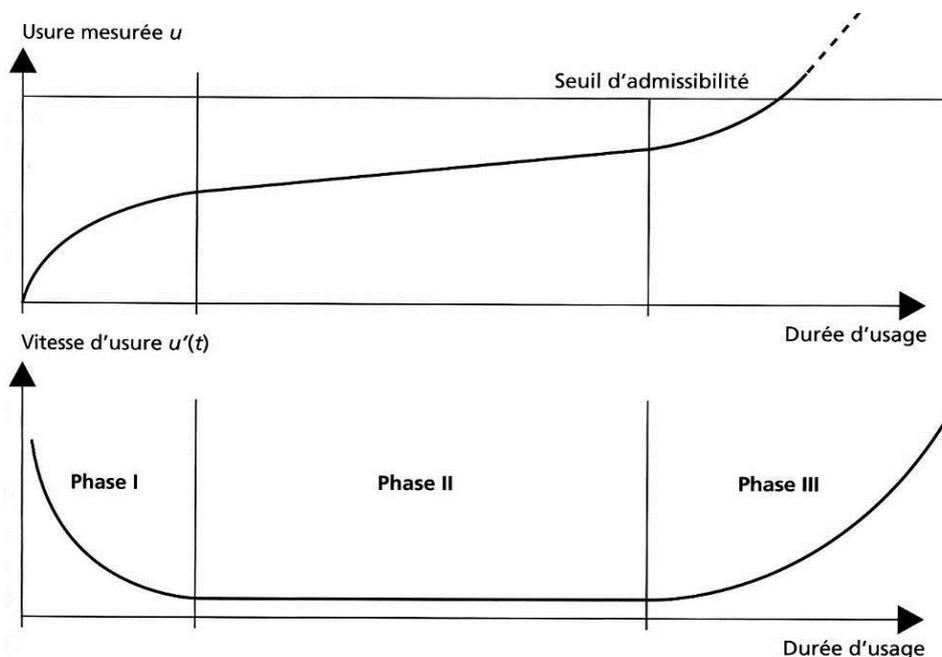
La dégradation est un affaiblissement graduel continu ou discret. Les équipements qui subissent une voient leur performance diminuer progressivement, plus ou moins rapidement mais inexorablement. S'il n'y a pas d'intervention, ce processus irréversible peut se poursuivre jusqu'à la destruction complète [8].

Cependant, le caractère progressif des dégradations s'accompagne généralement de signes et d'indicateur avant-coureurs qu'il faut pouvoir décélérer.

Les processus de dégradation ont pour cause des phénomènes physiques et/ou chimiques et ils concernent essentiellement les parties mécaniques des systèmes.

En général, une pièce subit tout au long de sa vie 3 étapes d'usure [9]:

- **Phase 01** : Rodage : usure rapide avec une vitesse d'usure régulièrement décroissante.
- **Phase 02** : Marche normale : durée de service (usure stable à un taux faible et constant).
- **Phase 03** : Vieillesse et ruine : vitesse d'usure croissante.



**Figure II.1** : Mécanisme de la dégradation de surface [9]

### II.3. Les causes de dégradation :

Les dégradations sont la résultante de 4 paramètres [8]:

- Le matériau utilisé pour les composants
- La conception du système
- Les procédés d'obtention des composants
- Les conditions d'utilisation

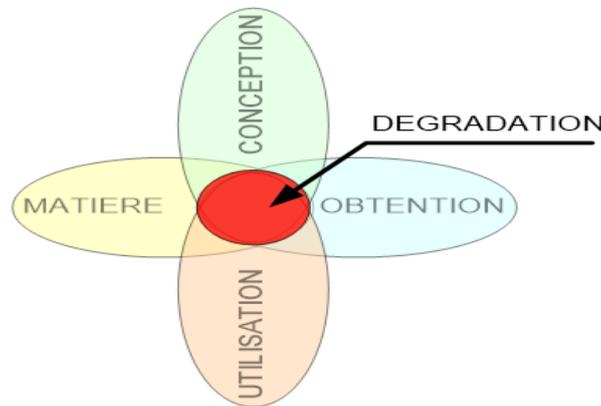


Figure II.2 : Les causes de dégradation [8]

#### II.3.1. Le matériau:

Comme tous les matériaux sont en fait des alliages, la répartition des différents constituants ne peut être en aucun cas identique en tout point. Le matériau est donc hétérogène ; ce qui conduit à des différences de caractéristiques physico-chimiques et mécaniques au sein d'une même pièce.

Les matériaux subissent aussi un vieillissement naturel dont la vitesse de manifestation est directement liée aux conditions environnementales.

Ce vieillissement peut entraîner l'amorçage et propagation de fissures, des pertes de résistances, une accélération de l'usure conduisant souvent à la rupture ou à la destruction totale de la surface.

La corrosion et l'oxydation affectent considérablement la santé du matériau (surtout celle des métaux).

De même, les fluides comme les huiles subissent aussi de telles altérations dues essentiellement à des agressions extérieures : contaminations, pollution microbienne ou bactériologique.

#### II.3.2. La conception :

Une conception incorrecte peut accélérer une dégradation et même dans certains cas en être la cause.

- Une prise en compte insuffisante des conditions de fonctionnement (milieu ambiant, température, pression, etc.) peut favoriser la dégradation des matériaux inadaptés.

- Des traitements thermiques inadéquats rendent incompatibles les formes de la pièce et les contraintes qu'elle doit subir.
- Un défaut de protection peut exposer certains organes à des agressions internes ou externes au système (chocs, fuites, température, etc.).
- Les vibrations ou balourds insuffisamment évalués lors de la conception peuvent conduire à une amplification des phénomènes de dégradations de composants.

Les exemples sont nombreux et mettent en évidence l'importance de la qualité de la conception dans la vie d'un système.

Des cas de dégradation trouvent leur origine lors des opérations d'assemblage incorrectement conduites (serrages insuffisants ou excessifs, collages incomplets, mauvais alignements, dommages des protections anticorrosion, etc.).

### **II.3.3. Le procédé d'obtention :**

Ce sont essentiellement des procédés « traumatisants » pour le matériau : par déformation, emploi de hautes températures, moyens de coupe (moulage, extrusion, emboutissage, forgeage, estampage, soudage et usinage).

- **Déformation et hautes température** : ces 2 effets participent à la formation de contraintes internes au matériau. Ces tensions internes ont tendance à s'atténuer d'elle-même dans le temps, modifiant ainsi le comportement des pièces obtenues. Dans le cas des matériaux ferreux, ces procédés ont tendance à favoriser l'oxydation. L'assemblage des pièces par soudage crée des déséquilibres structurels localisés liés à des échauffements intenses dans des zones réduites.
- **Usinages** : ces opérations sont toujours pratiquées sur des pièces ayant déjà subi le choc de l'élaboration. Les matériaux métalliques sont constitués de fibres formées lors des opérations d'obtention. Les opérations d'usinage tranchent ces fibres et altèrent ainsi la structure architecturale du matériau. Cette perturbation entraîne une fragilisation dans le temps et peut provoquer des fissures conduisant à la rupture.

### **II.3.4. L'utilisation :**

La maintenance est une activité inhérente à tout système en fonctionnement. Elle est donc asservie à la notion d'utilisation.

Lors de cette phase, c'est essentiellement le non-respect des consignes d'exploitation et des préconisations qui est la raison des dégradations :

- Dépassement des limites de capacités entraînant déformations ou ruptures,
- Emploi inapproprié,
- Conditions de transport et/ou de stockage inadaptées,
- Inobservation des calendriers de graissages ou des préconisations de remplacements avant usure ou colmatage (cas de filtres ou canalisations) qui peuvent générer une défaillance prématuré.

Néanmoins, un système est composé d'organes en mouvement les uns par rapport aux

---

autres. Il en résulte inévitablement du frottement qui se traduit généralement par de l'usure.

Cette dégradation peut être considérée comme naturelle et c'est l'absence de surveillance de son évolution qui conduit à la défaillance.

#### II.4. Les modèles de dégradation :

De nombreux travaux ont porté sur la modélisation de la dégradation. Les analyses dont les hypothèses de fiabilité sont basées sur des données de dégradation, lorsque cela est possible, donnent de meilleurs résultats que celles basées sur les données de durée de vie censurées et/ou tronquées. La cause de la défaillance dans ce cas est un mécanisme de dégradation tel que la progression d'une réaction chimique par exemple, et on considère que la défaillance se produit lorsque le niveau de dégradation atteint un certain seuil limite ou admissible. Les modèles de dégradation sont définis de la manière suivante.

On appelle modèles de dégradation les modèles dont l'espace des états dans lesquels peut se retrouver un composant n'est pas réduit aux états de marche et de panne. La dégradation est donc un état intermédiaire entre l'état de marche (ou fonctionnement normal) et l'état de panne (défaillance ou avarie). L'appréhension et la gestion de cet état est la clé à une exploitation efficace et durable des équipements.

On distingue en général des états de dégradation intermédiaires qui permettent de transiter successivement entre l'état neuf ou le moins dégradé et l'état de panne. Il faut alors trouver les lois de dégradation qui vont donner les dates de réalisation de ces différents états intermédiaires et le temps passé dans chaque état. On distingue deux grandes classes de dégradation : les modèles de dégradation discrète et les modèles de dégradation continue [10].

##### II.4.1. Les modèles de dégradation discrète :

Les modèles à dégradation discrète permettent de modéliser des dégradations de type chocs. On peut alors considérer que le système passe d'un état de dégradation à un autre par un incrément de type sauts. Entre deux seuils, l'état du composant reste le même et les incréments de dégradation s'ajoutent jusqu'à la défaillance totale du système (figure II.3) [11].

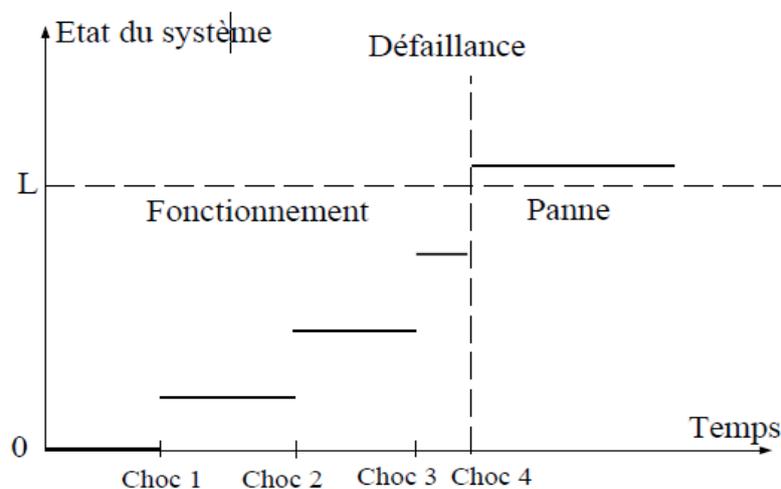


Figure II.3 : Schématisation d'un modèle de dégradation discrète [10]

### II.4.2. Les modèles de dégradation continue :

En ce qui concerne la dégradation continue, il est nécessaire de connaître la loi des incréments de dégradation entre deux instants consécutifs et pouvoir ainsi prédire le niveau de dégradation à toute date (Figure II.4) [10].

On définit le taux de dégradation par la quantité cumulée instantanée, c'est-à-dire par unité de temps.

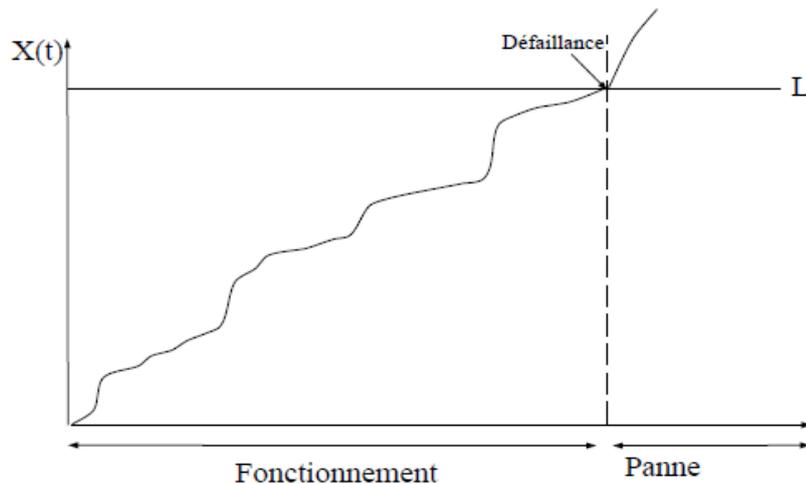


Figure II.4 : Schématisation d'un modèle de dégradation continue [10]

### II.5. Les types de dégradation des équipements :

L'usure mécanique traduit le plus souvent par la dégradation de la surface des pièces avec des conséquences immédiates sur leur fonctionnalité et, à terme, sur leur durabilité. Ce phénomène menace toutes les composantes des équipements et machineries industrielles.

Cette dégradation peut être due à une multitude de causes :

#### II.5.1. Usure par abrasion :

L'usure abrasive est définie comme étant l'usure par déplacement de matière, produite par des particules dures ou des protubérances dures. Les particules dures peuvent se trouver dans l'une des surfaces (voir Figure II.5 a) ou être entre les deux surfaces en mouvement relatif (voir Figure II.5 b) [12].

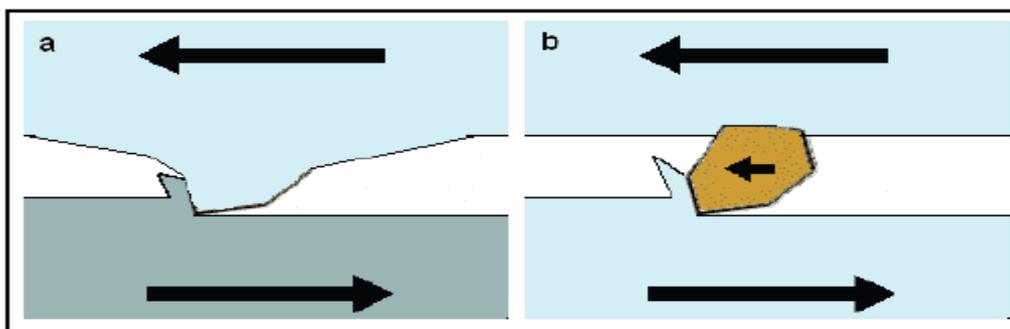


Figure II.5 : Mécanisme d'usure abrasive à deux corps (a) et à trois corps (b) [12].

Les surfaces endommagées par abrasion présentent des sillons de profondeur variable, parallèles au déplacement. L'usure est assez constante au cours du temps, le volume des débris croît linéairement avec la charge appliquée et la distance parcourue [13].

### II.5.2. Grippage :

Le travail génère de la chaleur et donc une élévation de température sur les pièces en contact soumises à des frottements ou à une forte pression locale. Dans ce cas, il peut arriver que deux matériaux se rejoignent dans des conditions idéales pour former un alliage à leur interface. Ensuite, une soudure locale est créée qui peut se rompre sous l'influence des forces, augmentant le coefficient de frottement et détériorant les surfaces fortement en contact [13].



Figure II.6 : Grippage des talons de vis d'extrudeuse [14]

### II.5.3. Corrosion :

Elle consiste en l'apparition d'un processus chimique lorsque le frottement a lieu dans un environnement réactif. Deux cas peuvent se présenter : la formation du film réactionnel et sa destruction par frottement, formant ainsi des débris à caractère stable et durs. Ces derniers jouent alors un rôle abrasif et viennent dégrader les surfaces antagonistes et donc entretenir l'usure. D'un autre côté, on peut rencontrer une configuration moins agressive suite à l'oxydation de ces débris. Celle-ci peut conduire à la formation d'un film d'oxydes, de faible épaisseur, adhérent à la surface de l'un des antagonistes et qui joue un rôle protecteur contre l'usure adhésive. La cinétique de ce phénomène est gouvernée par la compétition entre la formation du film réactionnel et sa destruction par frottement [15].



Figure II.7 : Corrosion d'une pompe V65 bassin anti- incendie

### II.5.4. Erosion :

L'usure se produit suite à l'impact de la surface par un jet de petites particules dures à une vitesse donnée. On distingue l'érosion sèche et l'érosion humide. La dernière se produit lorsque ces particules sont en suspension dans un liquide en mouvement. Le mécanisme d'érosion sèche peut être assimilé à l'effet du sablage ou du grenailage. L'érosion des équipements dans le désert par le vent de sable est un exemple illustrant l'érosion sèche. En effet, les principaux facteurs qui déterminent l'intensité de cette forme d'usure sont les suivants : angle et vitesse d'impact, taille et forme des particules, type de métal, environnement [16].

### II.5.5. Usure par fatigue :

L'endommagement des surfaces par fatigue de contact se manifeste lorsque les couches superficielles sont soumises à des contraintes répétées ou alternées qui conduisent à l'amorçage des fissures. Ces sollicitations peuvent être d'origine mécanique ou thermique. Les dégradations apparaissent sous forme de piqûres, fissures, écaillage et s'accompagnent des modifications structurales. Les avaries par fatigue ou petits débattements se rattachent à ce type de mécanisme [12].

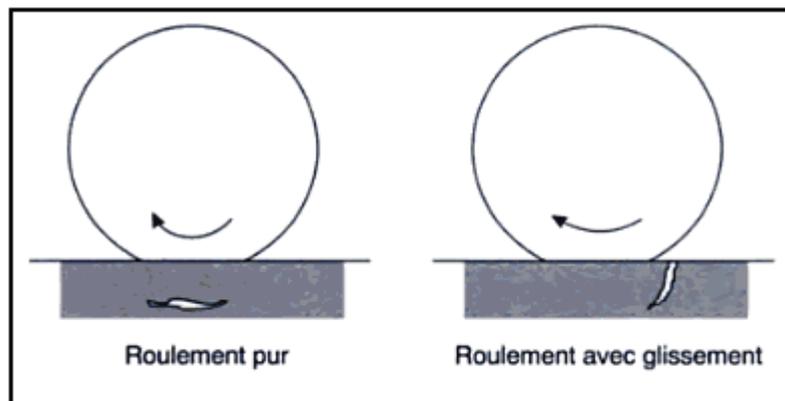


Figure II.8 : Mécanisme d'usure par fatigue [12].

## II.6. Les Object de l'analyse de dégradation et leurs enjeux :

La maîtrise de la dégradation répond à deux objectifs :

- **Un objectif de sécurité** : le contrôle de la dégradation doit permettre de prévenir les accidents pouvant impacter les personnes ou l'environnement en évitant les pertes de confinement sur les équipements dangereux et en garantissant la fiabilité des équipements importants pour la sécurité (dispositifs de sécurité, systèmes instrumentés de sécurité...).
- **Un objectif économique** : l'indisponibilité d'un équipement peut conduire à des pertes d'exploitation importantes. Des opérations de maintenance, incluant des inspections périodiques, doivent prévenir ces arrêts. Cependant une optimisation de ces opérations de maintenance est nécessaire, car elles représentent également un coût.

Des méthodes d'optimisation sont donc mises en œuvre. Ces méthodes, appelés RBI (Risk Based Inspection) sont basées sur le risque et prennent ainsi en compte les probabilités d'occurrence des événements redoutés et les conséquences potentielles. Les paramètres pris en compte dans l'évaluation de la gravité des conséquences sont l'impact sur les populations, l'environnement, les coûts et parfois l'impact en terme d'image de marque. Sont ainsi définies les méthodes de suivi et les fréquences associées. L'avantage de ces méthodes est de pouvoir prioriser les actions de suivi, ce qui est tout particulièrement pertinent pour les installations comportant un grand nombre d'équipements.

La maîtrise de la dégradation repose sur une démarche comprenant trois grandes phases :

• **Phase 1** : identification des composants critiques pour lesquels une étude de dégradation est nécessaire.

Cette identification des composants importants doit reposer à la fois sur l'expertise et le retour d'expérience et sur les études de sûreté /sécurité.

• **Phase 2** : évaluation de la dégradation pour ces composants importants, en 2 étapes :

1. Le recueil des informations nécessaires dans un dossier équipement.

Ce dossier équipement doit comprendre les données de conception, les données de matériaux et de leurs propriétés, les conditions d'exploitation, les conditions extérieures, les objectifs de sûreté de fonctionnement alloués au composant, l'historique de maintenance et de surveillance et d'inspection.

2. La compréhension de la dégradation et son évolution.

L'objectif est de déterminer le mécanisme de dégradation responsable, mais aussi les facteurs d'influences. Cette analyse n'est pas toujours facile à mener par manque d'information (incomplète et/ou indisponible).

• **Phase 3** : mise en œuvre de parades adéquates pour la maîtrise du vieillissement, tels que :

- l'inspection (qui peut être visuelle ou qui peut consister en des contrôles non destructifs ou des opérations de ré-épreuve...).
- la surveillance en ligne, généralement fondée sur le suivi d'un paramètre physique caractéristique de la dégradation (suivi du pH, de la pression, etc...) ;
- la surveillance des indicateurs de fiabilité : une évolution défavorable de ces indicateurs peut indiquer une dégradation.

Ces démarches doivent pouvoir détecter, à temps, une dégradation afin que l'on puisse intervenir avant qu'elle ne dégénère en perte de fonction. Elles doivent être suffisamment fiables, précises et efficaces. Selon les résultats des contrôles, on sera amené à statuer sur le maintien de l'équipement (il peut rester en toute sécurité pour une durée fixée) ou des opérations seront nécessaires (le remplacement de l'équipement ou la rénovation /réparation de l'équipement ou le changement des conditions d'exploitation) [17], [18].

