



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد  
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة و الأمن الصناعي  
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de sécurité industrielle et environnement

## MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Génie industriel

Spécialité : Maintenance-Fiabilité-Qualité

### Thème

# Etude de maintenance et fiabilité des pompes centrifuges

Présenté et soutenu publiquement par :

**BEKRADDA Chaima      BENNACEUR Amina**

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
Bachir Boudjra Bachir	MCB	IMSI	Président
Titah Mawloud	MCB	IMSI	Encadreur
Talhi mama	MCA	IMSI	Examinateur

Année 2022/2023

## Abstract:

This thesis studied the reliability and maintenance of centrifugal pumps, focusing on the company TOP GLOVES. The objective was to analyze maintenance strategies, assess their effectiveness and propose improvements. Data analysis with Isograph Workbench 14.0 provided insight into failure patterns and recurring issues. Preventative maintenance has proven to be crucial in keeping the pumps running smoothly. Ongoing data collection and analysis was also highlighted as essential. Recommendations include implementing regular preventive maintenance programs and improving data collection and analysis processes. This thesis is a first step towards optimizing the maintenance of centrifugal pumps. Future research could explore advanced monitoring technologies and the application of artificial intelligence for predictive maintenance. The ultimate goal is to enhance the reliability and performance of centrifugal pumps in industry.

**Key words:** maintenance, reliability, centrifugal pump.

## Résumé:

Ce mémoire a étudié la fiabilité et la maintenance des pompes centrifuges, en se concentrant sur l'entreprise TOP GLOVES. L'objectif était d'analyser les stratégies de maintenance, d'évaluer leur efficacité et de proposer des améliorations. L'analyse des données avec Isographe Workbench 14.0 a permis de comprendre les schémas de défaillance et les problèmes récurrents. La maintenance préventive s'est avérée cruciale pour assurer le bon fonctionnement des pompes. La collecte continue de données et leur analyse ont également été soulignées comme essentielles. Les recommandations incluent la mise en place de programmes réguliers de maintenance préventive et l'amélioration des processus de collecte et d'analyse des données. Ce mémoire constitue une première étape vers une optimisation de la maintenance des pompes centrifuges. Des recherches futures pourraient explorer les technologies de surveillance avancées et l'application de l'intelligence artificielle pour une maintenance prédictive. L'objectif ultime est de renforcer la fiabilité et la performance des pompes centrifuges dans l'industrie.

**Mots clés:** maintenance, fiabilité, pompe centrifuge.

## ملخص :

درست هذه الرسالة موثوقية مضخات الطرد المركزي وصيانتها ، مع التركيز على شركة القفازات الطبية (TOP GLOVES). كان الهدف هو تحليل استراتيجيات الصيانة وتقييم فعاليتها واقتراح التحسينات. قدم تحليل البيانات باستخدام البرنامج (Isograph Workbench 14.0) نظرة ثاقبة لأنماط الفشل والمشكلات المتكررة. أثبتت الصيانة الوقائية أنها حاسمة في الحفاظ على عمل المضخات بسلاسة. كما تم تسليط الضوء على جمع البيانات وتحليلها على أنه أمر ضروري. تشمل التوصيات تنفيذ برامج الصيانة الوقائية المنتظمة وتحسين عمليات جمع البيانات وتحليلها. هذه الأطروحة هي الخطوة الأولى نحو تحسين صيانة مضخات الطرد المركزي. يمكن أن تستكشف الأبحاث المستقبلية تقنيات المراقبة المتقدمة وتطبيق الذكاء الاصطناعي للصيانة التنبؤية. الهدف النهائي هو تعزيز موثوقية وأداء مضخات الطرد المركزي في الصناعة.

**الكلمات المفتاحية :** الصيانة، الموثوقية، مضخات الطرد المركزي.

## **DEDICACE**

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

A mes amis pour leur appui et leur encouragement,

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien,

Merci d'être toujours là pour moi.

## **Remerciement**

Avant tout, je remercie "Allah " qui a aluminé mon chemin et qui m'a aidé et m'a donné le courage pour achever mes études. Nous présentons nos vifs remerciements à notre encadreur M. MAWLOUD TITAH pour sa patience, sa confiance, son encouragement.

Ensuite, je remercie le PDG de la Sarl top gloves latex industries qui m'a fait l'honneur de me recevoir dans l'entreprise ainsi que « l'équipe pédarogique » Mr MELLAT Med.

J'adresse également mes remerciements et mon respect à deux ingénieurs maintenances Mme Azzouzi Chérifa et Mr Younes Sofiane, en m'apportant un soutien moral et une attention confortables, ainsi qu'en m'efforçant de m'envoyer toutes les idées et informations.