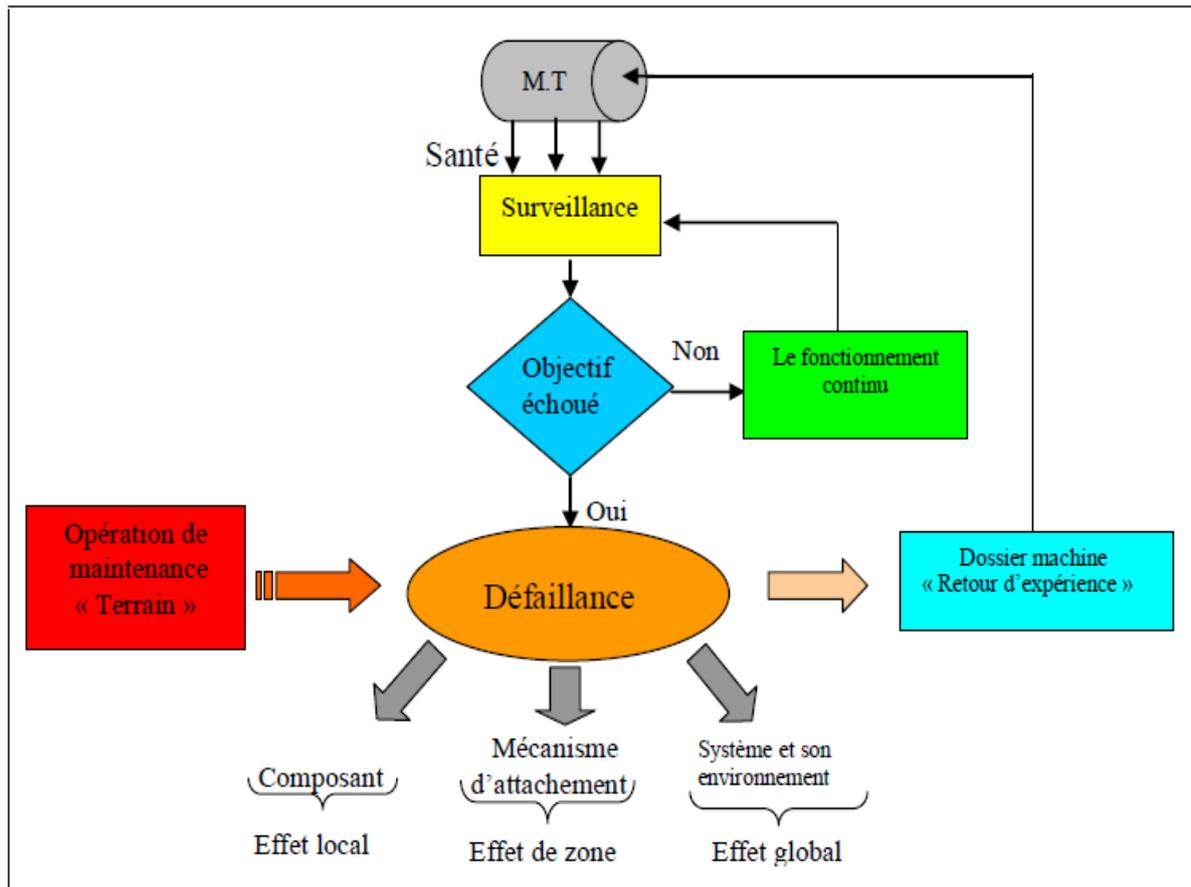


Figure II.9 : Les enjeux d'une défaillance [18]

## II.7. La maintenance :

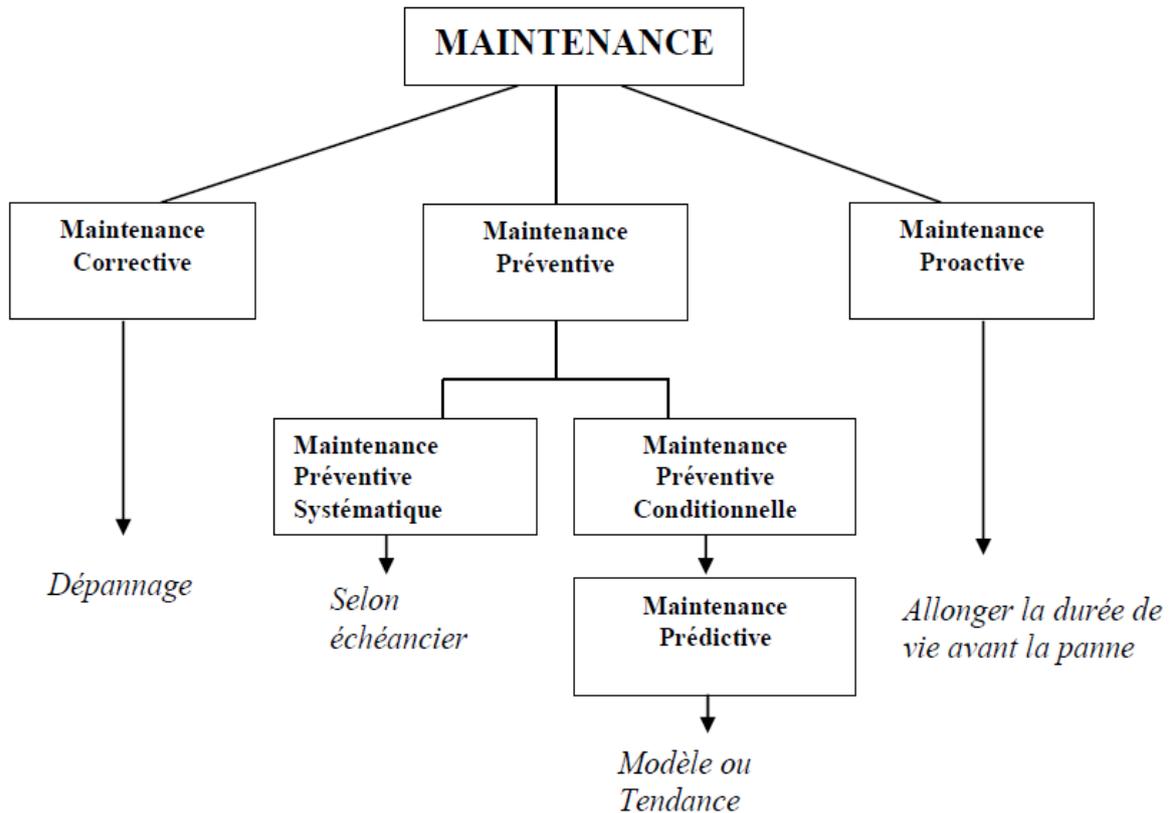
### II.7.1. Différents types de maintenance :

Selon la norme NF-X60-010 « la maintenance est définie comme étant un ensemble d'activités destinées à maintenir ou rétablir un bien dans un état ou dans des conditions données de sûreté de fonctionnement pour accomplir une fonction requise ». Les activités de maintenance permettent une diminution des coûts de production et l'amélioration de la qualité des produits [9].

Selon l'évolution de la maintenance, on distingue quatre types de maintenance (figure 09) :

- **maintenance corrective** : consiste à effectuer une action de maintenance après la panne,
- **maintenance préventive systématique** : consiste à effectuer les actions de maintenance selon un échancier fixe sur la base du minimum de durée de vie des composants mécaniques d'une machine,
- **maintenance préventive conditionnelle** : l'action de maintenance n'est déclenchée qu'à la suite d'un type d'événement prédéterminé (indicateur vibratoire, de température etc...),

- **maintenance prédictive** : consiste à prédire la date à laquelle une action de maintenance doit s'effectuer selon un modèle de dégradation théorique des composants mécaniques de la machine.



**Figure II.10** : Formes de maintenance [9]

### II.7.2. Choix d'une politique de maintenance

Les paramètres dont il faut tenir compte pour adopter telle ou telle politique de maintenance sont principalement d'ordre économique et humain. Avec l'objectif de trouver une politique capable de réduire les coûts de maintenance, une méthode de suivi de l'état de fonctionnement d'un organe d'une machine doit être trouvée pour améliorer la disponibilité et pour estimer de façon plus précise le risque de panne.

A cet effet, l'idéal serait de trouver des indicateurs externes, facilement accessibles et réaliser un système de mesures qui consiste à limiter le nombre de paramètres et de mesures à réaliser. Pour cela, il faut d'abord déterminer quelles sont les pannes les plus fréquentes par analyse statistique et les composants les plus problématiques par analyse technologique [9].

**II.8. Conclusion :**

Afin de maintenir le meilleur rendement des entreprises pétrolières et éviter les pertes économiques, nous devons protéger leurs équipements contre les endommagements en adoptant la meilleure stratégie pour faire face à ces dégradations.

***CHAPITRE III :***  
***Généralité sur les pompes***

### III.1. Généralité:

On appelle turbomachine un appareil dont le rôle est d'assurer un échange d'énergie mécanique entre un débit permanent de fluide et un rotor tournant à vitesse constante autour d'un axe. Une turbomachine est dite génératrice lorsqu'elle communique de l'énergie au fluide et réceptrice lorsqu'elle en reçoit de celui-ci [19].

Toutes les machines de détente portent le nom de turbines, alors que celles de compression se subdivisent en pompes ; ventilateurs, compresseur ou soufflantes selon la nature du fluide véhiculé et sa compressibilité.

Les turbomachines sont réparties en deux classes :

- **Réceptrice:** compresseurs, pompes, soufflantes.
- **Génératrice:** turbine à vapeur, turbines à gaz, turboréacteurs.

### III.2. Historique :

La première pompe a été inventée, il y a plus de 200 ans pour l'équipement cardiaque des êtres vivants. Bien que d'un dessin ancien, elle est toujours en opération.

Dans un passé plus récent, à l'antiquité, le pompage des liquides est apparue comme un besoin, qui a conduit l'homme à développer une technologie que l'on peut qualifier d'avancée. Il est intéressant de constater que certains types de pompes, vieilles de 2 000 ans, sont encore produites et commercialisées à nos jours, avec succès. C'est le cas de la vis d'Archimède.

La technologie des pompes a évolué lentement, et même très lentement pendant deux millénaires, pour finalement exploser à la fin du siècle passé et se placer sur une autre trajectoire, à pente fortement positive pour participer au développement technique.

### III.3. Introduction :

Dans un circuit hydraulique, la pompe joue un rôle tout aussi important, lequel s'apparente à celui joué par le cœur chez l'être humain.

La pompe permet de faire circuler, par l'intermédiaire de canalisations, un fluide hydraulique qui déplacera des charges grâce à des vérins ou à des moteurs hydrauliques.

La pompe joue un rôle de premier plan, car c'est elle qui fournit l'énergie dans un circuit hydraulique.

L'augmentation de la pression du fluide véhiculé par la pompe a lieu à la suite de la transformation de l'énergie mécanique fournie par un moteur entraînant cette pompe en une augmentation de l'énergie hydraulique qui est acquise par le liquide entre l'entrée et la sortie de la pompe [20].

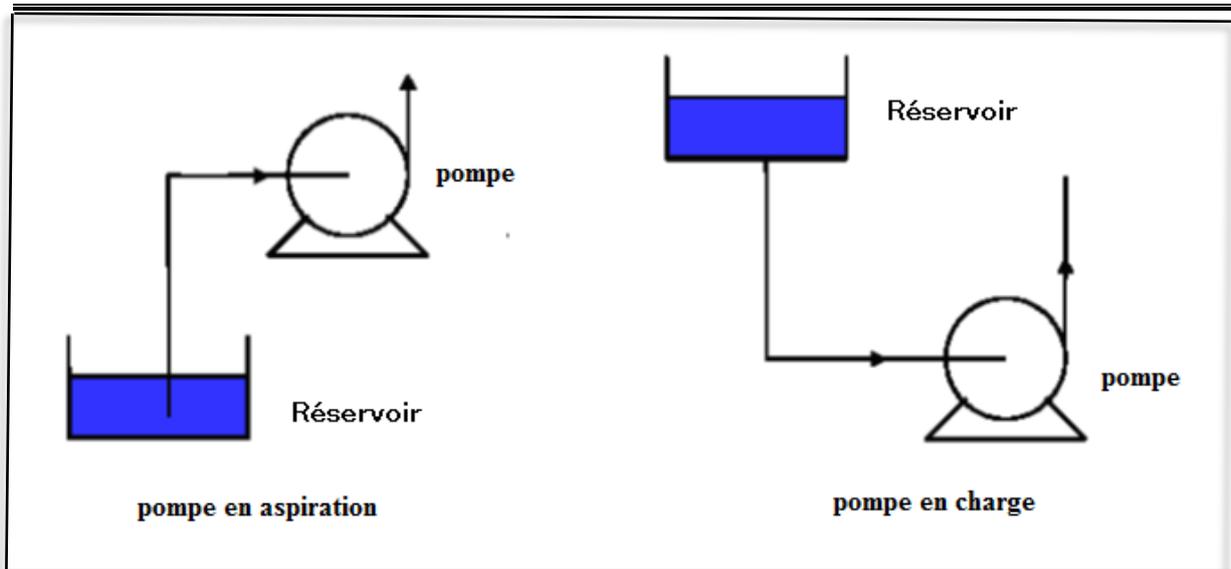


Figure III.1 : Montage d'une pompe en aspiration et en charge

### III.4. Classification des pompes :

Il existe un grand nombre de types de pompes, celles-ci sont divisées en deux grandes familles :

- Les pompes roto dynamique.
- Les pompes volumétriques.

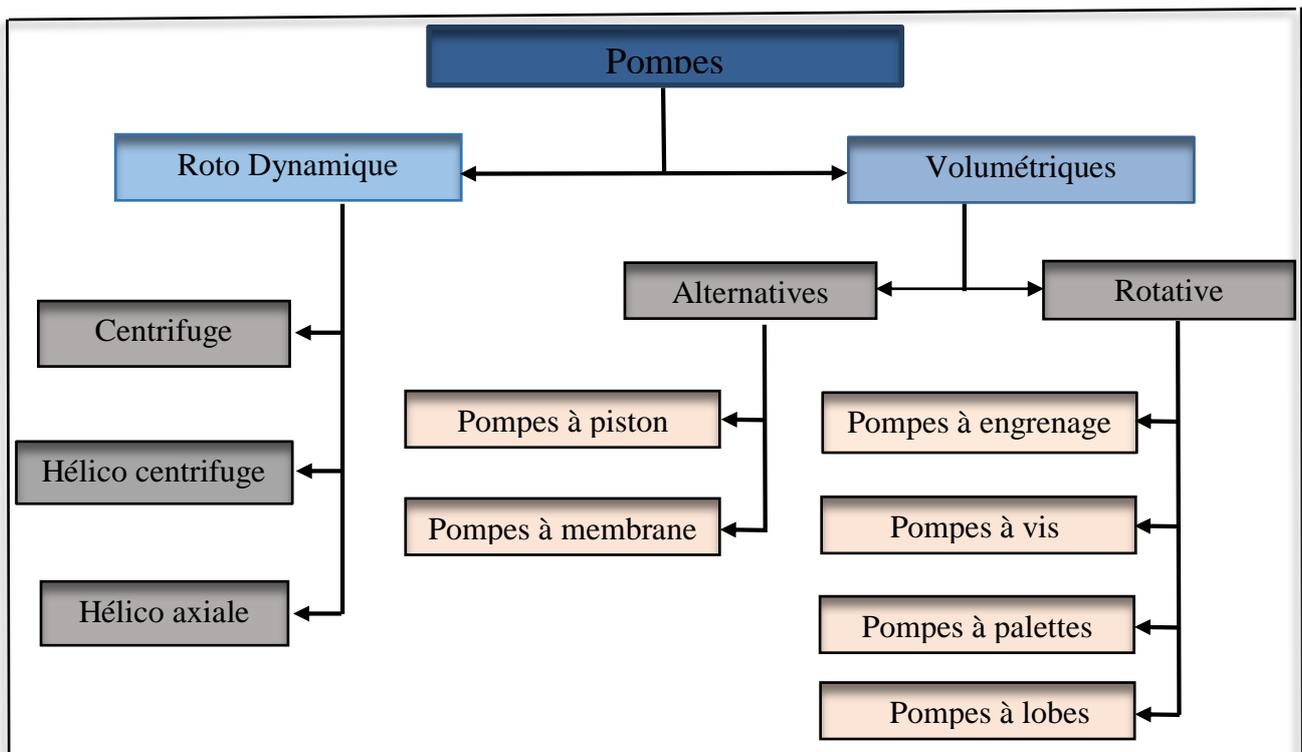


Figure III.2 : Classification des pompes

### III.4.1. Les pompes volumétriques :

Les pompes volumétriques sont des pompes dans lesquelles l'écoulement du liquide est en proportion constant avec le déplacement d'un organe mobile du corps de la pompe.

Elles mettent le liquide en mouvement en le déplaçant progressivement de l'aspiration vers le refoulement. Ce type de pompes est caractérisé par :

- Présence des chambres qui communiquent alternativement entre les conduites d'aspiration et de refoulement du liquide
- Présence d'un organe mobile principal qui se déplace est un piston qui pousse le liquide pompé
- Le débit dans ce type de pompe est faible mais la pression est élevée.

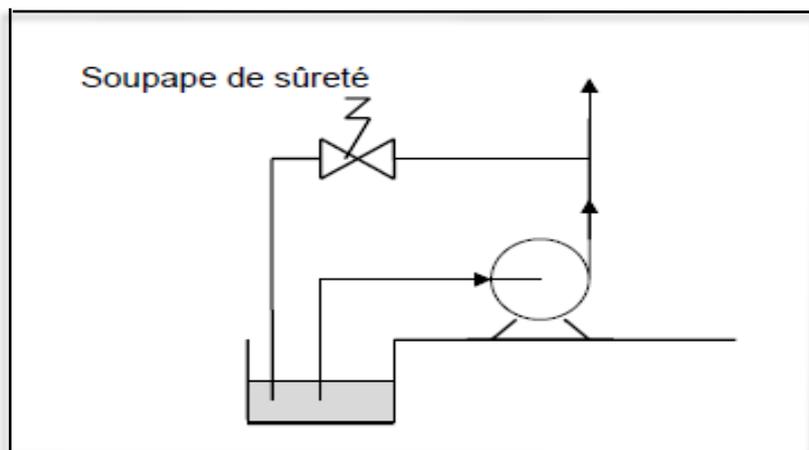


Figure III. 3 : Schéma d'installation d'une pompe volumétrique

Il y a deux types des pompes volumétriques :

- Pompes volumétriques rotatives
- Pompes volumétriques alternatives

#### III.4.1.1. Les Pompes volumétriques rotatives:

Ces pompes sont constituées par une pièce mobile animée d'un mouvement de rotation autour d'un axe, qui tourne dans le corps de la pompe et crée le mouvement du liquide pompé par déplacement d'un volume depuis l'aspiration jusqu'au refoulement.

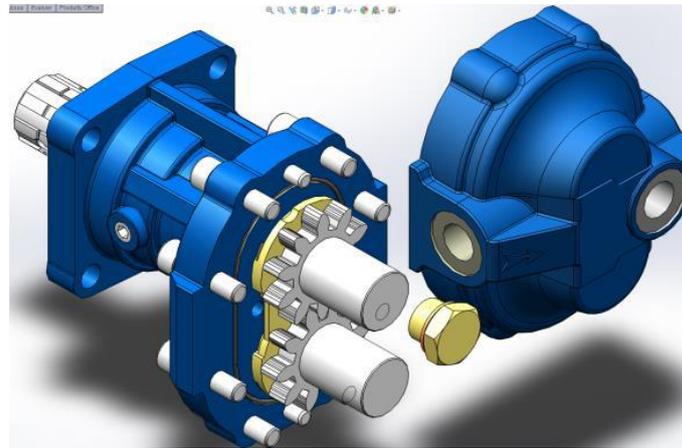
On trouve plusieurs types :

##### III.4.1.1.1. Pompes à engrenage :

###### a. Pompe à engrenages extérieurs :

Il existe un grand nombre de variantes de ce type de pompes. Elles diffèrent entre elles par la disposition et la forme des dentures. Le liquide à véhiculer est aspiré dans l'espace compris entre deux dents consécutives et le corps de la pompe. L'étanchéité entre l'aspiration et le refoulement est assurée par un contact entre les dents en prises. Les dentures peuvent être droites, hélicoïdales, ou encore à chevrons. Cette dernière possibilité présentant l'avantage de rendre le mouvement plus uniforme. Ce type de pompes admet une vitesse de rotation de 2000 à 3000 tr/min ; elles sont relativement silencieuses et permettent d'atteindre des

pressions de l'ordre de 20 à 50 bars. Elles sont équipées de quatre paliers, et de un à quatre boîtiers d'étanchéité. Elles ne tolèrent pas le passage de particules solides sans risque de destruction totale [21].



**Figure III.4 :** Pompes à engrenages extérieur

#### **b. Pompes à engrenages intérieurs :**

Le principe de fonctionnement de ce type de pompe consiste à placer un des engrenages à l'intérieur de l'autre. Cette disposition nécessite l'utilisation d'une pièce intermédiaire, placée entre les engrenages et solidaire du corps de pompe en forme de croissant afin d'assurer l'étanchéité, mais le porte à faux génère une surcharge sur l'arbre.