# SOMMAIRE

Remerciement.....	02
Sommaire.....	03
Liste des figures.....	07
Liste des tableaux.....	10
Abréviation et notations.....	12
Introduction générale.....	13
CHAPITRE I : Généralités sue les pompes.....	15
I.1.Introduction.....	16
I.2. Définition.....	16
I.3. Classification des pompes.....	17
I.4. Pompe volumétrique.....	18
I.4.1. Les pompes alternatives.....	18
I.4.1.1. Pompe à piston.....	18
I.4.1.2. Pompe à membrane.....	20
I.4.1.3. Pompes à piston plongeur.....	20
I.4.2. Pompes rotatives.....	21
I.4.2.1. Pompes à engrenages.....	21
I.4.2.2. Pompes à vis.....	23
I.4.2.3. Pompes à palettes.....	24
I.4.3. Principe de fonctionnement.....	27
I.4.4. Les avantages et les inconvénients de la pompe volumétrique.....	28
I.5. roto-dynamique.....	28
I.5.1. Description.....	28
I.5.2. Fonctionnement des pompes centrifuges.....	29
I.5.3. Classification des pompes roto-dynamiques.....	30
I.5.3.1. Les pompes centrifuges.....	32
I.5.3.2. Les pompes hélico-centrifuge.....	33
I.5.3.3. Les pompes hélices.....	33
I.5.4. Situation comparée des pompes centrifuges, hélico-centrifuges et hélices.....	33

I.5.5. Avantages et inconvénients des pompes roto-dynamique.....	34
I.5.6. Utilisation.....	34
I.5.7. Paramètres de travail d'une pompe centrifuge.....	35
I.5.7.1. Débit.....	35
I.5.7.2. Cylindrée.....	35
I.5.7.3. Fréquence de rotation.....	35
I.5.7.4. Couple.....	35
I.5.7.5. Hauteur d'élévation créée par une pompe centrifuge.....	36
I.5.7.6. Pression.....	36
I.5.7.7. Variation de la hauteur d'élévation en fonction du débit.....	37
I.5.7.8. Comportement en service et points de travail de la pompe centrifuge.....	37
I.6. Le phénomène de cavitation dans les pompes.....	38
I.6.1. Description de cavitation.....	38
I.6.2. L'impact de la cavitation sur une pompe.....	39
I.6.3. Solutions apportées aux problèmes de cavitation.....	39
I.7. Conclusion.....	40
CHAPITRE II : Maintenance et fiabilité des pompes centrifuges.....	41
II.1. Générative sur la fiabilité.....	42
II.1.1 Introduction.....	42
II.1.2. Définition.....	42
II.1.3 Lois de la fiabilité.....	42
II.1.4 La méthode de calcul fiabilité.....	44
II.2. Générative sur la maintenance.....	45
II.2 .1. Introduction.....	45
II.2.2. Définition de la maintenance.....	45
II.2.3. La maintenance préventive.....	47
II.2.3.1. La maintenance préventive systématique.....	47
II.2.3.2. La maintenance préventive conditionnelle.....	48
II.2.3.3. La maintenance préventive prévisionnelle.....	48
II.2.4. But de la maintenance préventive.....	49
II.2.5. La maintenance corrective.....	49
II.2.5.1. Maintenance palliative.....	50

II.2.5.2. Maintenance curative.....	50
II.2.6. les niveaux de la maintenance.....	50
II.2.7. Les opérations de maintenance.....	51
II.2.7.1. Les opérations de maintenance préventive.....	51
II.2.7.2. Les opérations de maintenance corrective.....	52
II.2.8. la maintenance sur la pompe centrifuge.....	52
II.2.8.1. Maintenance prédictive.....	52
II.2.8.2. La maintenance préventive.....	52
II.2.8.3. La maintenance curative.....	53
II.2.8.4. Maintenance corps de pompe.....	53
II.2.8.4.1. Maintenance préventive.....	53
II.2.8.4.2. Outillage.....	53
II.2.8.4.3. Feuille de maintenance préventive (corps de pompe).....	54
II.2.8.5. Maintenance diffuseur.....	56
II.2.8.5.1. Feuille de maintenance préventive (diffuseur).....	57
II.2.8.6. Maintenance du rotor.....	58
II.2.8.6.1. Feuille de maintenance préventive (rotor).....	58
II.2.8.7. Maintenance des paliers hydrostatiques.....	60
II.2.8.7.1. Feuille de maintenance préventive (paliers hydrostatiques).....	61
II.2.8.8. Maintenance conduit basse pression.....	63
II.2.8.8.1. Feuille de maintenance préventive (conduit basse pression).....	64
II.2.8.9. Tuyauteries.....	66
II.2.8.9.1. Maintenance préventive.....	66
II.2.8.9.2. Outillage .....	66
II.2.8.9.3. Contrôler de fonctionnement des vannes.....	67
II.2.8.9.4. Feuille de maintenance préventive (tuyauteries).....	67
II.2.8.9.5. Feuille de relevé des pressions (tuyauteries) .....	69
II.2.8.10. Maintenance de pivot hydrostatique .....	70
II.2.8.10.1. Maintenance préventive .....	70
II.2.9. Les problèmes de la pompe centrifuge.....	71
II.2.9.1. Problème de pole de rotor.....	71
II.2.9.1.1. Les Pôles.....	71