Le débit est pratiquement régulier et indépendant de la différentielle de pression, laquelle peut atteindre 15 à 20 bars.

Les vitesses sa rotation de ce type de pompe sont de quelques centaines de tours à la minute, mais elles peuvent véhiculer des produits de très grande viscosité ( $\approx 10\ 000$  cSt). De plus, elles sont caractérisées par une valeur de très bas NPSH (pour Net Positive Suction Head Required). La présence des particules solides entraîne également la destruction irrémédiable de la pompe [21].



**Figure III.5 :** Pompes à engrenages intérieure

### III.4.1.1.2. Pompes à vis :

Elles sont formées de deux ou trois vis suivant les modèles dans lesquelles le liquide remplit les cavités qui existent entre vis et corps.

Pendant la rotation de la vis, les capacités se déplacent, transférant ainsi du liquide de la zone d'aspiration vers la zone de refoulement.

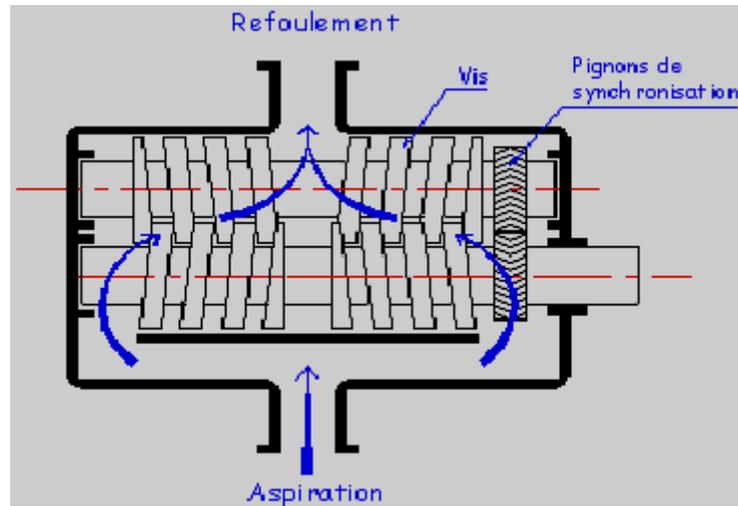


Figure III.6 : Pompes à vis (cas à 2 vis)

### III.4.1.1.3. Pompes à palettes :

On a deux types de pompes à palette libre

#### a. Pompes à palettes libre

Constituée d'un stator pourvu de lumières d'aspiration et de refoulement. A l'intérieur tourne un rotor (2) excentré qui porte sur sa périphérie une série d'éléments mobiles nommés palettes (3) de forme trapézoïdale et de faible épaisseur.

Ces palettes se meuvent radialement dans les rainures. Elles délimitent un certain nombre de cellules à volume variable entre rotor et stator. Elles sont appliquées contre le stator, par des ressorts, par réaction hydraulique et en rotation par la force centrifuge [22].

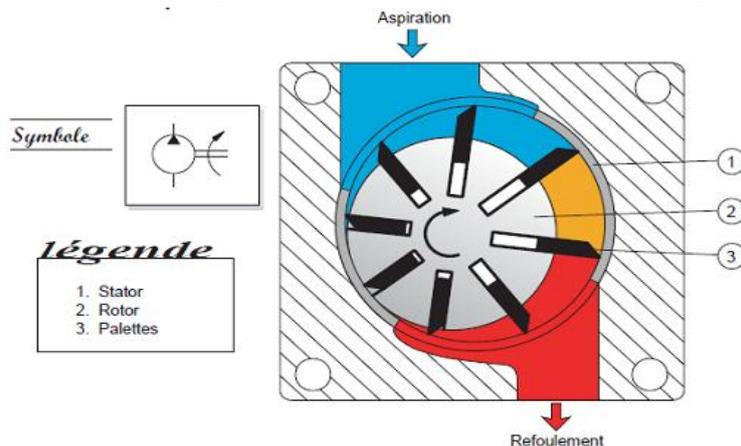


Figure III.7 : Pompe à palettes libres

**b. 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 (Fig. I.10). Les caractéristiques, débit, vitesse, pression sont sensiblement identiques à celles la pompe à palettes libre [23].

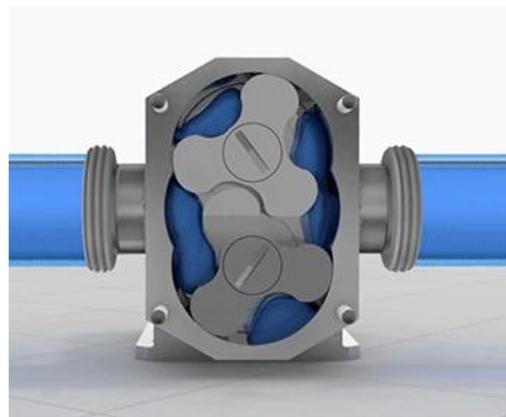


**Figure III.8 :** Pompe à palettes flexibles

**III.4.1.1.4. 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 [24].



**Figure III.9 :** Pompe à lobes

**III.4.1.2. Pompes volumétriques alternatives :**

Une pompe volumétrique est une pompe dans laquelle la variation de volume des chambres est obtenue par un mouvement alternatif d'un organe d'impulsion. Il existe 02 types :

#### III.4.1.2.1. Pompes à membranes :

Dans ce type de pompes, le déplacement du piston est remplacé par les déformations alternatives d'une membrane en matériaux élastiques. La membrane est entraînée par l'intermédiaire d'un liquide tampon comprimé et décomprimé grâce aux mouvements alternatifs d'une pompe à piston. Le produit véhiculé se trouve ainsi entièrement isolé de la partie mécanique de la pompe pour éviter le caractère relativement corrosif.

Le volume balayé par le piston étant supérieur à celui balayé par la membrane, il est nécessaire de limiter la pression du liquide tampon afin d'éviter l'éclatement de la membrane.

Une soupape de sécurité permet d'évacuer l'excédent de liquide tampon en fin de phase de refoulement. Il est alors nécessaire de prévoir un second dispositif de compensation qui admettra en fin de phase d'aspiration une quantité de liquide tampon à l'arrière de la membrane égale à celle chassée en fin de refoulement [25].

Une pompe à membrane devra donc être équipée d'un système auxiliaire dit de "compensation". Pour des raisons de sécurité la membrane peut être doublée. Ces pompes sont utilisées sur les débits moyens de l'ordre de 80 m<sup>3</sup>/h et des températures inférieures à 150°C. Elles conviennent sur les très petits débits, et sont très souvent utilisées comme pompes doseuses.



Figure III.10 : Pompes à membrane

#### III.4.1.2.2. Pompes à piston :

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 phases que comporte le cycle. Elles peuvent être à double effet et, dans ce cas, le piston est actif dans les deux phases, permettant un débit deux fois plus important et une plus grande régularité de débit. Il est possible d'associer plusieurs éléments de pompe à piston, décalés dans un cycle de rotation (pompe Triplex par exemple) de façon à augmenter le débit et la régularité. Ces pompes possèdent une grande capacité d'aspiration et permettent d'atteindre des pressions de refoulement importantes [24].

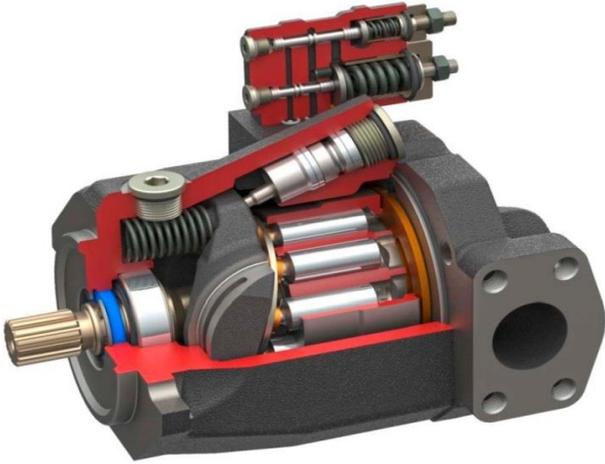


Figure III.11 : Pompe à piston

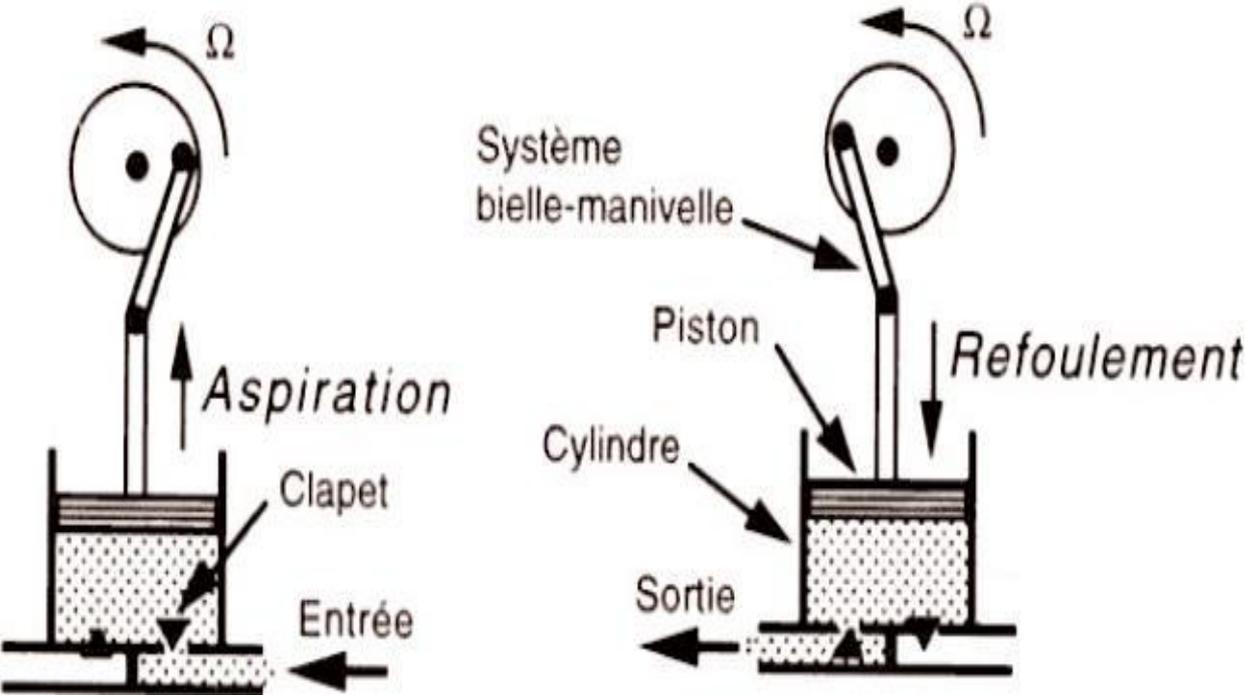


Figure III.12 : Fonctionnement d'une pompe à piston

## III.4.1.3. Avantages et inconvénients des pompes volumétriques :

Pompes	Avantage	Inconvénient
<b>Pompes à engrenages extérieurs</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Silencieuse.</li> <li>▪ Les quatre paliers permettent une bonne tenue mécanique.</li> <li>▪ Pompe réversible si les pignons sont droits.</li> <li>▪ Meilleure répartition des efforts si pignons à chevrons.</li> <li>▪ Étanchéité par tresse ou garniture mécanique.</li> <li>▪ Débit régulier.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Souvent plusieurs boîtiers d'étanchéité.</li> <li>▪ Surtout pas de particules solides dans cette pompe.</li> <li>▪ Pas de produits abrasifs.</li> <li>▪ Nombreuses pièces d'usure</li> </ul>
<b>Pompes à engrenages intérieurs</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bas NPSH requis. Débit régulier.</li> <li>▪ Possibilité d'adjoindre un by-pass.</li> <li>▪ Pompe réversible. Un seul boîtier d'étanchéité.</li> <li>▪ Étanchéité par tresse ou garniture mécanique.</li> <li>▪ Possibilité d'une enveloppe de réchauffage.</li> <li>▪ Seulement deux pièces en mouvement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Porte-à-faux du rotor sur l'arbre.</li> <li>▪ Surtout pas de particules solides.</li> <li>▪ Vitesse et durée de vie fortement diminuées</li> <li>▪ Avec les produits abrasifs.</li> <li>▪ Maintenance assez difficile</li> </ul>
<b>Pompes à vis</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Silencieuse. Grande vitesse. Bon rendement.</li> <li>▪ Pas de contact si les paliers sont entraînés par des pignons.</li> <li>▪ Étanchéité par joint torique, tresse ou garniture mécanique.</li> <li>▪ Possibilité d'une enveloppe de réchauffage.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pas de particules solides.</li> <li>▪ Pas de produits abrasifs.</li> <li>▪ Si on utilise des pignons d'entraînement, il faut au moins</li> <li>▪ Deux boîtiers d'étanchéité.</li> <li>▪ Nombreuses pièces d'usure.</li> </ul>
<b>Pompes à palettes libres ou plaquées</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Possibilité d'une enveloppe de réchauffage.</li> <li>▪ Pas de brassage, ni de laminage, ni d'émulsion.</li> <li>▪ Débit régulier. Marche de la pompe réversible.</li> <li>▪ Rattrapage automatique du jeu par l'avancée des palettes.</li> <li>▪ Étanchéité par garniture mécanique.</li> <li>▪</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Usure du corps par frottement des palettes.</li> <li>▪ Nécessité d'avoir deux boîtiers d'étanchéité.</li> <li>▪ Le principe limite sensiblement le pompage</li> <li>▪ Des produits visqueux.</li> <li>▪ Pression d'utilisation limitée</li> </ul>
<b>Pompes à palettes flexibles</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pompage de produits moyennement abrasifs</li> <li>▪ Ainsi que de particules solides molles.</li> <li>▪ Pas de brassage ni d'émulsion ni de laminage.</li> <li>▪ Étanchéité par garniture mécanique. Maintenance simple.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Petits débits.</li> <li>▪ Pressions de refoulement faibles.</li> <li>▪ Ne doit pas tourner à sec.</li> <li>▪ Le liquide doit être compatible avec le matériau impulseur</li> </ul>

<b>Pompes à lobes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pas de contact entre les lobes.</li> <li>▪ Pompe réversible. Facile à nettoyer.</li> <li>▪ Possibilité d'adjoindre un by-pass.</li> <li>▪ Pompage de produits chargés ou abrasifs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nécessite des engrenages d'entraînement extérieurs.</li> <li>▪ Encombrement assez important.</li> <li>▪ Nécessite deux boîtiers d'étanchéité.</li> <li>▪ Impose un suivi de maintenance régulier.</li> </ul>
<b>Pompes à membranes ou soufflets</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pas de passages à étancher.</li> <li>▪ Fonctionne à sec sans dommages.</li> <li>▪ Pompage de particules solides.</li> <li>▪ Le produit pompé est isolé par la membrane.</li> <li>▪ Entraînement par air comprimé, ou hydraulique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Débit limité.</li> <li>▪ Accepte des viscosités assez faibles.</li> <li>▪ Limitée par la température.</li> <li>▪ Pulsations importantes au refoulement.</li> </ul>
<b>Pompes à piston</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pas de pièces en rotation, d'où simplification de l'étanchéité.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Débit saccadé à fortes pulsations.</li> <li>▪ Vitesses assez faibles.</li> <li>▪ Accepte des viscosités assez faibles.</li> </ul>

**Tableau III.1 :** Avantages et inconvénients des pompes volumétriques [23], [24].

### III.4.2. Les pompes roto dynamiques (Turbo pompes) :

Les pompes roto-dynamiques sont de construction très simple : en version de base, elles sont essentiellement constituées d'une pièce en rotation, le rotor appelé aussi roue ou hélice qui tourne dans un carter appelé corps de pompe. C'est des machines dans lesquelles l'énergie transmise au liquide est principalement cinétique, qui lui est communiquée par l'intermédiaire d'un rotor. Elles sont plus compactes que les pompes volumétriques et leur rendement est souvent meilleur que celui des pompes volumétriques. Elles sont adaptées à une très large gamme de liquides [26].

#### III.4.2.1. Classification des pompes roto-dynamiques :

Les pompes roto-dynamiques sont classées selon les critères suivants :

- a. Selon le nombre d'étages :
  - Monocellulaire : avec une seule roue (impulseur) sur l'arbre.
  - Multicellulaire : avec plusieurs impulseurs sur l'arbre disposés en série.
- b. Selon la disposition de l'axe de la pompe :
  - Pompe verticale.
  - Pompe horizontale.
- c. Selon la trajectoire du fluide (trajectoire de l'écoulement) :
  - Les pompes axiales ou à hélices (à écoulement axiales).
  - Les pompes centrifuges (à écoulement radial).
  - Les pompes hélico-centrifuges (à écoulement diagonal)

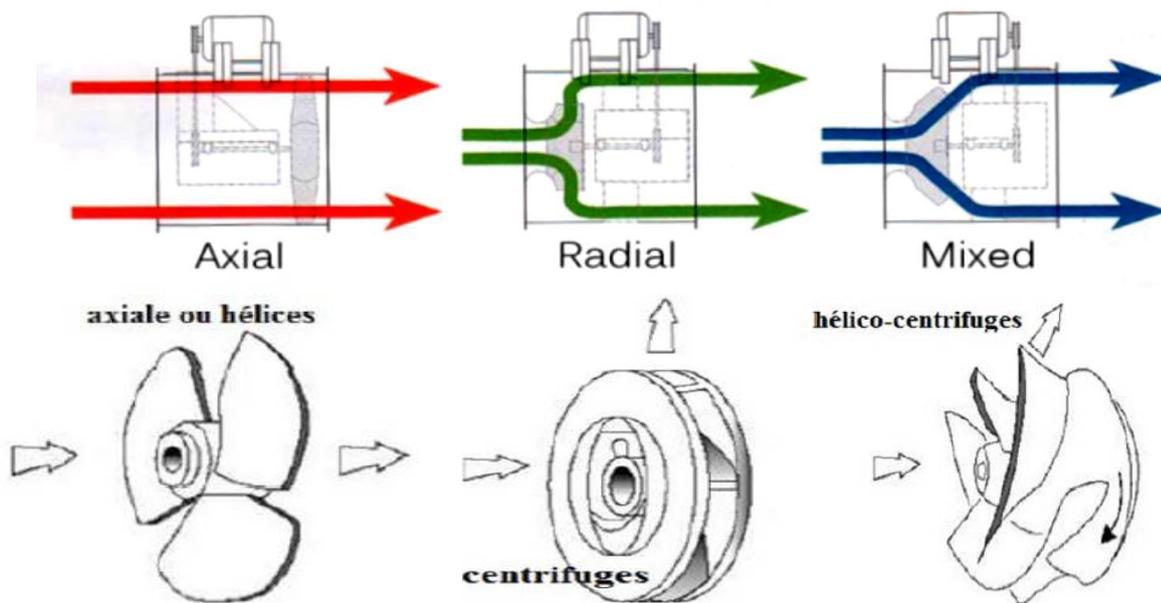


Figure III.13 : Les types des pompes roto-dynamiques

#### III.4.2.2. Avantages et inconvénients des pompes roto-dynamiques :

Concernant les avantages, ce sont des machines de construction simple, sans clapet ou soupape, d'utilisation facile et peu coûteuses [23]:

- Leur rendement est souvent meilleur que celui des « volumétriques ».
- Elles sont adaptées à une très large gamme de liquides.
- Leur débit est régulier et le fonctionnement est silencieux.

Du côté des inconvénients :

- Impossibilité de pomper des liquides trop visqueux.
- Production d'une pression différentielle peu élevée (de 0, 5 à 10 bars).
- À l'arrêt, ces pompes ne s'opposent pas à l'écoulement du liquide par gravité (donc, vannes à prévoir...).

Parmi les pompes roto-dynamiques, les pompes centrifuges sont les plus rencontrées comme plus de 85 % des besoins dans les industries pétrolières et gazières sont assurées par ce type de pompes.

Et cela revient aux raisons suivantes : construction simple, utilisation facile et robuste, faible coût, maintenance et réparation simple, équipement peu bruyant.