II.2.9.1.2. Blocage des pôles - mode opératoire.....	71
II.2.10.Conclusion.....	73
CHAPITRE III : L'application de la maintenance et de la fiabilité des pompes centrifuges dans l'entreprise TOP GLOVE latex industries.....	74
III.1 Contexte et objectifs de l'étude.....	75
III-2- Présentation de l'entreprise TOP GLOVE Latex Industries.....	75
III.3. Etat des lieux de la maintenance des pompes centrifuges.....	75
III.3.1 Les différents types de pompes centrifuges.....	75
III.3.2 Les principaux modes de défaillance et causes de panne.....	77
III.3.3 Les stratégies de maintenance préventive et corrective.....	78
III.4 Définition Etude de fiabilité.....	78
III.5 Indicateurs de fiabilité ( $\lambda$ ) et (MTBF).....	78
III.6. Temps moyen de bon fonctionnement (MTBF).....	78
III.7. La courbe en baignoire.....	78
III.8. Lois de probabilité utilisée en fiabilité.....	79
III.9 Modèle de WEIBULL.....	80
III.9.1. Domaine d'application.....	80
III.9.2. Etude paramétrique du modèle de WEIBULL.....	80
III.9.3. Expressions mathématiques.....	80
III.9.4. Méthode d'application.....	80
III.10.Maintenabilité.....	81
III.11. Disponibilité.....	81
III.12.Recensement et évaluation des pannes des groupes motopompes.....	82
III.12.1. Nombres des pannes des groupes motopompes au cours de l'année 2022 .....	82
III.13. Journal de maintenance des pompes pendant cinq mois pour usine TOP GLOVE.....	84
III.14-Discussion des résultats.....	89
III.15.Détermination des paramètres de la loi de WEIBULL.....	90
III.16.Conclusion .....	92
Conclusion générale .....	93
Bibliographique.....	95
Annexe.....	97



## Liste des figures

Chapitre I :

Figure I-1 : Montage d'une pompe en aspiration et en charge

Figure I-2 : Classification des pompes

Figure I-3 : Pompe à piston

Figure I-4- : Pompe à piston simple effet

Figure I-5 : Pompe à piston double effet

Figure I-6: Pompe à membrane

Figure I-7 : Pompe à piston plongeur

Figure I-8 : Fonctionnement Pompes volumétriques alternatives

Figure I-9 : Pompes à engrenages extérieurs

Figure I-10 : Pompes à engrenages intérieurs

Figure I-11 : Pompe à vis

Figure I-12 : Pompes à palettes libres.

Figure I-13 : Pompes à palettes flexibles

Figure I-14 : Pompes à palettes guidées

Figure I-15 : Pompes à lobes

Figure I-16 : Diagramme p.v pour représenter le processus de pompage

Figure I-17 : Pompe centrifuge

Figure I-18 : Représentation des domaines respectifs des trois types de pompes roto-dynamiques.

Figure I-19 : Domaines d'utilisations industrielles roto-dynamiques.

Figure I-20 : Pompe centrifuge monocellulaire en Pompe multicellulaire

Figure I-21 : porte à faux

Figure I-22 : Roues mobiles de machines centrifuge, hélico centrifuge et axiale

Figure I-23 : domaine d'utilisation des pompes

Figure I-24 : Représentation d'une pompe centrifuge à écoulement radial

Figure I-25 : Représentation d'une pompe hélico-centrifuge à écoulement diagonal

Figure I-26 : Représentation d'une pompe axiale à écoulement axial

Figure I-27 : Courbe caractéristique hauteur d'élévation fonction du débit volume

Figure I-28 : Comportement en service et points de travail de la pompe centrifuge

Figure I-29 : Roues des pompes centrifuges cavités

Figure I-30 : les dégâts subis par une pompe

Chapitre II :

Figure II-1 : Types de maintenance

Figure II-2 : Cycle de maintenance préventive systématique

Figure II-3 : Schématisation de la maintenance préventive conditionnelle

Figure II-4 : Schématisation de la maintenance préventive prévisionnelle

Figure II-5 : Schématisation de la maintenance corrective

Figure II-6 : Pole de rotor

Figure II-7 : Ensemble Pôles bobinés

Figure II-9 : Ensemble Pôles bobinés pompe bêche à eau

Chapitre III :

Figure III-1: pompe bêche à eau

Figure III-2 : pompe de recyclage

Figure III-3 : pompe de coagulant

Figure III-4 : Courbe en baignoire

Figure III-5 : courbe graphique de TBF & TTR

Figure III-6 : cercle relatif de TBF & TTR

Figure III-7 : Répartition des disciplines /interventions (aout)

Figure III-8 : Répartition/types d'interventions (aout)

Figure III-9 : Types d'interventions (aout)

Figure III-10 : Nombre de panne par discipline (aout)

Figure III-11 : Répartition des disciplines /interventions (Septembre)

Figure III-12 : Répartition/types d'interventions (Septembre)

Figure III-13 : Types d'interventions (Septembre)

Figure III-14 : Nombre de panne par discipline (Septembre)

Figure III-15 : Répartition des disciplines /interventions(Octobre)

Figure III-16 : Répartition/types d'interventions (Octobre)

Figure III-17 : Types d'interventions (Octobre)

Figure III-18 : Nombre de panne par discipline (Octobre)

Figure III-19 : Répartition des disciplines /interventions (Novembre)

Figure III-20 : Répartition/types d'interventions(Novembre)

Figure III-21 : Types d'interventions (Novembre)

Figure III-22 : Nombre de panne par discipline (Novembre)

Figure III-23 : Répartition des disciplines /interventions (décembre)

Figure III-24 : Répartition/types d'interventions (décembre)

Figure III-25 : Types d'interventions (décembre)

Figure III-26 : Nombre de panne par discipline (décembre)

Figure III-27 : l'acquisition des données TBF des groupes motopompes dans Isographi Workbench

Figure III-28 : Fonction de défaillance WEIBULL des groupes motopompes

Figure III-29 : Taux de défaillance des pompes centrifuges

Figure III-30 : densité de probabilité de la loi de WEIBULL

## Liste des tableaux

Chapitre I :

Tableau I-1 : Les avantages et les inconvénients des pompes engrenages extérieure

Tableau I-2 : Les avantages et les inconvénients des pompes à engrenages intérieur.

Tableau I-3 : Les avantages et les inconvénients des pompes à vis.

Tableau I-4 : Les avantages et les inconvénients des pompes à palettes libres

Tableau I-5 : Les avantages et les inconvénients des pompes à palettes flexibles.

Tableau I-6 : Les avantages et les inconvénients des pompes à palettes guidées.

Tableau I-7 : Les avantages et les inconvénients des pompes à lobes.

Tableau I-8 : des avantages et des inconvénients des pompes volumétrique

Tableau I-9 : Tableau de Les avantages et les inconvénients des pompes roto-dynamiques

Chapitre II :

Tableau II-1 : Niveaux de maintenance

Tableau II-2 : les actions d'inspection et de maintenance corps de pompe

Tableau II-3 : Corps de la pompe – contrôle visuel

Tableau II-4 : corps de pompe-inspection

Tableau II-5 : les actions d'inspection et de la maintenance (diffuseur)

Tableau II-6 : contrôle visuel de diffuseur

Tableau II-7 : Précontrainte résiduelle (diffuseur)

Tableau II-8 : des actions d'inspection et de maintenance (rotor)

Tableau II-9 : d'inspection (rotor)

Tableau II-10 : Précontrainte résiduelle (rotor)

Tableau II-11 : d'inspection et de maintenance (paliers hydrostatiques)

Tableau II-12 : contrôle visuel –paliers hydrostatiques

Tableau II-13 : contrôle de jeu – paliers hydrostatiques

Tableau II-14 : paliers hydrostatiques –précontrainte

Tableau II-15 : D'actions inspection et maintenance (conduit basse pression)

Tableau II.16 : contrôle visuel –conduit basse pression

Tableau II.17 : inspection – conduit basse pression

Tableau II-18 : précontrainte –conduit basse pression-

Tableau II-19 : action d'inspection tuyauteries

Tableau II-20 : tuyauteries (contrôle des vannes)

Tableau II-21 : tuyauteries

Tableau II-22 : Feuille de relevé des pressions (tuyauteries)

Chapitre III :

Tableau III-1 : les modes de défaillance et causes de panne

Tableau III-2 : TTR&TBF des toutes les pompe centrifuges

## Abréviations et notations

<b>Symbole</b>	<b>Description</b>
<b>TBF</b>	<b>Temps de bon fonctionnement</b>
<b>MTBF</b>	<b>Temps moyen de bon fonctionnement</b>
<b>TTR</b>	<b>Temps de réparation</b>
<b><math>\eta</math></b>	<b>Paramètre d'échelle</b>
<b>B</b>	<b>Paramètre de forme</b>
<b><math>\gamma</math></b>	<b>Le paramètre de position</b>
<b>t</b>	<b>Le temps</b>
<b>R(t)</b>	<b>Fiabilité</b>

# Introduction générale

Les pompes centrifuges sont des équipements essentiels dans de nombreux secteurs industriels, tels que le pétrole, la chimie, l'eau et l'énergie. Leur bon fonctionnement est crucial pour assurer le débit de liquides et maintenir la continuité des opérations. Cependant, la maintenance des pompes centrifuges pose souvent des défis majeurs, tant sur le plan technique que sur le plan économique.

La problématique majeure dans la maintenance des pompes centrifuges réside dans la nécessité de maintenir un équilibre entre les coûts de maintenance et la disponibilité opérationnelle. D'une part, une maintenance préventive adéquate est nécessaire pour prévenir les défaillances et optimiser la durée de vie des pompes. D'autre part, les coûts associés à la maintenance peuvent représenter une part importante du budget d'une entreprise. Il est donc crucial d'adopter des approches efficaces de maintenance et de fiabilité pour minimiser les coûts tout en assurant la performance et la fiabilité des pompes centrifuges.

L'objectif de ce mémoire est d'étudier la maintenance et la fiabilité des pompes centrifuges, en mettant l'accent sur l'entreprise TOP GLOVES. L'objectif global est d'analyser les stratégies de maintenance actuelles, d'évaluer leur efficacité et de proposer des améliorations pour optimiser la fiabilité et la disponibilité des pompes centrifuges.

Dans ce mémoire, nous commencerons par présenter les bases théoriques des pompes centrifuges dans le chapitre 1. Nous explorerons leur fonctionnement, leur classification et les principales caractéristiques qui influencent leur performance et leur maintenance.