### III.5. Domaines d'utilisation :

Les domaines d'utilisation de ces deux grandes catégories sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

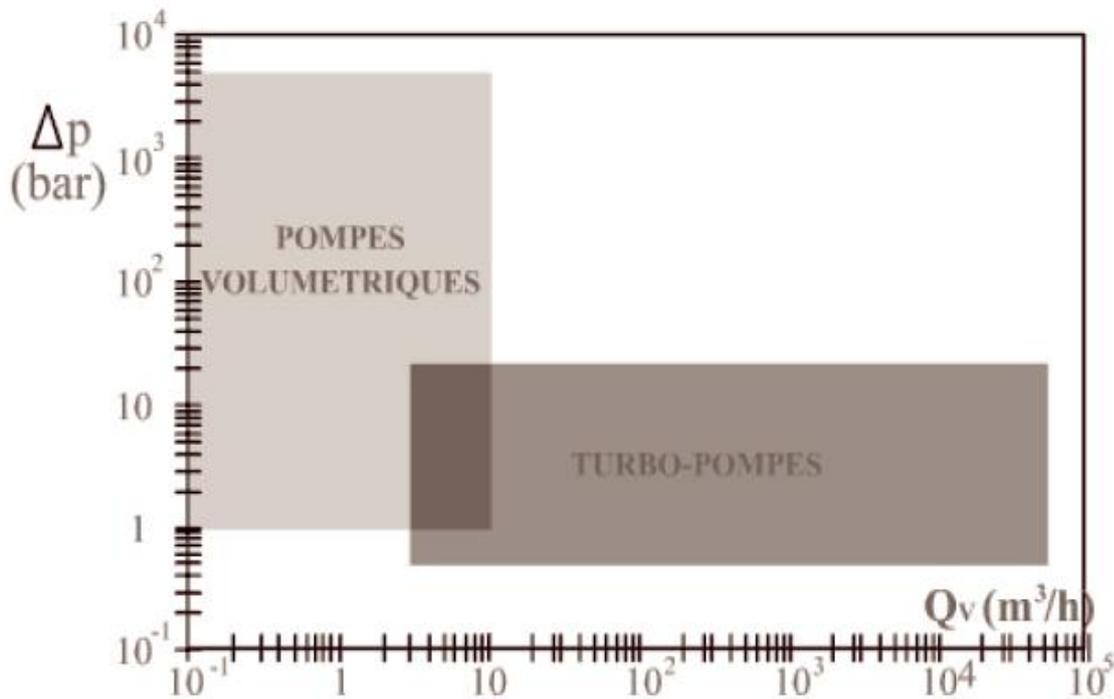


Figure III.14 : Les domaines d'utilisation des pompes

### III.6. Caractéristiques des pompes :

#### III.6.1. Les pompes volumétriques :

L'écoulement résulte de la variation d'une capacité occupée par le liquide, qui sont caractérisées par :

- Un débit intermittent.
- En général, la vitesse de rotation est petite et le couple est grand.
- L'encombrement est important.
- L'influence des forces d'inertie se fait sentir très fort.
- Le fluide agit par sa pression.

#### III.6.2. Les pompes roto dynamiques :

Le mouvement du liquide résulte de l'accroissement d'énergie qui lui est communiqué par la force centrifuge, qui sont caractérisées par :

- Une vitesse de rotation constante.
- Un débit continu.
- En général, la vitesse de rotation est élevée et le couple est petit.
- L'encombrement est peu important.
- Le fluide agit par sa vitesse.

<i>Caractéristiques</i>	<i>Volumétriques</i>	<i>Roto dynamiques</i>
<i>Gamme de débit</i>	0 à 100 m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>	0 à 10 000 m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>
<i>Gamme de pression</i>	0 à 10 000 bars	0 à 20 bars
<i>Construction</i>	Tous matériaux	
<i>Amorçage</i>	En général oui	En général non
<i>Réversibilité</i>	En général oui	En général non
<i>Viscosité dynamique</i>	0 à 1 000 00 cST	0 à 300 cST
<i>Température</i>	Selon matériaux	
<i>Vitesse d'entraînement max</i>	0 à 100 tr.min <sup>-1</sup>	3 600 à 5 000 tr.min <sup>-1</sup>
<i>Produit abrasifs et chargés</i>	Selon types et constructions	
<i>Protection contre surpression</i>	Nécessaire	En général non nécessaire
<i>Diversité des types</i>	Très grande	Moyenne
<i>Pulsation</i>	De peu à beaucoup	Négligeables en général
<i>Étanchéité</i>	Garniture mécanique Tresse Ou rarement coupleur magnétique	Garniture mécanique Tresse Ou de plus en plus rotor noyé coupleur magnétique

Tableau III.2 : Caractéristiques des pompes [23].

### III.7. Les pompes centrifuges :

#### III.7.1. Définition

Une pompe centrifuge est un système ouvert, en quelque sorte 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 [27].

### III.7.2. Disruption d'une pompe centrifuge :

La pompe centrifuge la plus simple est la pompe monocellulaire à roue en porte à faux (Figure III.15)

Cette pompe est composée d'éléments statiques et de pièces tournantes.

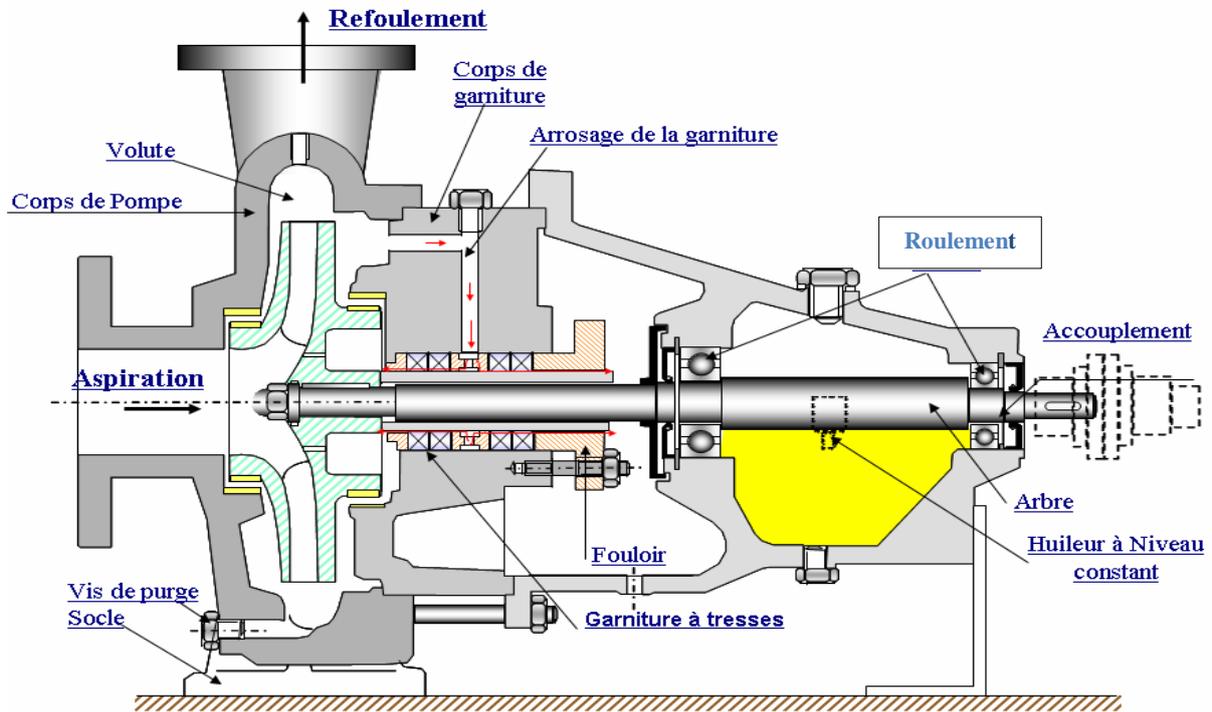


Figure III.15: Pompe centrifuge monocellulaire (en porte à faux)

#### a. Les éléments statiques :

- Le corps de pompe sur lequel se trouvent les tubulures et les brides d'aspiration et de refoulement, la volute et les pieds (ou pattes) de fixation sur le châssis.
- Le corps de garniture (ou plateau de garnitures) fermant l'arrière du corps de pompe, il est traversé par l'arbre et reçoit le système d'étanchéité (tresses ou garniture mécanique).
- Le corps de palier dans lequel sont montés des roulements ou des paliers à coussinet et contient le système de lubrification. Le corps de palier possède souvent une béquille de support.
- Les parties tournantes ou rotor composé de l'arbre sur lequel sont montés les roulements, l'impulseur (ou roue), le moyen d'accouplement et les pièces tournantes des garnitures mécaniques

#### b. Ensemble mobile (appelé rotor) :

Il est composé des éléments suivants :

- d'un arbre sur lequel sont montés :
  - un impulseur (ou roue).
  - un accouplement permettant la liaison avec la machine d'entraînement

- diverses pièces telles que les chemises d'arbre, déflecteur ou labyrinthe d'étanchéité écrous de fixation, ...
- d'éléments liant le rotor et les pièces fixes soumises à frottement :
  - les roulements
  - la garniture d'étanchéité

Parmi ces différentes pièces, l'impulsuer et la volute sont celles qui sont directement impliquées dans la fonction de pompage de la machine où se produisent les variations de vitesse et de la pression du liquide.

### III.7.3. Principe de fonctionnement :

On peut décomposer le fonctionnement en trois étapes [27]:

- **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 du diffuseur.

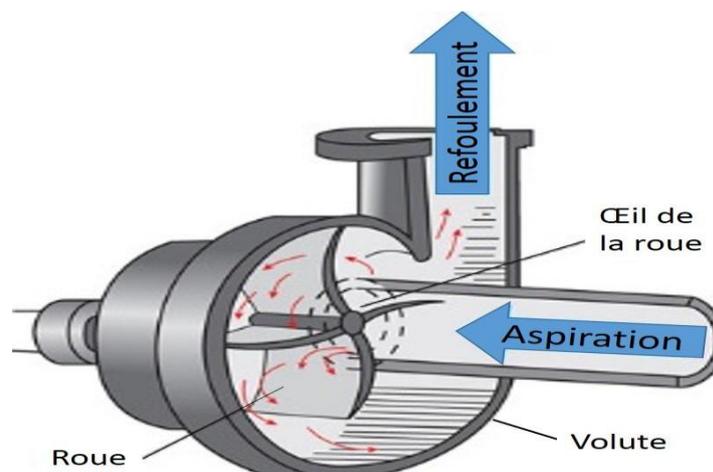


Figure III.16 : Fonctionnement d'une pompe centrifuge

### III.7.4. Classification des pompes centrifuges :

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

#### III.7.4.1. Disposition de l'axe :

- **Pompe horizontale :**

Cette disposition est la plus classique, elle est adoptée généralement pour les pompes de surface. L'entretien et le démontage de la pompe sont simplifiés (figure III.15).

- **Pompe verticale (immergée) :**

Ces pompes verticales sont submergées ou immergées, elles sont spécialement conçues pour l'équipement des puits profonds (figure III.17) [28].

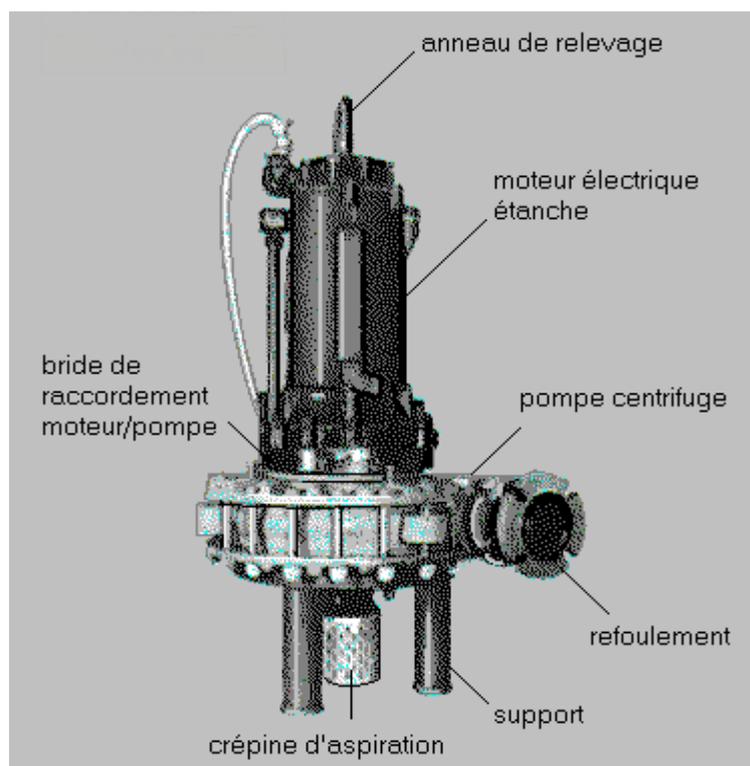


Figure III.17 : Pompe centrifuge immergée

#### III.7.4.2. La forme de la roue :

- **Simple aspiration :**

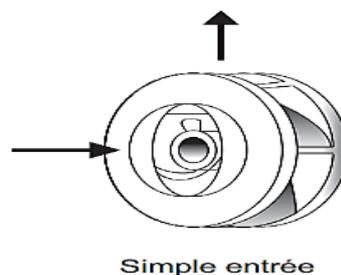


Figure III.18 : Roue à simple aspiration

- double aspiration :

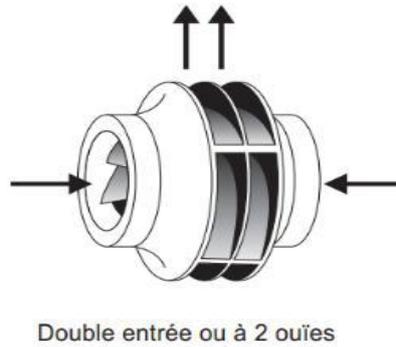


Figure III.19 : Roue à double aspiration

### III.7.4.3. Nombre d'étage:

- **Monocellulaire** : avec une seule roue (impulseur) sur l'arbre (figure III.15).
- **Multicellulaire** : avec plusieurs impulseurs sur l'arbre disposé en série (figure III.20)

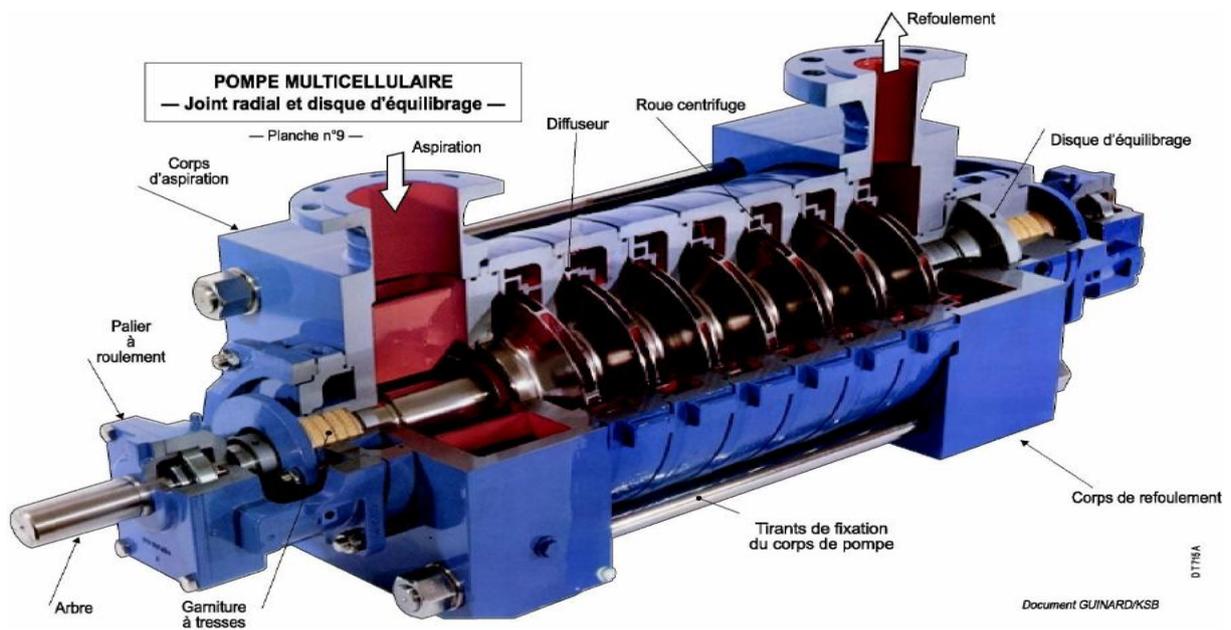


Figure III. 20 : Pompe centrifuge multi-étage

### III.7.5. Théorie des pompes centrifuges :

#### III.7.5.1. Caractéristiques des pompes centrifuges :

Une pompe centrifuge est caractérisée principalement par :

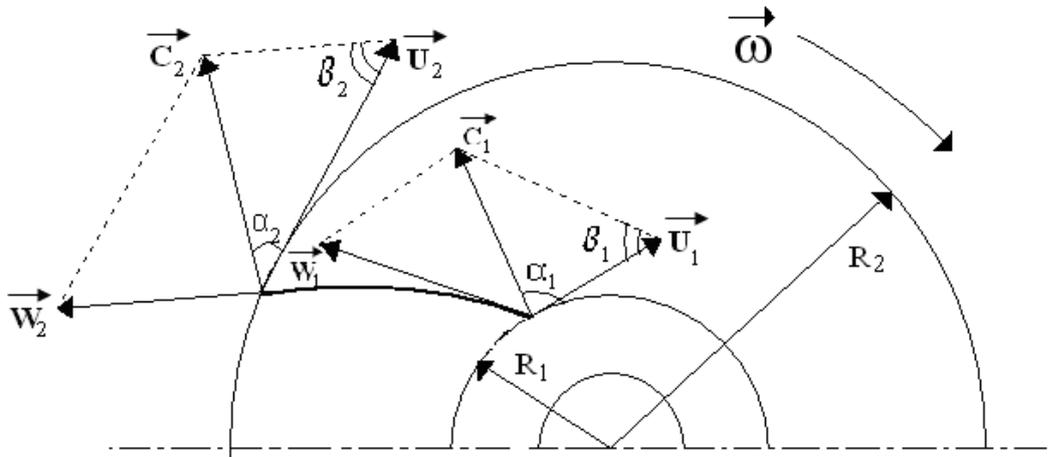
- Sa (Hauteur Manométrique Totale) HMT.
- Son rendement.
- Sa puissance.
- Son NPSH.

#### III.7.5.2. Triangle de vitesse :

La particule liquide est soumise à deux forces :

- Action de l'aube  $\Rightarrow$  une vitesse tangentielle de rotation  $\mathbf{U} = \boldsymbol{\omega} \cdot \mathbf{r}$
- Action de la force centrifuge  $\Rightarrow$  une vitesse tangentielle à l'aube  $\mathbf{W}$

Donc la particule va suivre une trajectoire absolue définie par la direction de la vitesse absolue  $\mathbf{C}$  :



**Figure III.21 :** Ecoulement du liquide à l'intérieur d'une roue à aubes

De ce fait le vecteur de vitesse absolue du liquide  $\mathbf{C}$  peut être trouvé par addition de vectrices vitesses  $\mathbf{U}$  (d'entraînement) et  $\mathbf{W}$ , c'est-à-dire :

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

On va noter par l'indice « 1 » toutes les grandeurs qui se rapportent à l'entrée de la roue par L'indice « 2 » toutes les grandeurs qui se rapportent à la sortie de la roue à aubes. Désignons l'angle formé par les vecteurs de vitesse d'entraînement et absolue par «  $\alpha$  » et L'angle constitué par les tangentes à l'aube et à la circonférence correspondante de la roue par «  $\beta$  ». Ce dernier est déterminé par l'inclinaison des aubes et par conséquent ne dépend pas du Régime de fonctionnement parce qu'il dépend de la vitesse  $\mathbf{U}$  ou du nombre de tours de la Roue [29].

Dans ce qui suit, il faut faire intervenir encore deux composantes de la vitesse absolue :

- Une composante normale :

$$C_r = C \sin \alpha \tag{1}$$

- Une composante circonférentielle :

$$C_u = C \cos \alpha \tag{2}$$

La composante  $C_r$  peut être déterminé à l'aide de l'équation de continuité ( $Q_{théo}$  : débit théorique) :

$$C_r = \frac{Q_{théo}}{S_{sort}} = \frac{Q_{théo}}{\pi D_2 b_2} \tag{3}$$

$S_{sor}$  : Section de la sortie.

$D_2$  : Diamètre extérieur de la roue.

$$U = \frac{\pi D N}{60} = \frac{\pi R N}{30} \tag{4}$$

$D$  : Diamètre de la roue.

$N$  : Nombre de tours.

$R$  : Rayon de la roue.

L'étude des diverses composantes de vitesse de l'écoulement dans une roue s'effectue graphiquement à l'aide des diagrammes de vitesses dont la forme est triangulaire, ils s'appellent triangles des vitesses. Ils peuvent être tracés pour n'importe quel point du filet liquide à travers la roue, mais d'habitude on porte l'attention sur l'entrée et la sortie de la roue.

De ce fait, les triangles des vitesses sont appelés triangle d'entrée ou triangle de sortie.

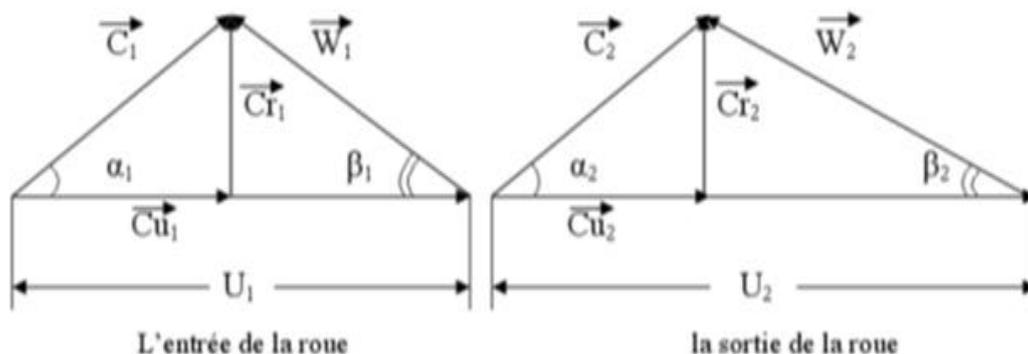


Figure III.22 : Triangle de vitesse à l'entrée et à la sortie de la roue.