Le chapitre 2 fournira une vue d'ensemble des concepts de maintenance et de fiabilité. Nous aborderons les différentes approches de maintenance, telles que la maintenance préventive, la maintenance prédictive et la maintenance corrective. Nous discuterons également des outils et des techniques utilisés pour évaluer la fiabilité des équipements, y compris les calculateurs de fiabilité et les indicateurs clés tels que le temps moyen entre pannes (MTBF) et le temps moyen de réparation (TTR).

Le chapitre 3 sera consacré à l'étude de la fiabilité et de la maintenance des pompes centrifuges de l'entreprise TOP GLOVES. Nous analyserons les données de maintenance existantes, les taux de défaillance, les causes principales de défaillance et les actions de maintenance entreprises. Nous évaluerons également les coûts associés à la maintenance et

proposerons des recommandations pour améliorer l'efficacité et l'efficience des activités de maintenance.

Enfin, nous concluons ce mémoire en résumant les principales conclusions, en soulignant les contributions de cette étude à l'amélioration de la maintenance et de la fiabilité des pompes centrifuges, et en suggérant des pistes pour des travaux futurs.



# **CHAPITRE I :**

## **Généralités sur les pompes centrifuge**

### I.1.Introduction :

Les pompes sont des machines servant à élever les liquides ou les mélanges de liquides d'un niveau inférieur à un niveau supérieur, ou refouler les liquides d'une région à faible pression vers une région à haute pression. (Figure I.1)

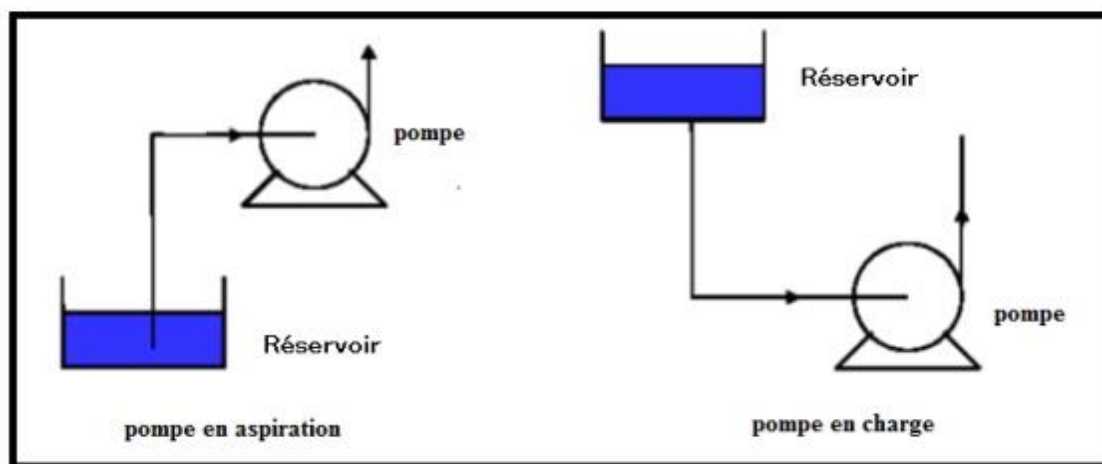


Figure I.1: Montage d'une pompe en aspiration et en charge

Le fonctionnement d'une pompe consiste à produire une différence de pression entre la région d'aspiration et la région de refoulement au moyen de l'organe actif (piston, roue,...etc.) de la pompe. Du point de vue physique, la pompe transforme l'énergie mécanique de son moteur d'entraînement en énergie hydraulique.

### I.2. Définition de la pompe :

Nous appelons pompes les machines servant à élever les liquides ou les mélanges d'un liquide au niveau inférieur à un niveau supérieur, ou à refouler les liquides d'une région à faible pression vers une région à haute pression ; le fonctionnement d'une pompe consiste à produire une différence de pression entre la région d'aspiration (d'entrée du liquide) et la région de refoulement (de sortie du liquide) de l'organe actif (piston. Roue) de la pompe.

La différence essentielle entre les pompes et les autres élévateurs (véhicules) de liquides (par exemple les appareils à jet) est que les pompes sont pourvues d'un organe actif qui sépare la région d'aspiration de la région de refoulement.

Les pompes transmettent aux liquides qu'elles véhiculent l'énergie mécanique provenant d'une source d'énergie extérieure quelconque ; à l'intérieur de la pompe se produit donc un accroissement d'énergie du liquide. [1]

### I.3. Classification des pompes :

Pour répondre à toutes les applications industrielles, plusieurs types de pompes ont été mis au point.

On regroupe toutes ces pompes sous deux grandes familles :

- Les pompes hydrauliques volumétriques
- Les pompes hydrauliques non volumétriques (roto-dynamique). (Figure I.2)

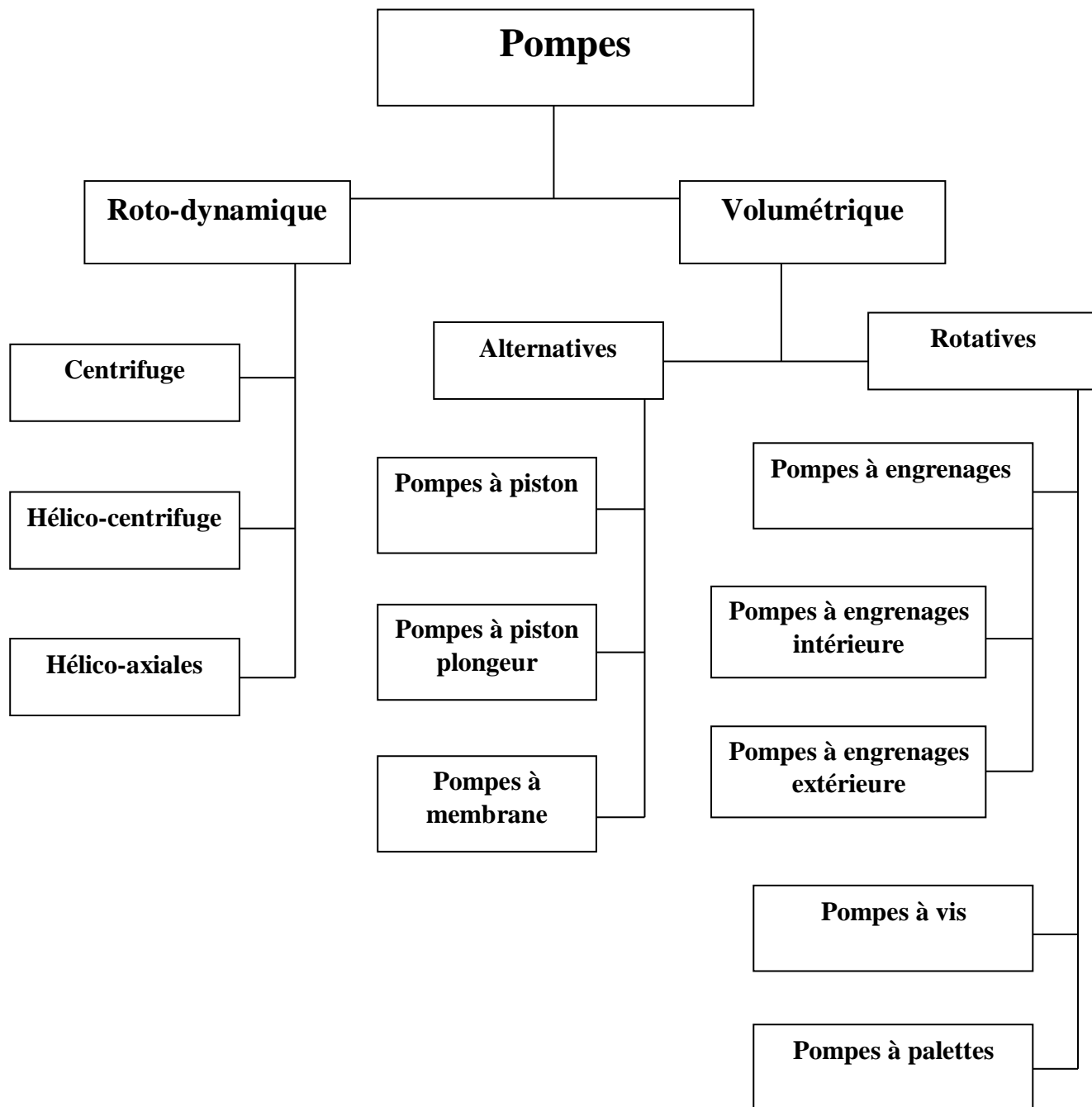


Figure I-2 : Classification des pompes

#### I.4. Pompe volumétrique :

Le déplacement du fluide est dû aux transports d'un volume  $V_0$  à chaque rotation.

Les pompes volumétriques ou à capacité variable sont des pompes dans lesquels l'écoulement du fluide résulte de la variation d'une capacité occupée par le fluide.

On distingue deux grands types de pompes volumétriques :

- Les pompes alternatives
- Les pompes rotatives [2]

##### I.4.1. Les pompes alternatives :

Ces pompes sont caractérisées par le fait que la pièce mobile est animée d'un mouvement alternatif. Les principaux types des pompes alternatives sont :

- Pompe à piston
- Pompe à membrane piston plongeur
- Pompe à piston plongeur [2]

##### I.4.1.1. Pompe à piston :

Les pompes à piston constituent l'un des plus anciens types de pompes et demeurent parmi les plus répandues. Comme son nom l'indique la pompe à piston utilise les variations de volumes occasionnées par le déplacement d'un piston dans un cylindre. Ces machines ont donc un fonctionnement alternatif et nécessite un jeu de soupapes ou des clapets pour obtenir tantôt l'aspiration dans le cylindre tantôt son refoulement. (Figure I.3) [3]