### III.7.5.3. Les courbes caractéristiques de la pompe centrifuge :

#### III.7.5.3.1. Les courbes rassemblées par le constructeur :

Pour véhiculer un liquide d'un endroit à un autre, la pompe doit fournir une certaine pression (sous forme de hauteur) appelée hauteur manométrique totale (HMT), cela dépend des conditions d'aspiration et de refoulement (augmentation de pression que la pompe peut communiquer au fluide). La grandeur HMT représente la hauteur de liquide qui pourra être obtenue dans la tuyauterie de refoulement par rapport au niveau du liquide à l'aspiration. Si on considère que  $P_a$  est la pression lue (en bar absolu) à l'aspiration de la pompe et  $P_r$  celle au refoulement, la HMT de la pompe est de manière simplifiée définie par :

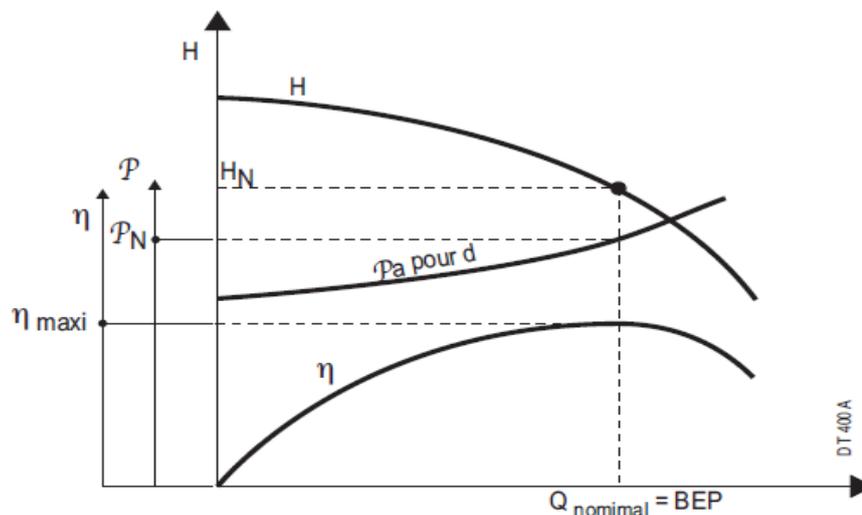
$$HMT = \frac{(P_r - P_a)}{\rho g} \text{ (m)} \quad (5)$$

Pour chaque pompe, une courbe de variation d'hauteur en fonction du débit Hmt ( $Q_v$ ) est fournie par le constructeur. Elle est établie par un essai de la pompe sur un banc.

Selon le type de la pompe, son rôle, ses spécifications, la courbe caractéristique peut prendre diverses allures. Les formes de la roue, le nombre et l'inclinaison des aubages, la volute permet au constructeur d'adapter la caractéristique aux exigences de l'utilisateur.

Le rendement de la pompe 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 (**figure III.23**). Le rendement permet de déterminer la 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.

La puissance sur l'arbre est une caractéristique de la pompe permettant de déterminer le moteur d'entraînement. Cette puissance se calcule à partir de la connaissance pour un débit donné de la hauteur, du rendement et de la densité.



**Figure III.23 :** Courbes caractéristiques de la pompe

### III.7.5.3.2. Courbe de réseau et Point de fonctionnement :

On obtient le point de fonctionnement de la pompe par intersection de la courbe caractéristique de l'installation hydraulique avec la courbe HMT( $Q_v$ ) de la pompe [29].

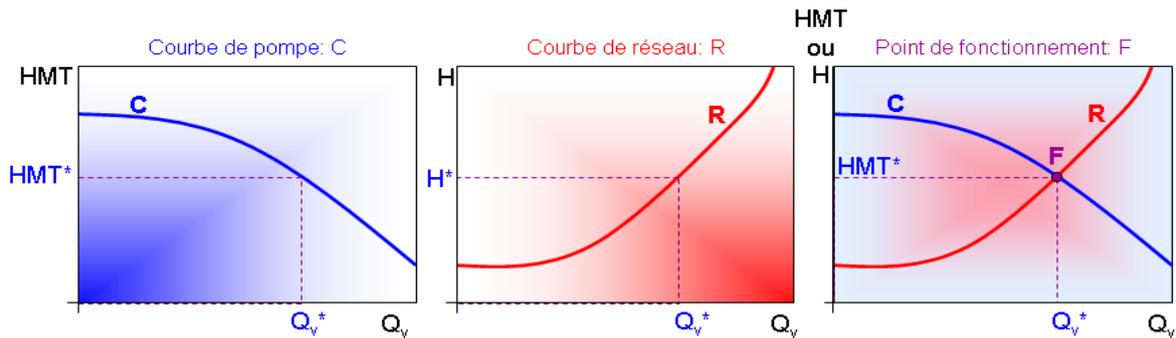


Figure III.24 : Point de fonctionnement d'une pompe

La courbe caractéristique de l'installation ou de réseau est obtenue en fonction des pertes des charges au niveau de toute l'installation. Les types des pertes sont comme suit :

#### a. Pertes mécaniques :

- Perte dans paliers radiaux.
- Perte dans paliers axiaux.
- Pertes d'accouplement.
- Pertes dans la garniture mécanique.

#### b. pertes par fuites :

- Fuite d'une garniture d'ouïe mono étage.
- Fuite dans une garniture d'ouïe bi étage.
- Fuite sur barrage arrière d'une roue équilibrée.
- Fuite au piston d'équilibrage.
- Fuite à l'extrémité des aubes.
- Fuites externes.

#### c. pertes hydrauliques :

- Les pertes dans le conduit d'amenée.
- Les pertes dans les roues.
- Les pertes dans les diffuseurs lisses.
- Les pertes dans les canaux de retour.
- Les pertes dans la volute ; le diffuseur droit et le coude pour les pompes hélices.
- Les pertes des organes situés sur les conduits (pipe) entre les pompes et les puits injecteurs.

#### 1. Calcul de pertes de charges linéaires :

Les pertes de charge d'un écoulement dans des tuyauteries droites, d'une section circulaire, vérifient en général l'équation suivante :

$$H_L = \frac{\lambda \cdot L \cdot V^2}{2d \cdot g} \quad (6)$$

$\lambda$ : Le coefficient de frottement des tuyauteries

$L$  : Longueur de la conduite

$d$  : Diamètre de la conduite

$V$ : Vitesse d'écoulement

Le coefficient de frottement des tuyauteries  $\lambda$ , dépend uniquement de l'écoulement du fluide véhiculé et de la rugosité relative  $\epsilon/D$  de la tuyauterie traversée. L'écoulement est caractérisé par le nombre de REYNOLDS  $Re$ . Pour des tuyaux de section circulaire :

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot d}{\mu} \quad (7)$$

$\rho$  : Masse volumique du liquide

$\mu$  : Viscosité cinématique

Le coefficient de frottement des tuyauteries  $\lambda$  est déterminé par le diagramme de MOODY en fonction de  $Re$  et  $\epsilon/D$ .

## 2. Calcul de pertes de charge singulières :

Les pertes de charge dans la robinetterie et les raccords de tuyauterie sont de la forme :

$$H_s = \frac{K \cdot V^2}{2g} \quad (8)$$

$K$  : Le coefficient de perte de charge

$V$  : Vitesse d'écoulement

### III.7.5.3.3. Puissance :

La puissance disponible au niveau de l'arbre d'entraînement de la roue de la pompe est la puissance absorbée de cette pompe  $P_a$ . La puissance transmise au fluide est appelée puissance hydraulique  $P_u$  utile.

$$P_u = \rho \cdot g \cdot Q_v \cdot HMT \quad (9)$$

$\rho$  : La masse volumique du liquide pompé

$Q_v$  : Le débit

$HMT$  : La hauteur manométrique

$Q_v$  : débit volumique (m<sup>3</sup>/s)

$$P_a = C \omega \quad (10)$$

**C** : couple Moteur (N/m)

#### III.7.5.3.4. Rendement global :

Le rendement global d'une pompe est le rapport de l'énergie fournie à l'énergie absorbée et doit être toujours inférieur à l'unité.

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} \quad (11)$$

#### III.7.5.3.5. NPSH (Net Positive Suction Head)

Le coût d'une station de pompage est directement lié à la hauteur de charge nette à l'aspiration (Net Positive Suction Head) connue sous le nom de NPSH :

- De la pompe, le NPSH *requis* est la hauteur qui correspond à la chute de pression statique entre l'aspiration et un point dans la roue où la pression est la plus petite. Il est fourni par le constructeur sous forme de courbe.
- De l'installation, le NPSH disponible est la hauteur totale de charge absolue mesurée par rapport au plan de référence diminuée de la hauteur correspondant à la tension de vapeur du liquide. Il dépend uniquement de l'installation (est à calculer).

$$NPSH \text{ disponible} = H_{asp} + \frac{P_a - TV}{\rho g} - \Sigma H \quad (12)$$

**P<sub>a</sub>** : La pression d'aspiration

**TV** : La tension de vapeur d fluide (GPL)

**H<sub>asp</sub>** : Hauteur d'aspiration

**Σ H** : Somme de toutes les pertes de charge de l'installation

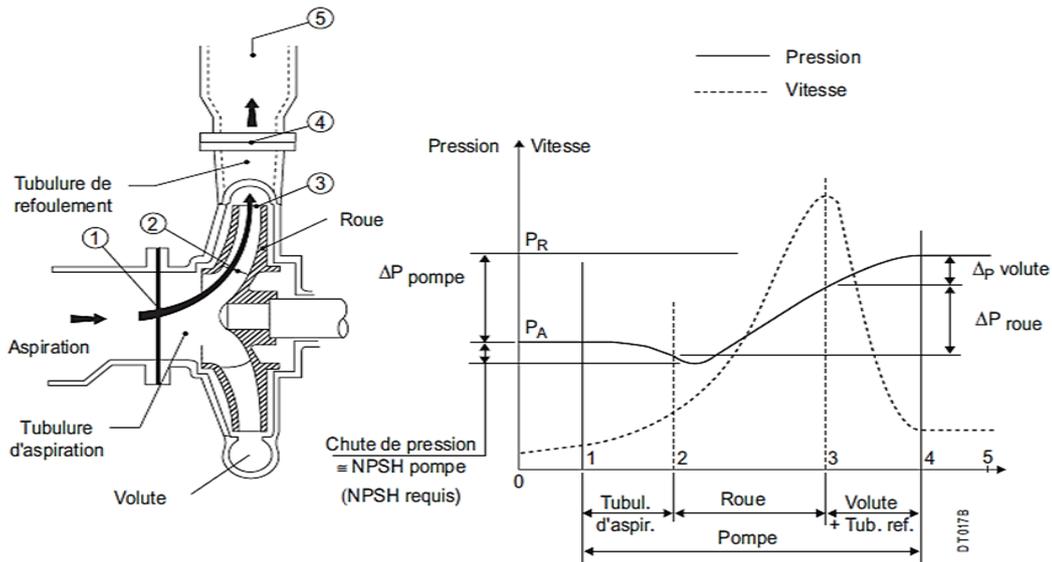


Figure III.25 : Evolution de la vitesse et de la pression dans une pompe centrifuge

Il faut toujours avoir un NPSH disponible supérieure à NPSH requis avec une marge de sécurité de 0.5 m pour ne pas rapprocher la pompe du domaine de cavitation.

### III.7.6. Couplage d'une pompe centrifuge :

#### III.7.6.1. Couplage parallèle :

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

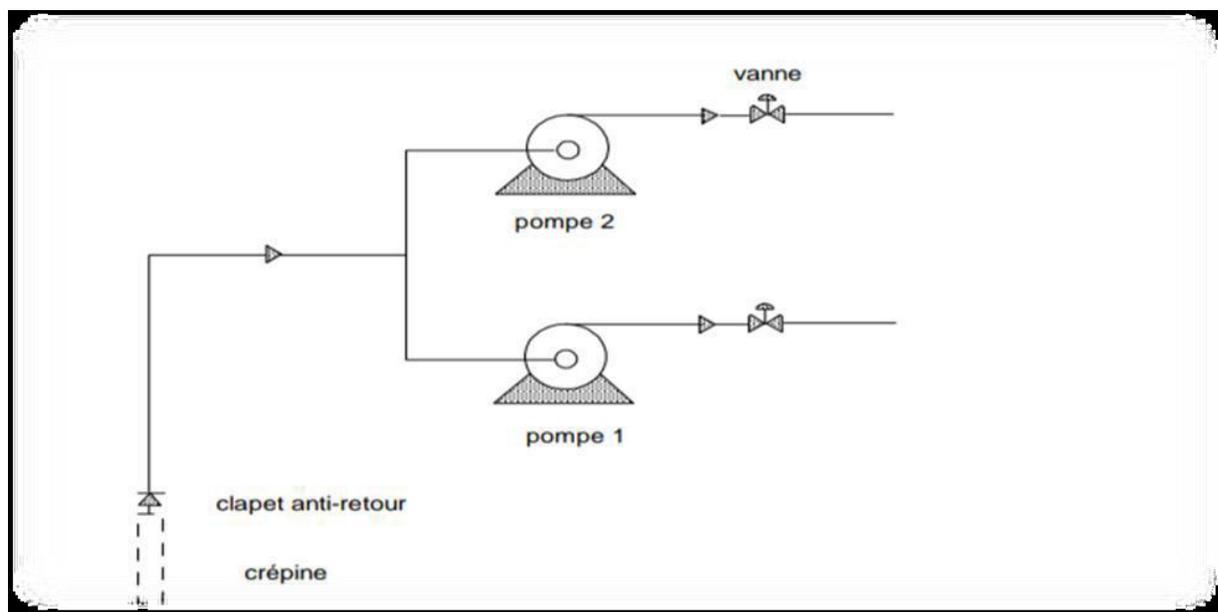


Figure III.26 : Schéma d'un couplage des deux pompes en parallèle.

Pour la même  $Hmt$  on fait la somme des  $Qv$  [30].

$$Hmt = Hmt1 = Hmt2 \quad (13)$$

$$Qv = Qv1 + Qv2 \quad (14)$$

### III.7.6.2. Couplage série :

Soient deux pompes de caractéristiques  $Hmt1(Q)$  et  $Hmt2(Q)$ .

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

- Le débit circulant dans les deux pompes est identique :

$$Qv = Qv1 = Qv2 \quad (15)$$

- La hauteur manométrique totale est la somme hauteurs manométriques de chaque Pompe [30].

$$Hmt = Hmt1 + Hmt2 \quad (16)$$

### III.8. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons donné une brève définition sur les pompes, puis nous avons cité leurs différents types. Ensuite, nous avons développé la partie essentielle dans notre travail, la pompe centrifuge.

Nous avons également projeté la lumière sur le principe de fonctionnement et les caractéristiques des pompes centrifuges.

***CHAPITRE IV :***

***Etude et analyse problématique***

***de la pompe GUINARD***

***DVMX 6.8.11 E5***

### IV.1. Introduction :

Les pompes principales GEP (groupe électropompe) GUINARD DVMX 6.8.11 E 5, sont des pompes centrifuges à 5 étages, la rotation de ces pompes est assurée par un accouplement avec un moteur électrique d'une puissance de 1600 KW. Ce dernier est alimenté par un variateur de vitesse par fréquence (VVF) qui donne plus d'avantage au bon fonctionnement de la pompe. L'emplacement de la pompe est montré sur la (figure IV.1).

On utilise cette pompe pour le transport de pétrole brut dans la station de pompage sp3 M'sila.

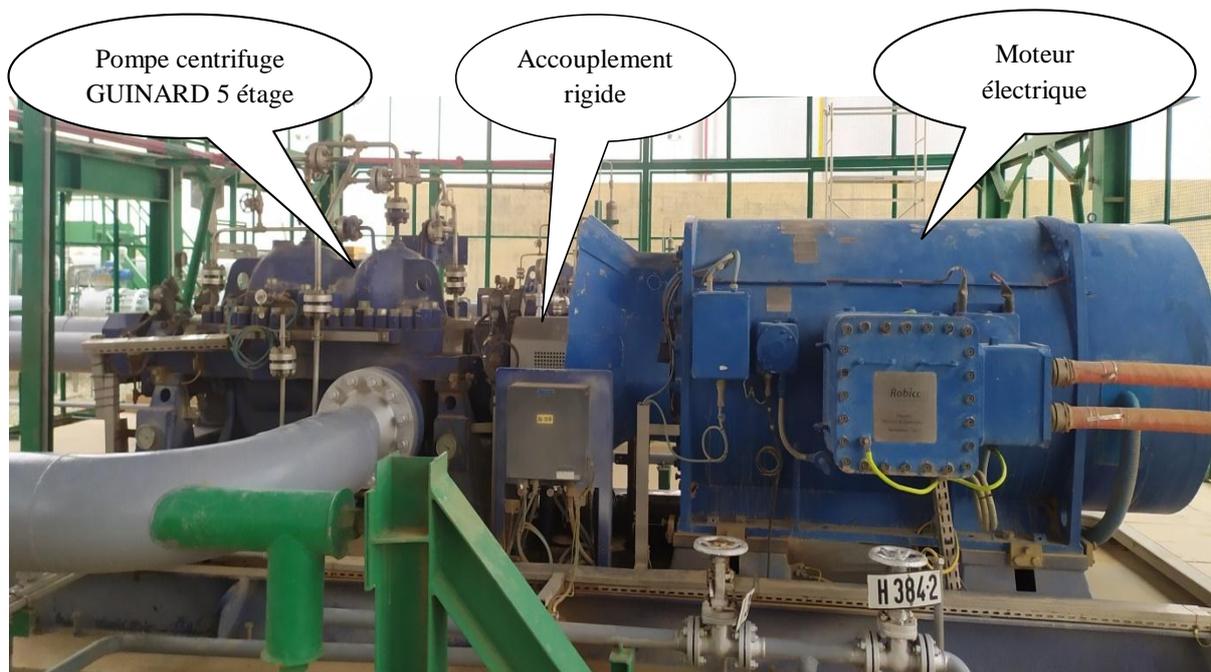
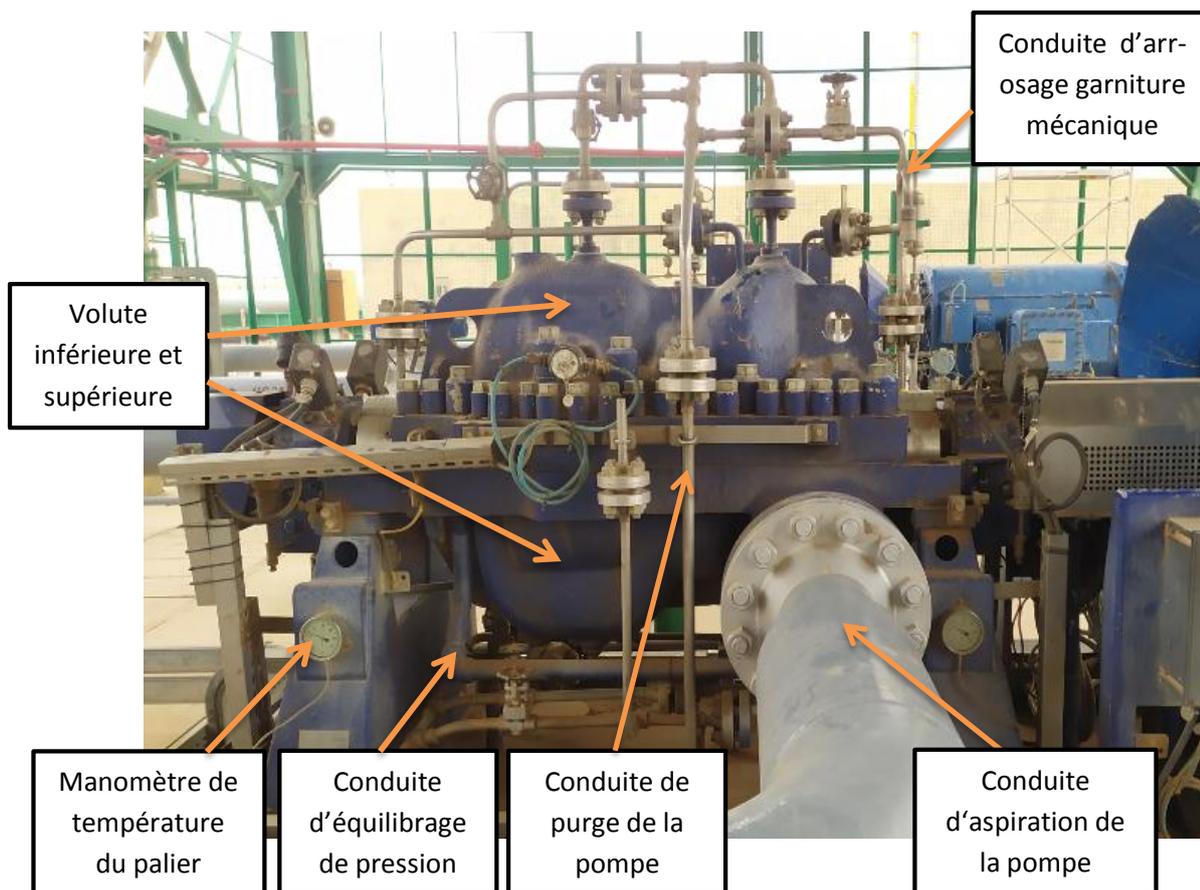


Figure IV.1 : Groupe électropompe (GEP)

### IV.2. Description de la pompe :

Cette pompe est équipée de (figure IV.2):

- a. Manomètres sur l'aspiration et refoulement,
- b. Sondes de température sur corps de la pompe, paliers pompe,
- c. Capteurs de vibration sur les paliers pompe et moteur,
- d. Détecteurs de fuite sur les garnitures mécaniques
- e. Le Corps de la pompe et ses composantes
- f. Le mobile de la pompe et ses composantes
- g. La garniture d'étanchéité



**Figure IV.2 :** Différents organes de la pompe DVMX

### IV.2.1. Corps de la pompe :

Le Corps de la pompe centrifuge multi-étages est divisé en deux parties (corps supérieur et corps inférieur). Les deux demi corps sont assemblés horizontalement par goujons (boulons d'assemblages). Les volutes sont à double becs, opposées diamétralement pour assurer l'équilibrage radial.