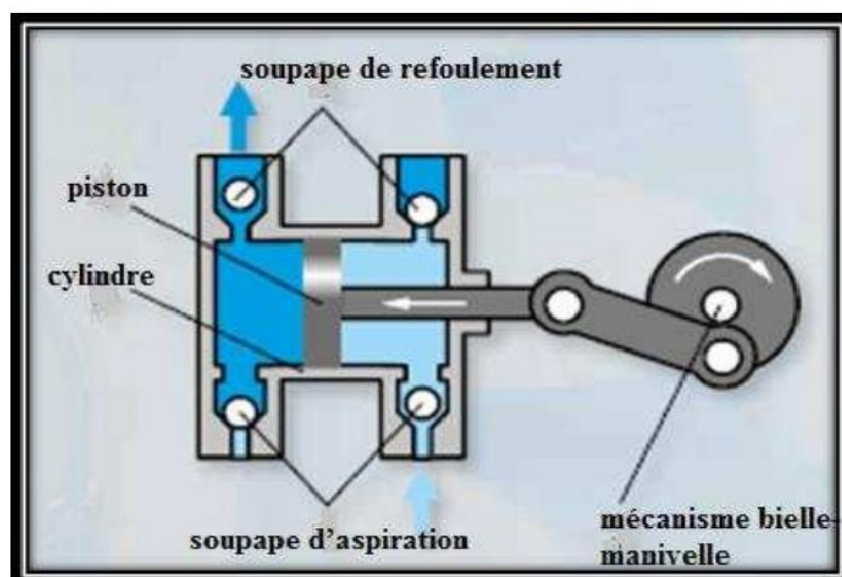


Figure I-3 : Pompe à piston [7]

Il existe différents types de pompes à piston :

- Pompes à piston simple effet
- Pompes à piston double effet

#### I.4.1.1.1. Pompe simple effet :

Le refoulement et l'aspiration n'a lieu que pour un sens de déplacement du piston (Figure I.4)

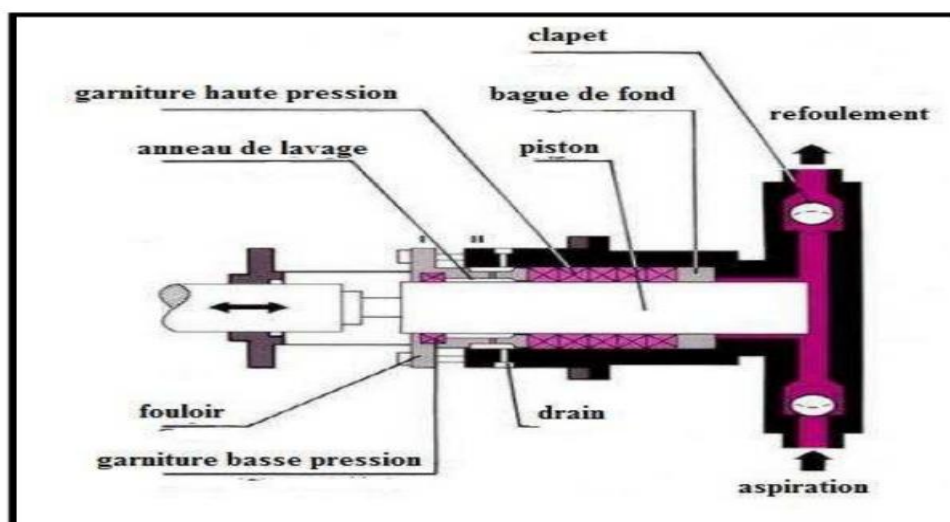


Figure I-4 : Pompe à piston simple effet [4]

#### I.4.1.1.2. Pompes double effet :

Le pompage s'effectue des deux côtés du piston et le piston est actif dans les deux phases, celles-ci étant à la fois phase d'aspiration et phase de refoulement. Cela permet un débit deux fois plus important et une régularité plus grande dans le débit. (Figure I.5) [2]

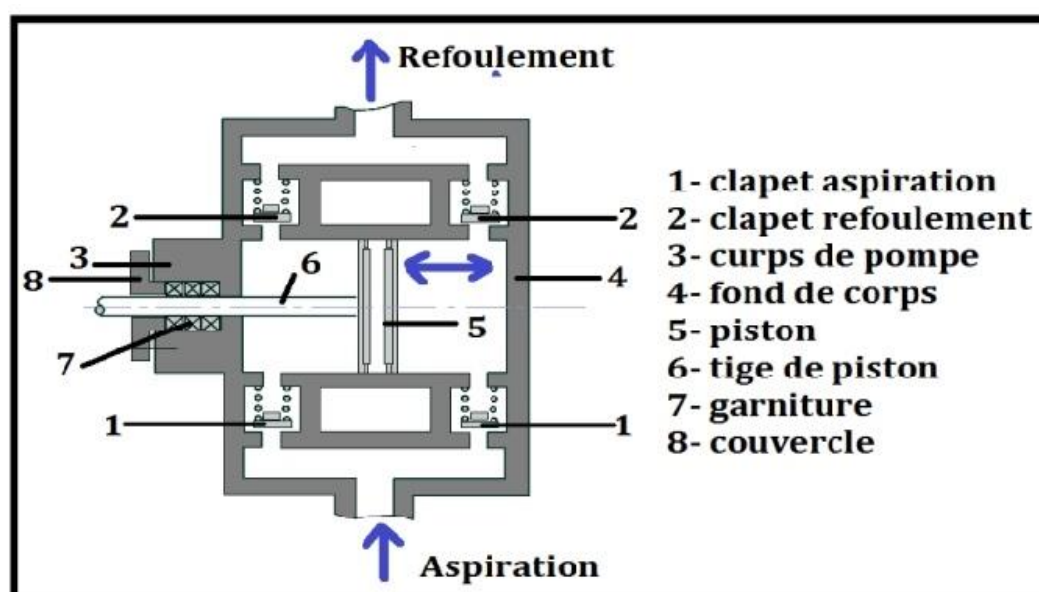


Figure I-5 : Pompe à piston double effet [2]