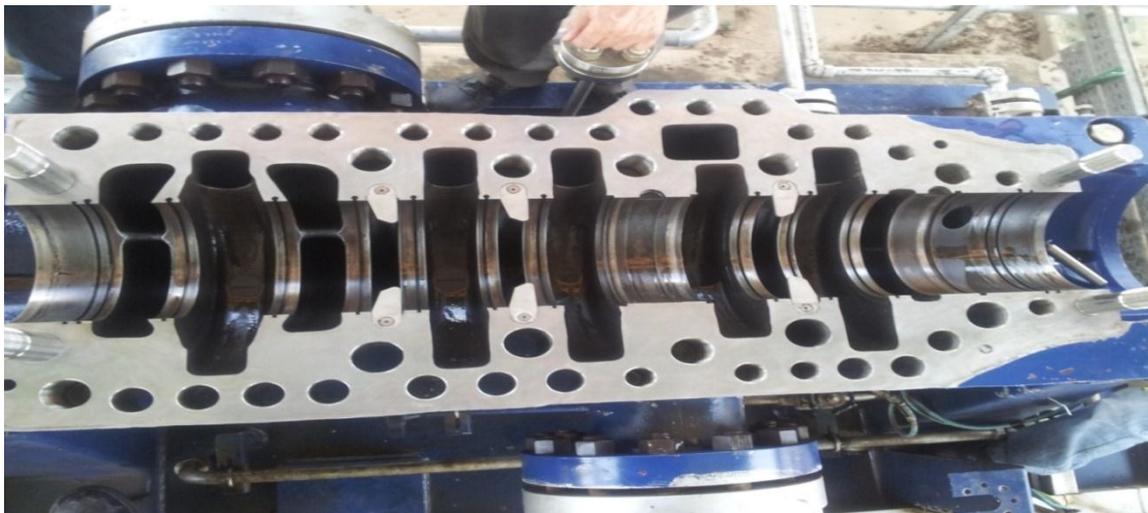
#### IV.2.1.1. Demi-corps inférieur (ou volute inférieur) :

La figure IV.3 montre le demi-corps inférieur qui comporte :

- a. Les tubulures d'aspiration et de refoulement avec bossages taraudés pour prise de pression. Pour le raccordement aux tuyauteries extérieures, les tubulures d'aspiration et refoulement sont terminées par des brides.
- b. Des canaux de liaison inter-étages.
- c. La purge taraudée pour vidange.
- d. Un berceau formant une cuvette avec bride, en prolongement du demi-corps et de chaque côté supporte les corps de paliers, « Ces cuvettes reçoivent les fuites accidentelles des

garnitures qui peuvent être récupérées par un orifice prévu à cet effet à leur partie inférieure ».

- e. Une tuyauterie de by-pass pour l'équilibrage des garnitures.



**Figure IV.3 :** Demi-corps inférieur de la pompe

#### **IV.2.1.2. Demi-corps supérieur (ou volute supérieur) :**

Le demi-corps supérieur est montré sur la figure IV.4 et Comporte :

- a. Les canaux de liaison inter-étages.
- b. Les évents taraudés pour purge d'air.
- c. Les œillets pour levage.



**Figure IV.4 :** Demi-corps supérieur de la pompe

**IV.2.1.3. Equipement du corps de la pompe :**

Le corps de la pompe est équipé (Figure IV.5 à IV.7) :

- a. De bague d'usure arrêtée en rotation par ergots.
- b. D'un grain de fond.
- c. Palier central.
- d. Deux roulements à contact côté butée.
- e. Une douille d'équilibrage.
- f. Coussinet rotule.
- g. Bague d'étanchéité de la butée.



**Figure IV.7 :** Bagues d'usure



**Figure IV.5 :** Grain de fond



**Figure IV.6 :** Palier central



**Figure IV.9 :** Roulement



**Figure IV.8 :** Douille d'équilibrage



Figure IV.11 : Bague d'étanchéité de la butée

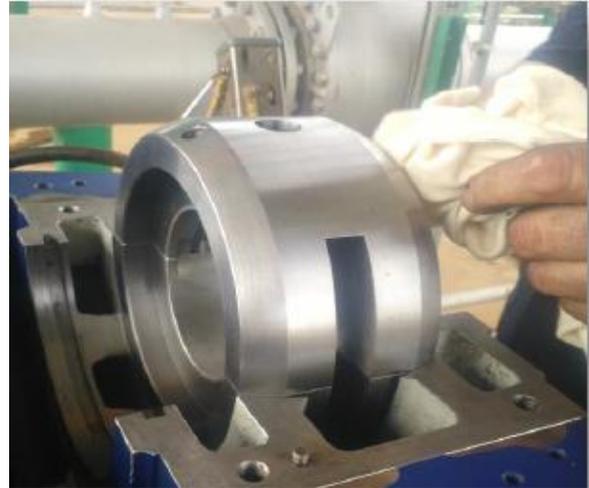


Figure IV.10 : Coussinet rotule

#### IV.2.2. Mobile de la pompe :

Le mobile de la pompe (figure IV.12) comporte :

- Un arbre cylindrique de diamètre constant.
- Des roues placées en opposition et correspondant aux canaux d'aspiration et à la volute du corps.
- Une bague d'usure
- Des paliers.

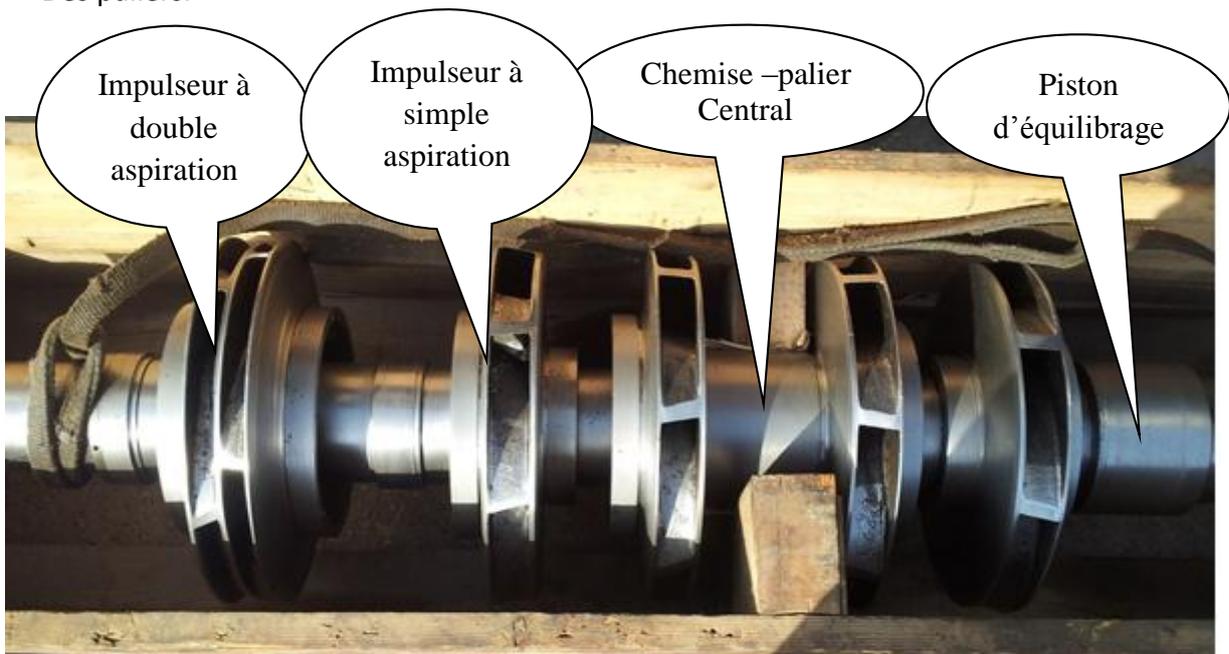


Figure IV.12 : L'arbre de la pompe

### IV.2.3. Garnitures mécaniques :

Il s'agit de l'étanchéité entre l'intérieur de la pompe et l'extérieur. Le point critique est le jeu entre l'arbre et le corps de pompe. L'étanchéité est réalisée par un système appelé (Garniture mécanique rep (433)) (figure. IV.13), où l'étanchéité est réalisée par contact entre une pièce fixe et une pièce mobile (par friction) \_solidaire de l'arbre. Les deux faces en contact doivent avoir un excellent état de surface. La fuite obtenue est alors très faible. Ces garnitures tendent à remplacer de façon quasi totale les garnitures à tresses.



Figure IV.13 : Garnitures mécaniques

### IV.3. Fiche technique de la pompe GUINARD DVMX 6.8.11 E 5:

- Identification de la pompe (Tableau IV.1).
- Spécification de la pompe (Tableau IV.2).

Identification de la pompe	
Equipement	Pompe centrifuge multi étage
Marque	DAVID BROWN GUINARD PUMPS
Repère	P-301 « B »
N° de Série	P000296
Date de mise en service	2008
Cumul heures de marche	39323 : 40 (19-12-2020)
Nombre de démarrage	521 (19-12-2020)
DV	Double volute
MX	A plusieurs étages
6	Diamètre bride refoulement 6"
8	Diamètre bride aspiration 8"
11E	Diamètre nominal roue 11"

Tableau IV.1 : Identification de la pompe GUINARD DVMX 6.8.11 E 5.

Spécification de la pompe	
Type de taille de pompe	DVMX 6.8.11 E
Nombres d'étages	5 étages
Produit pompé	pétrole brute à densité $d=800$ (kg/m <sup>3</sup> )
Température de service (k)	293
Débit (m <sup>3</sup> /h)	600
Hauteur différentielle HMT (m)	838
Vitesse de rotation (tr/min)	3560
Puissance absorbée (kW)	1375
Pression d'aspiration (bar)	6
Pression de refoulement (bar)	103.7
Rendement (%)	79.7
NPSH disponible (mce)	7<
NPSH requise (mce)	9.7

Tableau IV.2 : Spécification de la pompe GUINARD DVMX 6.8.11 E 5.

#### IV.4. Principe de fonctionnement :

Dans une pompe multicellulaire, plusieurs roues (aussi appelées Impulseurs) sont montées successivement. Dans cette pompe il y a 5 impulseurs, l'impulseur de 1<sup>er</sup> étage (à double aspiration) va refouler dans l'impulseur 2<sup>ème</sup> étage et le 2<sup>ème</sup> dans le 3<sup>ème</sup> ainsi de suite jusqu'au 5<sup>ème</sup> impulseur qui va refouler vers la conduite de refoulement comme monté sur la figure IV.14.

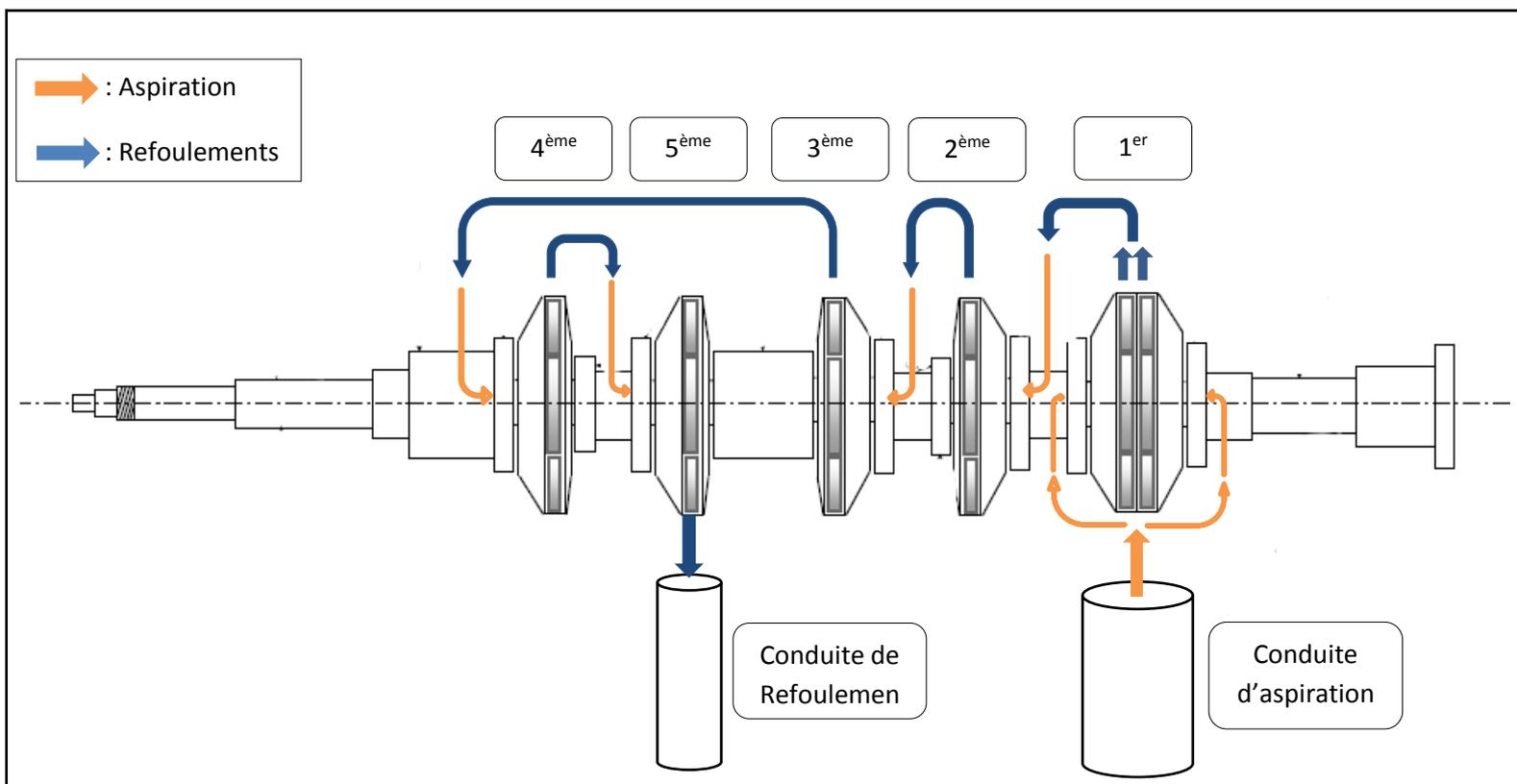


Figure IV.14 : Fonctionnement de la pompe GUINARD DVMX 6.8.11 E5

- a. La différence de pression entre le centre et la périphérie de l'impulseur provoque un retour du liquide à l'aspiration (donc des pertes de rendements). On limite cette circulation de fluide avec les bagues d'étanchéité
- b. La différence de pression entre la chambre d'aspiration du 4<sup>ème</sup> impulseur et la garniture mécanique est diminuée (de 64 bar jusqu'à 6 bar) par la douille et du piston d'équilibrage.
- c. L'étanchéité de la pompe est assurée par deux garnitures mécaniques.
- d. Le positionnement axial du rotor est assuré par une butée.
- e. Le positionnement radial du rotor est assuré par deux paliers lisses.

**IV.5. Paramètres d'essai de la pompe :**

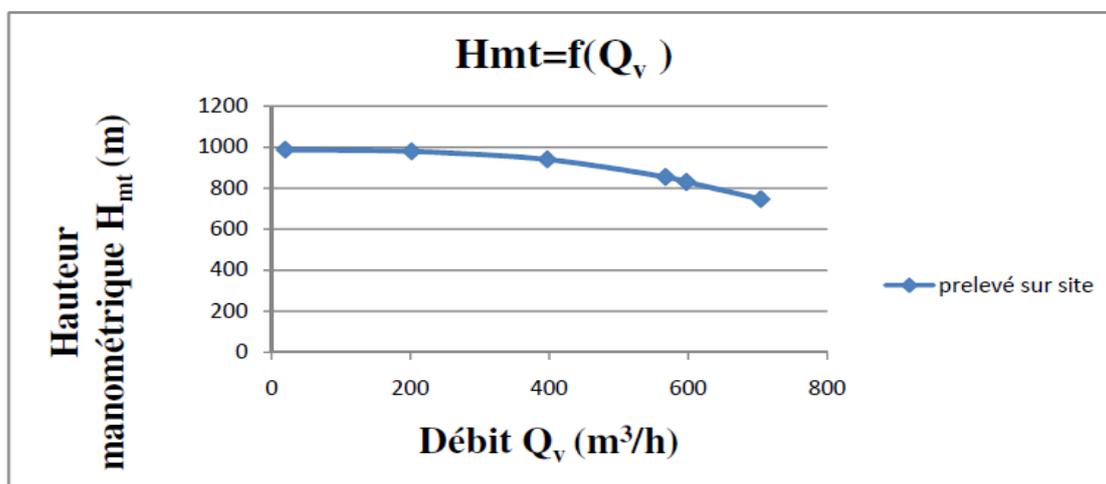
Selon le constructeur, les résultats des essais de la pompe GUINARD DVMX 6.8.11 sur les sites SP3 M'sila.

Débit (m <sup>3</sup> /h)	H M T (m)	P/Arbre (kW)	Rendement (%)
704,621	747,007	1841,273	77,85
597,499	831,016	1696,587	79,702
567,553	854,952	1652,337	79,974
397,274	940,399	1376,288	73,925
202,07	979,693	1039,863	51,846
20,214	987,983	850,112	6,398

**Tableau IV.3 :** Résultats d'essai de la pompe GUINARD par le constructeur.

**IV.5.1. Variations de la hauteur en fonction du débit (Figure IV.15):**

La relation entre la hauteur manométrique totale (HMT) et le débit est une relation inverse, c'est une courbe parabolique, pour un déférentes débit, la hauteur manométrique diminue très légèrement avec le débit.



**Figure IV.15 :** Hauteur manométrique en fonction du débit

### IV.5.2. Variation de la puissance en fonction du débit (Figure IV.16):

Pour augmenter le débit d'une pompe, on doit augmenter la puissance nécessaire qui se stabilise à une valeur maximale tandis que le débit continue à augmenter.

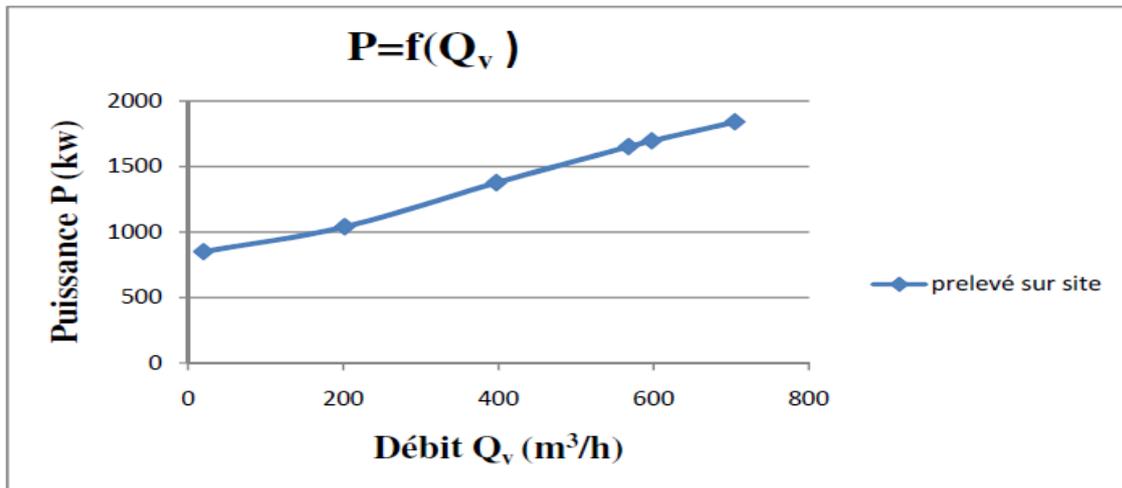


Figure IV.16 : La puissance en fonction du débit

### IV.5.3. Variation du rendement en fonction du débit (Figure IV.17):

La relation est une courbe parabolique telle que le montre la courbe de la figure IV.17. On voit que pour une certaine vitesse de rotation et un certain débit le rendement atteint sa valeur maximale, si le débit augmente ou bien diminue, le rendement diminue.

On peut dire que pour obtenir un rendement maximum, la pompe doit avec une vitesse de rotation égale à 3560 tr/min.

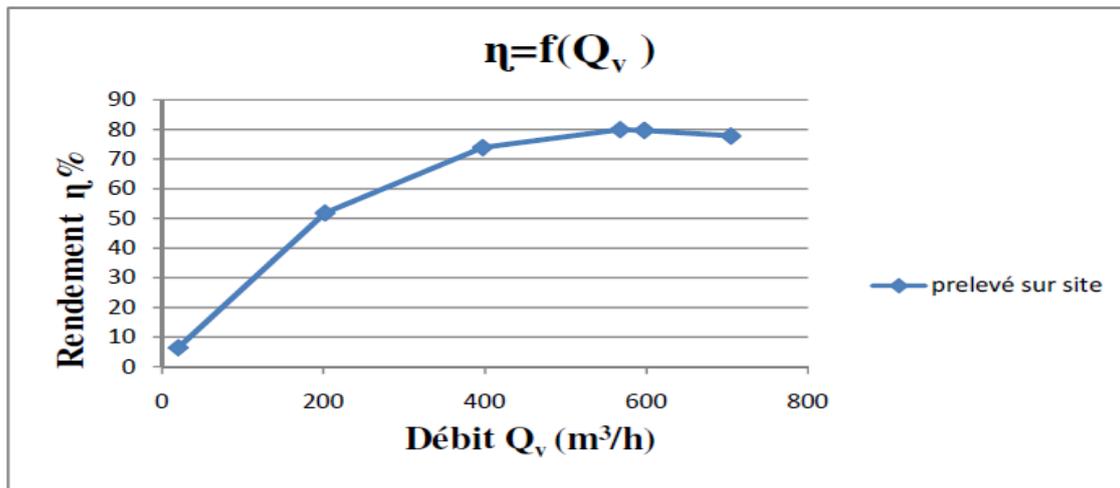


Figure IV.17 : Le rendement en fonction du débit.

### IV.6. Problématique :

La problématique constatée durant notre stage consiste en un blocage de la pompe principal GUINARD DVMX 6.8.11 E5 au niveau de la station de pompage SP3 M'sila.

Le but de ce travail est de trouver la source et les causes de ce problème, ainsi que la recherche de la stratégie de maintenance de la société pour la remise en service de cette pompe et œuvrer pour comprendre et développer une stratégie appropriée pour éviter ce problème à l'avenir.

### IV.7. L'intervention du service maintenance :

Le constructeur exige une révision générale de la pompe chaque 24000 heures de marche, mais en cas de problème subit, il faut faire une intervention de service mécanique par équipe qualifiée.

Premièrement nous devons rechercher la source et les causes probables qui ont conduit à ce problème par consultation du manuel d'utilisation de cette pompe.

#### IV.7.1. Etude du dysfonctionnement de la pompe :

Le manuel d'utilisation contient toutes les informations concernant la pompe ainsi que les différents défauts qui peuvent exister ainsi que les causes probables et les remèdes (voir au tableau IV.4 et IV.5).

incidents	Fiche n <sup>o</sup>
Débit externe de la pompe trop faible	1
Surcharge du moteur	2
Pression à la sortie de la pompe trop élevée	3
Température des paliers trop élevée	4
Fuites au niveau de la pompe	5
Trop fortes fuites au niveau de la garniture d'arbre	6
Marche irrégulière de la pompe	7
Montée de température inadmissible à l'intérieur de la pompe	8
Blocage de la pompe	9

**Tableau IV.4 :** Les incidents de la pompe GUINARD DVMX 6.8.11

n <sup>o</sup> de l'incident	Les causes probables	Les remèdes
1	La pompe débite contre une trop forte pression	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rajuster le point de service</li> </ul>
1	Trop forts contre-pression	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contrôler s'il y a des impuretés dans l'installation</li> <li>• Augmenter la vitesse de rotation (turbine, machine à combustion)</li> </ul>
1 . 7 . 8	Tuyauterie d'alimentation ou roue engorgée	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminer les dépôts à l'intérieur de la pompe tuyauteries</li> </ul>
1	Formation de poches d'air dans la tuyauterie	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Modifier la tuyauterie</li> <li>▪ Monter une soupape de purge d'air</li> </ul>
4 . 6 . 7	Pompe surtendue ou vibration dues à la résonance à l'intérieur des tuyauteries	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vérifier les raccords des tuyauteries et la fixation de la pompe</li> </ul>

1.7.8	Hauteur d'aspiration trop élevée / NPSH trop faible	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corrige le niveau du liquide pompé</li> <li>• Contrôler les filtres, les orifices d'aspiration</li> <li>• Modifier la tuyauterie d'alimentation</li> </ul>
4	Poussée axiale élevée	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corriger le réglage de rotor</li> </ul>
1	Entrée d'air au niveau de la garniture d'arbre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remplacer la garniture d'arbre</li> </ul>
1	Mauvais sens de rotation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intervertir deux phases du câble d'alimentation du courant</li> </ul>
1.2	Le moteur tourne sur deux phases	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remplacer le fusible défectueux</li> <li>• Vérifie les branchements électriques</li> </ul>
1	Vitesse de rotation trop faible	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Augmentation la vitesse de rotation</li> </ul>
7	Paliers défectueux	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les remplacer</li> </ul>
4.7.8	Débit externe trop faible	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Augmenter le débit externe minimum</li> </ul>
1.7.9	Usure des pièces internes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remplacer les pièces usées</li> </ul>
2.7	La contre-pression de la pompe est plus faible que celle prévue à la commande	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Régler avec précision le point de service</li> </ul>
2	Densité ou viscosité du liquide pompé plus élevées que celles prévues à la commande	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nous consulter</li> </ul>
6	Utilisation de mauvais matériaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Changer la combinaison de matériaux</li> </ul>
2.3	Vitesse de rotation trop élevée	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réduire la vitesse de rotation</li> </ul>
5	Tirants d'assemblage / joints	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resserrer les tirants d'assemblage</li> <li>• Changer les joints</li> </ul>
6	Etanchéité d'arbre usée	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remplacer la garniture d'arbre</li> </ul>
1.6	La chemise d'arbre sous garniture présente des éraflures ou rugosités	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remplacer la chemise d'arbre sous garniture</li> <li>• Remplacer la garniture d'arbre / Vérifier la conduite d'équilibrage</li> <li>• Vérifier le jeu au niveau de la douille de laminage et de la chemise d'arbre sous la douille</li> </ul>
6	Le liquide de refroidissement est insuffisant ou il y a des impuretés dans la chambre de refroidissement	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Augmenter la quantité de liquide de refroidissement</li> <li>• Nettoyer la chambre et/ou le liquide de refroidissement</li> </ul>
6	A vérifier par démontage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modifier</li> </ul>
6	Marche irrégulière de la pompe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corriger les conditions d'aspiration</li> <li>• Rééquilibrer le rotor</li> <li>• Augmenter la pression à la tubulure d'aspiration</li> </ul>
4.6.7	Groupe mal dégauchi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérifier l'accouplement, réaligner si besoin</li> </ul>
4	Trop peu ou trop de lubrifiant, ou lubrifiant de mauvaise qualité	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compléter, réduire ou remplacer le lubrifiant</li> </ul>
4	Ecartement de l'accouplement non respecté	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corriger l'écartement suivant les plans d'installation</li> </ul>
2	Tension de service insuffisante	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Augmenter la tension</li> </ul>
7	Rotor non équilibré	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nettoyer le rotor</li> <li>• Rééquilibrer le rotor</li> </ul>

**Tableau IV.5 :** Les causes probables d'un débit insuffisant au niveau de la pompe GUINARD DVMX 6.8.11

Après la consultation du manuel d'utilisation (Tableaux IV. 4 et IV.5) de cette pompe, il s'en dégage que la cause probable du blocage est l'usure des pièces internes.

A ses débuts, cette usure affecte sur le fonctionnement de la pompe qui se traduit par :

- Un débit externe de la pompe trop faible.
- Marche irrégulière de la pompe.
- Augmentation des vibrations.
- Augmentation de température de fluide à la sortie de la pompe.

Dans le cas de non intervenir la quantité d'usure est augmentée et avec la dureté de pièce élevée à cette étape se produit blocage du mobile de cette pompe.

### IV.7.2. Déroulement de l'intervention :

Durée d'intervention : du 23/11/2020 au 19/12/2020

#### IV.7.2.1. Les travaux de démontage :

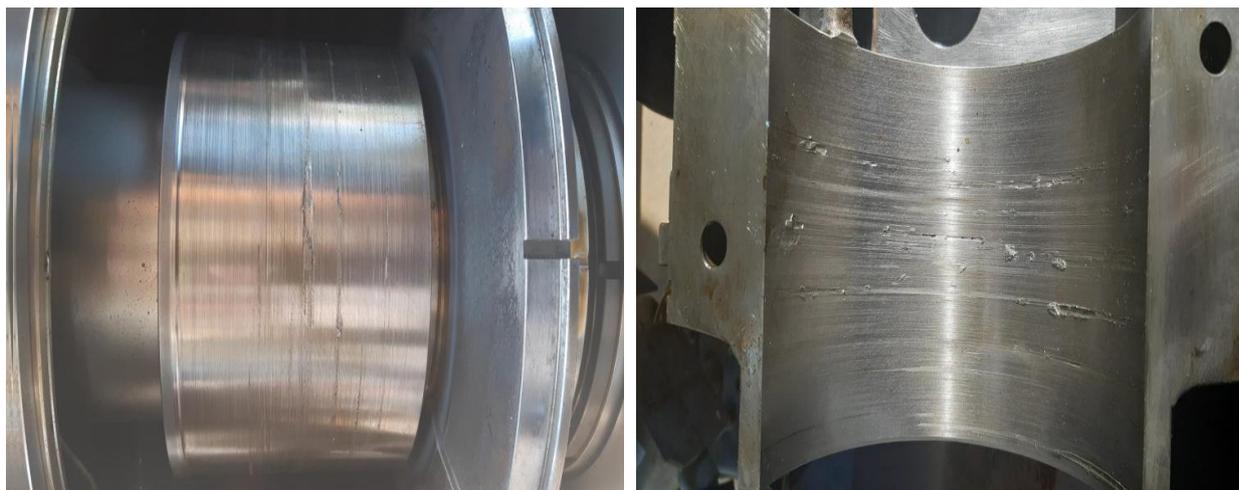
1. Désaccouplement.
2. Dépose des tuyauteries.
3. Dépose de la volute.
4. Lecture de jeu axial de la pompe :

Axial = 0.19 mm

5. la longueur de la pièce d'espacement d'accouplement

Accouplement = 248mm

**Constatation :** Grippage du rotor au niveau (piston / douille) d'équilibrage (usure abrasive) (figure IV.18).



**Figure IV. 18 :** Grippage du piston et douille d'équilibrage

6. Dépose du rotor, des paliers et des deux garnitures mécaniques.
7. Démontage des pièces d'usure (Désassemblage de toutes les pièces d'usure : Bagues d'usure, palier centrale, grains de fond, la douille d'étranglement et la douille d'équilibrage)
8. Nettoyer les pièces déposées
9. Après les travaux de démontage de la pompe et la dépose du rotor, ce dernier a été acheminé vers la **DML** (Direction de Maintenance Laghouat) pour rectification du piston et de la douille d'équilibrage et pour équilibrer de rotor.

**Les travaux effectués à DML :**

- Dépose du piston d'équilibrage.
- Remontage de l'ensemble (piston/douille) d'équilibrage confectionné
- Usinage du piston d'équilibrage de diamètre  $A_{PISTON} = 137.65 \text{ mm}$

**Confection du piston d'équilibrage :**

Suite à l'indisponibilité du piston d'équilibrage dans nos magasins RTC (région transporte centre) et après consultation [plan en coupe / nomenclature] de la pompe, on a constaté que le piston d'équilibrage et la chemise palier centrale ont la même dureté [350±30] et sont aussi constituée du même matériau [X30 Cr 13].

On a opté pour la réalisation d'un assemblage mécanique du piston d'équilibrage et de la chemise palier central avec un serrage de 0.04mm en chauffant à 100 °C, ensuite on a usinée la pièce à la cote recommandé avec le constructeur. La Figure IV.19 montre piston d'équilibrage confectionné par DML.



**Figure IV.19 :** Le piston d'équilibrage confectionné par DML

- Changement de la douille par une autre neuf d'alésage  $A_{DOUILLE} = 138.053 \text{ mm}$



**Figure IV. 20 :** La douille d'équilibrage

Balancing bushing/piston Douille/piston d'équilibrage											
	4 st./et.		6 st./et.		8 st./et.		10 st./et.		5-7-9-11 st./et.		
	Theoretical	Measured	Theoretical	Measured	Theoretical	Measured	Theoretical	Measured	Theoretical	Measured	
BORE ALEPAGE	φ110	+0.054 0	φ116	+0.054 0	φ124	+0.063 0	φ128	+0.063 0	φ138	+0.063 0	138,055
SHAFT ARBRE	φ109,7	-0.04 -0.07	φ117,7	-0.04 -0.07	φ123,7	-0.04 -0.07	φ127,7	-0.04 -0.07	φ137,7	-0.04 -0.07	137,66
Clearances Jeux	JM	±0.424	JM	±0.424	JM	±0.433	JM	±0.433	JM	±0.433	0,385
	Jm	±0.340	Jm	±0.340	Jm	±0.340	Jm	±0.340	Jm	±0.340	
BORE ALEPAGE	250HB ±20		250HB ±20		250HB ±20		250HB ±20		250HB ±20		STANAL
SHAFT ARBRE	350HB ±30		350HB ±30		350HB ±30		350HB ±30		350HB ±30		STANAL

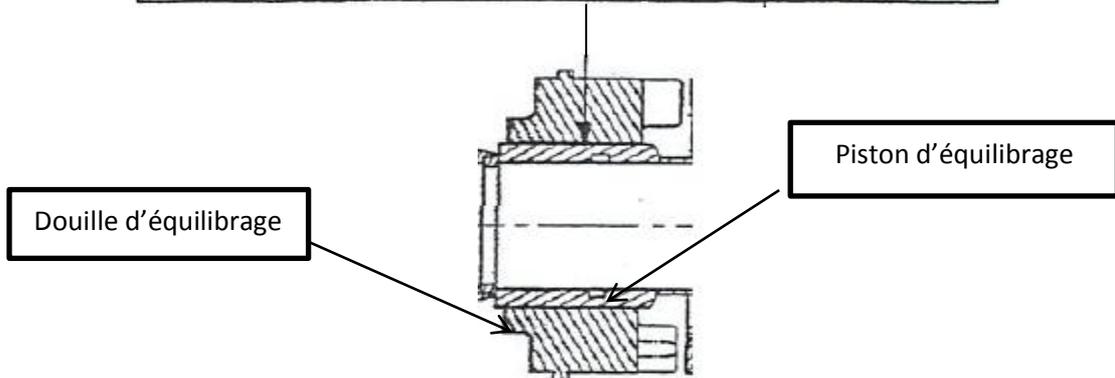


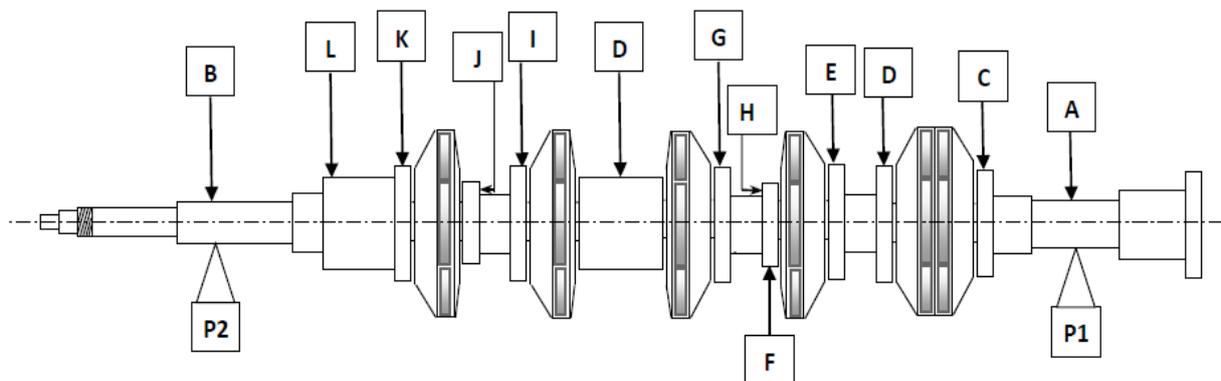
Figure IV.21 : Fiche de jeu douille/piston d'équilibrage

➤ Equilibrage du rotor :

a. Contrôle géométrique :

La vérification du saut d'arbre nous permet de savoir si le mobile est sujet aux efforts de flexion ou non (mobile fléchi ou non)

La vérification du voile de l'arbre permet de déterminer s'il y'a un déplacement axial ou non



Position	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Saut(mm)	0.01	0.005	0.07	0.02	0.02	0.04	0.02	0.045	0.05	0.005	0.01	0.005
Voile(mm)								0.02		0.045		

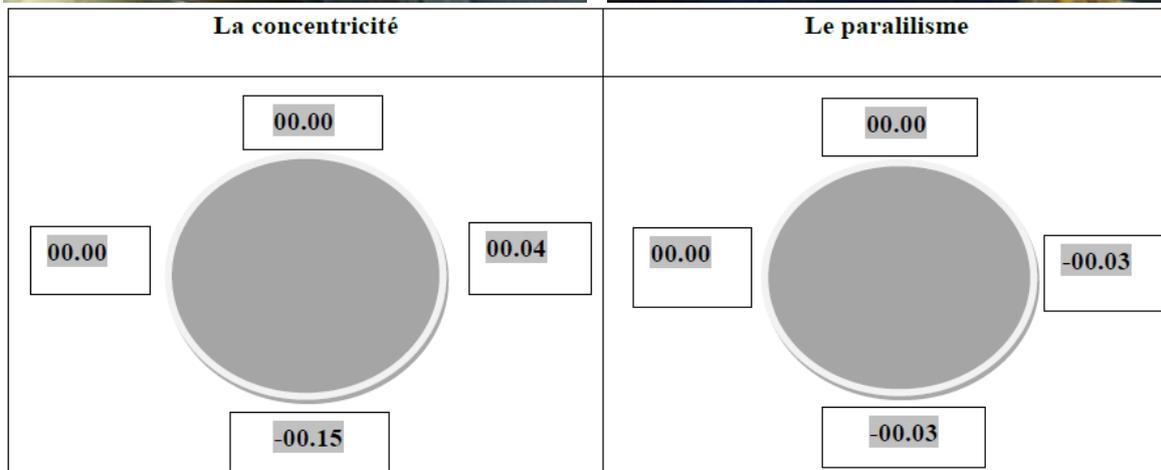
**b. Résultats d'équilibrage :**

	<b>Plan 1</b>	<b>Plan 2</b>
<b>Balourd initial</b>	11.5 g à 31°	14 g à 85°

	<b>Plan 1</b>	<b>Plan 2</b>
<b>Balourd résiduel</b>	0.266 g à 167°	0.918g à 353°

Après la fin d'entretien de rotor, celui-ci est retournée pour terminer les procédures d'intervention au niveau de SP3

10. Pose du rotor.
11. Remontage des pièces déposées.
12. Préparation du joint plat.
13. Pose de la volute et serrage des écrous de volute.
14. Pose des garnitures mécanique, tuyauteries.
15. Alignement du GEP : Ci-joint le PV 01 d'alignement du GEP B



**Figure IV.22 : Le PV 01 d'alignement**

16. Essai d'étanchéité (test concluant).

#### IV.7.2.2. Démarrage du GEP B le 12/12/2020 à 16h00

1. Disjonction du groupe suite aux vibrations pompe coté butée.

VE-300B = 42.1 ( $\mu$ )

2. Faire tourner le mobile « pompe bloquée »

3. Dépose des tuyauteries.

4. Dépose des garnitures mécanique.

5. Dépose de la volute.

Constatation : **Grippage du rotor au niveau de la bague d'usure du troisième étage**  
(Figure IV.23)



**Figure IV. 23** : Grippage de la bague d'usure du troisième étage

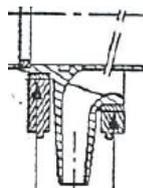
6. Changement de la bague d'usure du 3<sup>ème</sup> étage à l'atelier central

➤ Usinage de la bague d'usure du troisième étage à l'atelier central d'alésage

**A<sub>3ST</sub> = 200,05mm**



**Figure IV. 24** : La bague d'usure du troisième étage



	C		D		C		D		C		D		Theoretical Theorique	Theoretical Theorique	REPOR RELEVÉ	
	Measured Mesure	Theoretical Theorique	Theoretical Theorique													
BORE ALEPAGE									200,05	140,05	200,05	140,05	$\phi 140^{+0.063}_0$	$\phi 200^{+0.072}_0$		
SHAFT ARBRE									199,45	139,55	199,48	139,55	$\phi 139,5^{0}_{-0.05}$	$\phi 199,52^{0}_{-0.05}$		
Clearances Jeux									0,56	0,50	0,57	Jm	Jm	$\pm 0.513$ $\pm 0.400$	$\pm 0.602$ $\pm 0.480$	
BORE ALEPAGE									345HB	363 HB	345 HB	350HB	$\pm 30$	$\pm 30$		
SHAFT ARBRE									270 HB	240 HB	250 HB	250HB	$\pm 20$	$\pm 20$		
	stage etage		stage etage		stage etage		3 stage etage		2 stage etage		Standard,mpeller Roue standard					

Figure IV.25 : Fiche de jeu des bagues d'usure

7. Pose du rotor.
8. Pose du joint plat.
9. Pose de la volute.
10. Serrage des écrous de la volute.
11. Remontage des garnitures mécanique et des paliers.
12. Pose des tuyauteries.
13. Alignement du GEP Ci-joint le PV 02 d'alignement. (Figure IV.26).

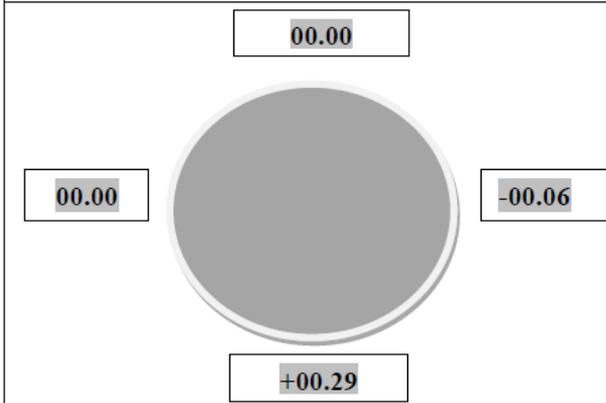
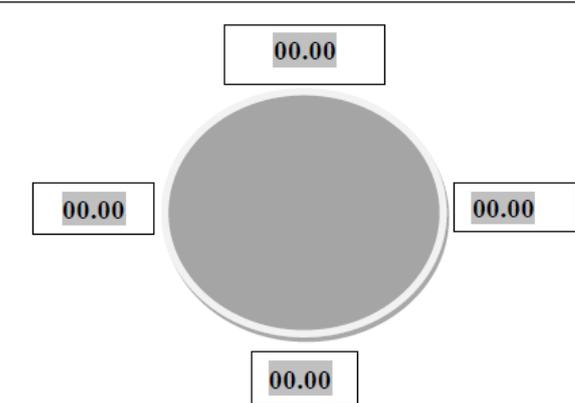
La concentricité	Le parallélisme
	

Figure IV.26 : Le PV 02 d'alignement

14. Mise en service du GEP [Essai Concluant

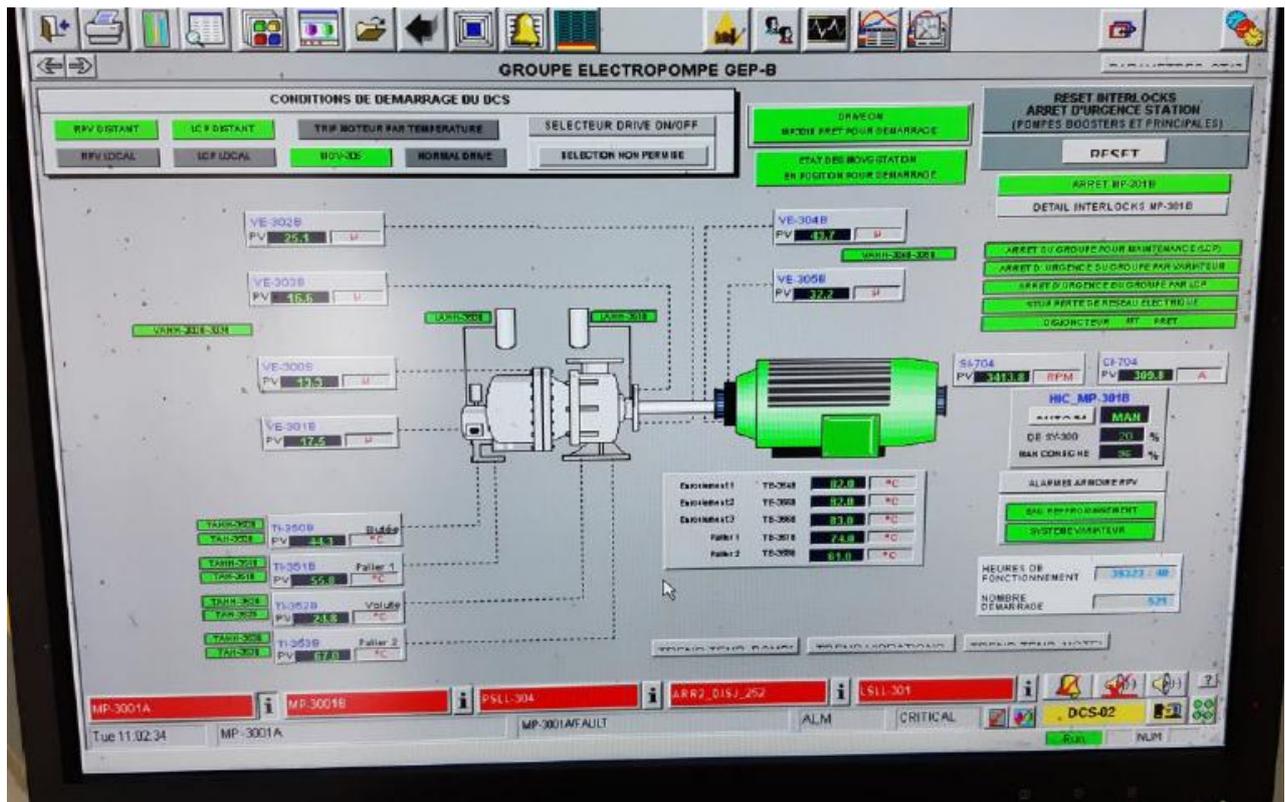


Figure IV. 27 : Paramètres du GEP B Après 45 min de marche

IV.8. Les propositions et les solutions de ce problème :

IV.8.1. La solution pour éviter le blocage :

La dureté est considérée comme étant la propriété mécanique majeure qui gouverne la résistance à l'usure. Le matériau le plus dur résiste mieux à l'usure abrasive.

Le développement de méthodes de choix de matériaux, associé à la diversité des problèmes d'endommagement en abrasion des cas réels, montre que la corrélation entre dureté et usure abrasive n'est pas simple.

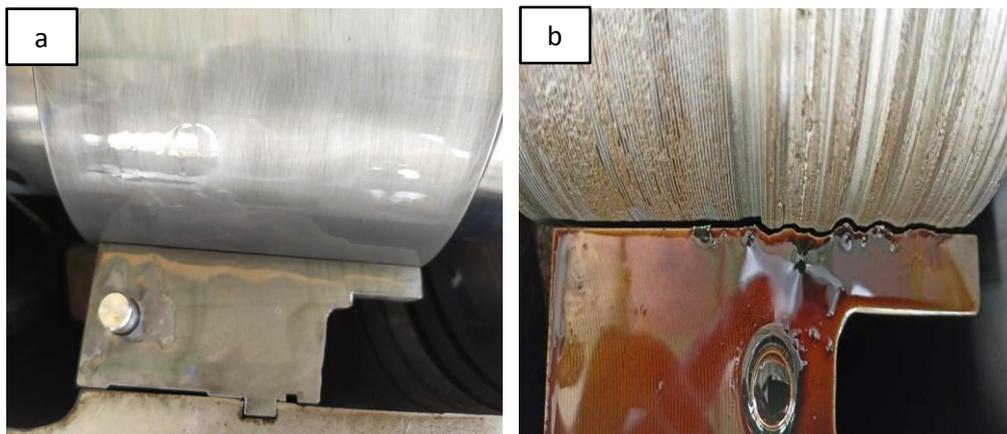
Dans le cas de cette pompe considérée il faut réduire la dureté des pièces d'usure pour éviter le blocage, La figure IV.28 montre l'usure du piston et de la douille sans grippages. Nous pensons que ceci est dû au fait que la dureté de ces pièces est inférieure à la dureté des pièces représentées à la figure IV.18, où il s'est produit grippage malgré la quantité d'usure dans les cas des figure IV.18 et IV.28 sont, respectivement,  $350 \pm 20$  HB et  $270 \pm 20$  HB.



**Figure IV.28 :** Usure abrasive du piston et douille d'équilibrage

## IV.8.2. Les solutions pour diminuer l'usure abrasive :

### IV.8.2.1. L'alignement correct de l'arbre :



**Figure IV.29 :** L'emplacement de la douille et du piston d'équilibrage

Le jeu entre le piston et la douille d'équilibrage n'est pas homogène sur la longueur de contact de deux pièces (figure 29-a). Une différence est remarquée de la quantité d'usure sur les surfaces de contact des deux pièces (figure 29-b).

Ce problème est sûrement dû à un alignement incorrect de l'arbre.

L'alignement de l'arbre de la pompe avec celui du moteur doit assurer en service la coïncidence des axes de rotation de ces deux arbres tournant dans leurs paliers

Cette réalisation sera facilitée si l'on tient compte des remarques suivantes :

#### a. Conception de l'installation :

Habituellement, l'installation est conçue de telle sorte que l'on puisse réaliser l'alignement des arbres en n'agissant que sur un seul appareil (généralement la machine la plus facile à déplacer).

Ce choix détermine l'axe pris comme référence. Une possibilité de calage en hauteur et de déplacement des éléments constituant est prévue dès la conception ou au montage.

Des vérins à vis bien adaptés peuvent remplacer le calage.

**b. Conditions de service :**

Les conditions de service sont souvent différentes des conditions de l'alignement. Un premier alignement est généralement réalisé à l'arrêt : les machines se trouvent à la température ambiante, et les boulons de fixation ne sont pas bloqués.

L'alignement réalisé sera corrigé pour tenir compte :

- Des températures atteintes en service pour chacune des machines et des dilatations consécutives,
- Un calage approprié compensant la différence évaluée des hauteurs d'axe de chaque machine sera réalisé.
- Des déformations entraînées par le blocage des boulons de fixation, les corrections à apporter seront limitées, si l'on adopte :
- Un petit nombre de cales: une ou deux (un empilage de cales est remplacé par une cale d'épaisseur équivalente),
- Des cales ayant une surface d'appui supérieure ou égale à la surface d'appui des semelles des machines),
- Un calage de part et d'autre des boulons et à proximité immédiate de ceux-ci.
- Des déformations entraînées par des liaisons mécaniques rigides (dilatation, retrait, déplacement).

Pour éliminer ou réduire ces déformations, il est prudent d'adopter dès la conception, des dispositions tendant à annuler des efforts et couples parasites :

- Soit en utilisant des organes de liaison acceptant les déformations,
- Soit en limitant l'effort: contrainte à froid s'annulant en service, ancrage absorbant l'effort.

En tout état de cause, les efforts et les couples résiduels ne doivent pas dépasser les limites fixées par le constructeur. Le contrôle d'alignement permet de s'en assurer. C'est la dernière opération à réaliser avant la mise en service.

Dans le cas des ensembles montés sur socle, le contrôle de l'alignement est réalisé successivement :

- Chez le constructeur avant le passage au banc d'essai
- Sur le site: après serrage du socle sur le massif en béton, après accouplement à la machine entraînée.

Il permet de vérifier :

- L'absence de détérioration pendant le transport,
- Le bon calage du socle sur le massif.

**c. Les opérations d'alignement :**

L'opération de Lignage comporte 4 phases :

- Mesure du défaut de parallélisme vertical et correction
- Mesure du défaut de concentricité verticale et correction
- Mesure du défaut de parallélisme horizontal et correction
- Mesure du défaut de concentricité horizontale et correction

**d. Principe :**

Mesure au comparateur, de l'amplitude des défauts entre les 2 tourteaux, en parallélisme ou en concentricité.

L'équerre ou le comparateur permettant la mesure doit être fixé sur l'un des 2 tourteaux. (Figure IV.31).

Les mesures sont effectuées en deux points diamétralement opposés de 180°.

Pour éviter des erreurs de lecture, il faut que les deux arbres puissent effectuer la même rotation de 180°.

Pour cela, il faut rendre les deux tourteaux solidaires par une broche avec jeu ; les rotations par demi-tour étant effectuées dans le même sens pour rattraper le jeu.

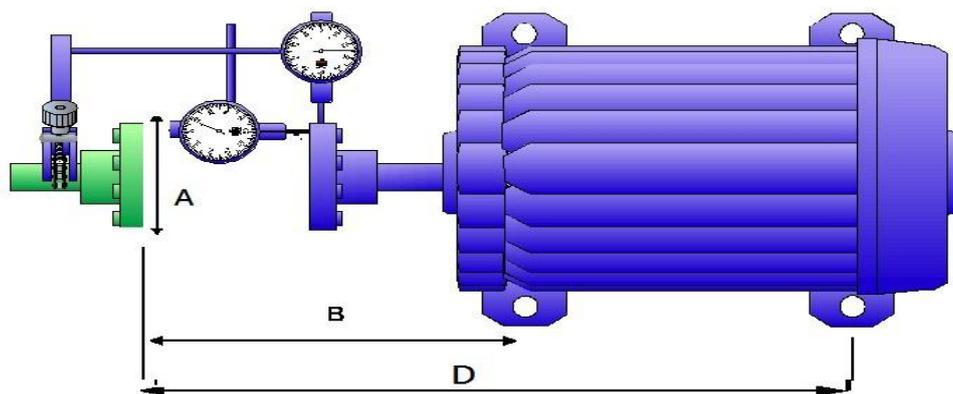


Figure IV.30 : Mise en place des comparateurs

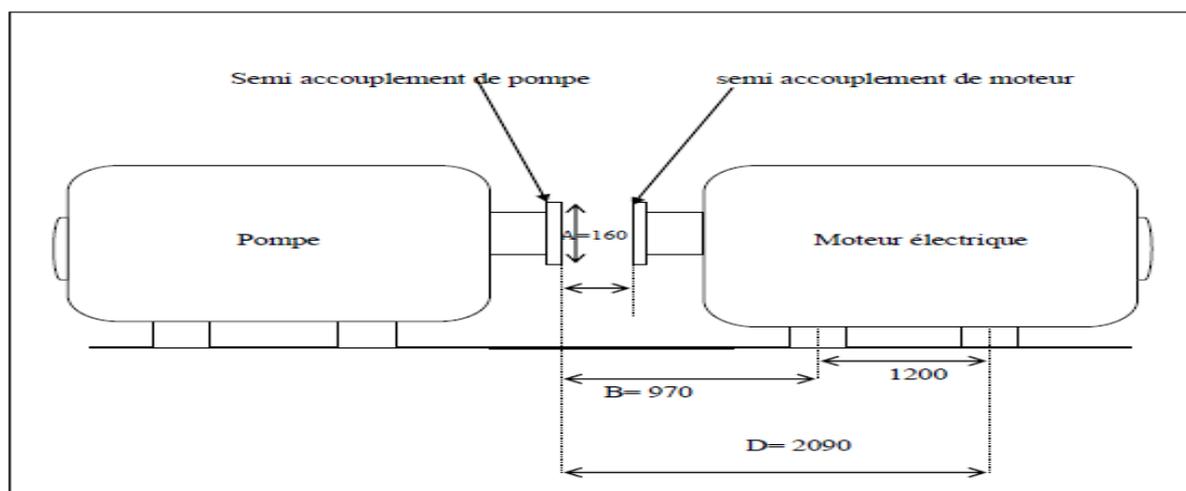


Figure IV.31 : Paramètres de lignage

**IV.8.2.2. Contrôle des vibrations et des paramètres de fluide à la sortie en fonctionnement :**

La maintenance optimale en fonctionnement a une importance vitale pour assurer une production permanente et augmenter la durée de vie de la pompe. Les différentes méthodes de surveillance sont : l'analyse d'huile, la mesure de température et le contrôle des vibrations.

**IV.9. Conclusion :**

L'application de la maintenance corrective est appliquée après le déclenchement d'une défaillance.

Dans certains cas la défaillance est accompagnée de dégradations énormes sur la pompe et peut se répercuter sur plusieurs de ses composants. L'utilisation dans ce cas de la maintenance systématique est indispensable mais n'est pas suffisante. Comme dans notre cas, l'usure des pièces internes qui conduit à des vibrations et à l'échauffement de la pompe, peut être la cause du grippage de celle-ci. Ce qui amène obligatoirement à l'arrêt de la pompe et à la détérioration de plusieurs pièces importantes.

## *Conclusion générale*

### Conclusion générale :

Durant cette étude, nous nous sommes intéressés aux problèmes de dégradation des équipements dans le domaine pétrolier. Les pompes centrifuges sont parmi les équipements les plus utilisés dans ce domaine. Elles sont sujettes à de nombreuses dégradations qui causent des pannes, nécessitant beaucoup de ressources (efforts, temps, moyens etc.) de maintenance et de réparation très coûteuses.

Il faut noter qu'un simple arrêt de quelques minutes a comme conséquence une perte importante de production.

Notre étude a été élaborée sur la pompe centrifuge DVMX 6.8.11 à Cinq étages en opération dans le site de SP3 M'sila. Cette étude a montré que la dégradation par abrasion des systèmes mécaniques est très endommageant, du fait qu'elle peut provoquer la panne de n'importe quel organe et par conséquent l'arrêt de la pompe.

L'usure abrasive des pièces interne affecte le fonctionnement de la pompe par :

- Un débit trop faible.
- Une Marche irrégulière de la pompe.
- Un Bruit anormal dû à l'augmentation des vibrations.
- Une augmentation de température du fluide à la sortie de la pompe.

Les solutions proposées dans ce but à travers ce stage, c'est envisager des solutions préventives pour diminuer l'usure abrasive et éviter le blocage.

Le diagnostic et la surveillance de la pompe en fonctionnement sont importants pour détecter les problèmes avant les dégâts.

Suite à notre étude on suggère que l'usure abrasive constatée sur le piston, la douille d'équilibrage et la bague d'usure du troisième étage peut être le résultat d'un désalignement de groupe électro pompe GEP.

L'analyse des défauts d'alignement des arbres et d'équilibrage de mobile revêt donc une grande importance durant la maintenance de la pompe.

## **Bibliographies :**

- [1] : Saouli Ramzi. Rapport de stage, ‘ description de la station SP2 Biskra’, 2017/2018
- [2] : M.Redouane Abdenoure. Révision générale de la pompe principale DVMX 6.8.11E-5 étages .Projet professionnel de fin formation, Institut Algérien du Pétrole Ecole de Boumerdes, Mai 2016.
- [3] : M.BOULIFA. Mémoire PGS «Optimisation de la ligne OB1 24' en tenant compte du déclassement des tronçons entre HEH et col-Selatna».
- [4] : Manuel Opérateur BEINTINI SP3.
- [5] : Document "Société de maintenance des équipements industriels".
- [6] : Archives de la station SP3 (2016).
- [7]: N.D. Sing purwalla. Reliability and risk : A Bayesian Perspective.Wiley, 2006.
- [8] : cours : Organisation de maintenance, BTS MS
- [9] : Omar DJEBILI. Thèse de doctorat «Contribution à la maintenance prédictive par analyse vibratoire des composants mécaniques tournants. Application aux butées à billes soumises à la fatigue de contact de roulement». École doctorale sciences technologie sante, 2013.
- [10] Estelle Deloux «Politiques de maintenance conditionnelle pour un système à dégradation continue soumis à un environnement stressant». Sciences de l'ingénieur [physiques]. Université de Nantes, 2008. Français.
- [11] : B. Castanier. «Modélisation stochastique et optimisation de la maintenance conditionnelle des systèmes à dégradation graduelle». PhD thesis, Université de Technologie de Troyes, 2002.
- [12] : Claudiu Constantin IONESCU. Thèse de doctorat «Caractérisation des mécanismes d'usure par tribocorrosion d'alliages modèles Ni - Cr». École centrale des arts et manufactures« école centrale paris », 2012.
- [13] : <http://www.surfatec.org/usure-et-degradation/>
- [14] : <https://www.blacksmid-industrie.com/rex/technique/expertise-technique-travaux-de-maintenance/grippage-des-talons-de-vis-dextrusion/>

[15] : Mme. SENHADJI Salima. Thèse de doctorat «Etude expérimentale du comportement au frottement et à l'usure en contact plan du laiton et du bronze en milieu lubrifié».Univ-Oran2 MBA ,2018

[16] : <https://expertisemetallurgique.wordpress.com/2016/10/24/combattre-les-differents-types-dusure-afin-datteindre-vos-objectifs/>

[17] : Ahmed Adjadj, Valérie de Dianous, Olivier Dolladille, Gaëtan Prud'homme, Mathieu Reimeringer. «Maîtrise du vieillissement des installations industrielles : comparaison des politiques en France et dans 4 pays étrangers. Maîtrise des Risques et de Sûreté de Fonctionnement». Lambda-Mu 17 Oct 2010, La Rochelle, France.

[18] : CHAIB R. Thèse de doctorat en sciences en mécanique «Contribution à l'optimisation de la maintenance conditionnelle par l'analyse vibratoire». Université de Constantine, 2009.

[19] : Cours de pompe et compresseur -I- FHC (TMP/07), INH - 2011.

[20] : LENCASTRE, Armando. Hydraulique générale. Paris : Eyrolles, 1999.P : 28.

[21] : <httpwww.wontu.fr> COURSCHAP-5\_POMPES

[22] : Cours machines volumétriques, Master en mécanique des unités et mécanique des chantiers pétrochimiques, INH – 2020.2021.

[23] : Formation TOTAL : MAINTENANCE MECANIQUE LES POMPES Manuel de formation EXP-MN-SE090-FR Dernière révision : 26/11/2008.

[24] : B. d. CHARGÈRES, Techniques de l'Ingénieur - Pompes volumétriques pour liquides.

[25] : ENSPM Formation Industrie - IFP Training (Risques et Précautions liés au Matériel-POMPES) 2005.

[26] : Cours de Turbomachine (Pompes) par Mlle A. BELLAHCENE, 2019.

[27] : JEAN POULAIN (pompes roto dynamique)

[28] : LENCASTRE, A. 1996 « hydraulique générale ». Ed. EYROLLES. Paris.

[29] : ADAMT. TRUSKOLANSKILES, TURBOPOMPES « Théorie- tracé –construction »,1977.

**[30]** : LIMAM Mansouria, BENHAMMAMI Nadia, «étude de comparaison énergétique d'un groupement de pompes à fluide incompressible : en série et en parallèles». Université de Mostaganem, 2019.