### I.4.1.2. Pompe à membrane :

Le fluide n'entre pas en contact avec les éléments mobiles de la machine. Ces pompes sont donc bien adaptées au pompage des liquides corrosifs ou/et chargés de particules solides. (Figure I.6)

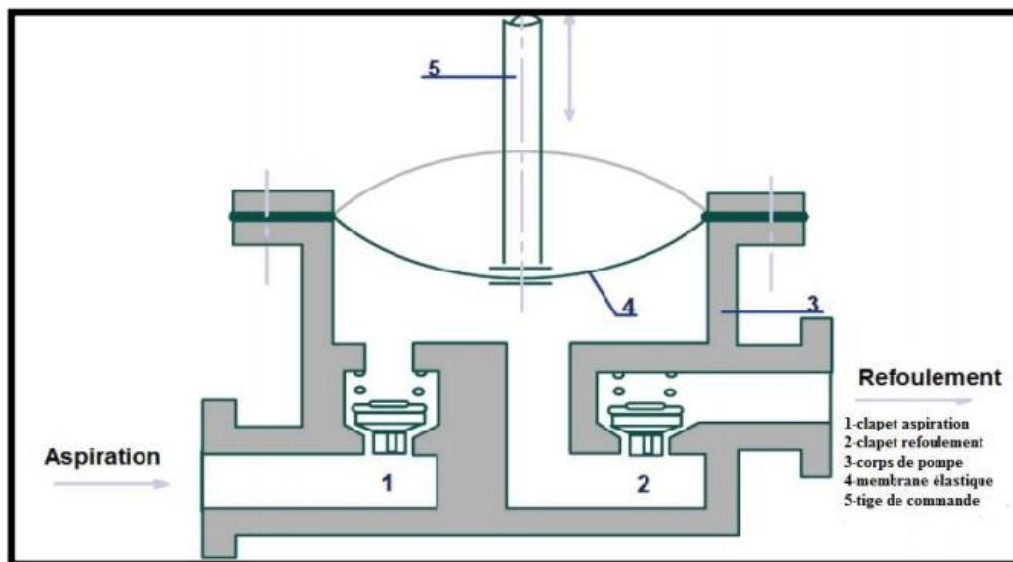


Figure I-6 : Pompe à membrane [2]

### I.4.1.3. Pompes à piston plongeur :

Cette machine est un compromis entre la pompe à piston et la pompe à membrane. Le fluide n'est pas isolé du piston, mais les frottements de celui-ci sont faibles car limités au niveau du presse-étoupe qui assure l'étanchéité. Ces pompes sont adaptées à la production de hautes pressions. (Figure I.7) [3]

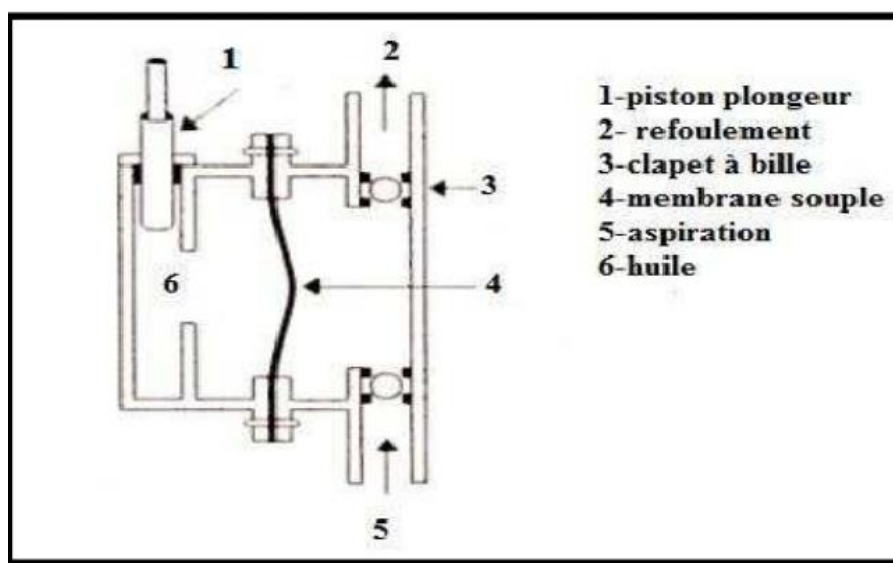


Figure I-7 : Pompe à piston plongeur

### I.4.2.Pompes rotatives :

Ces pompes sont constituées par une pièce mobile animée d'un mouvement de rotation autour d'un axe, qui tourne dans le corps de pompe et crée le mouvement du liquide pompé par déplacement d'un volume depuis l'aspiration jusqu'au refoulement. (Figure I.8) [6]

Les principaux types des pompes rotatives sont :

- pompes à engrenage.
- pompes à vis.
- pompes à lobes.
- pompes à palettes ...etc.

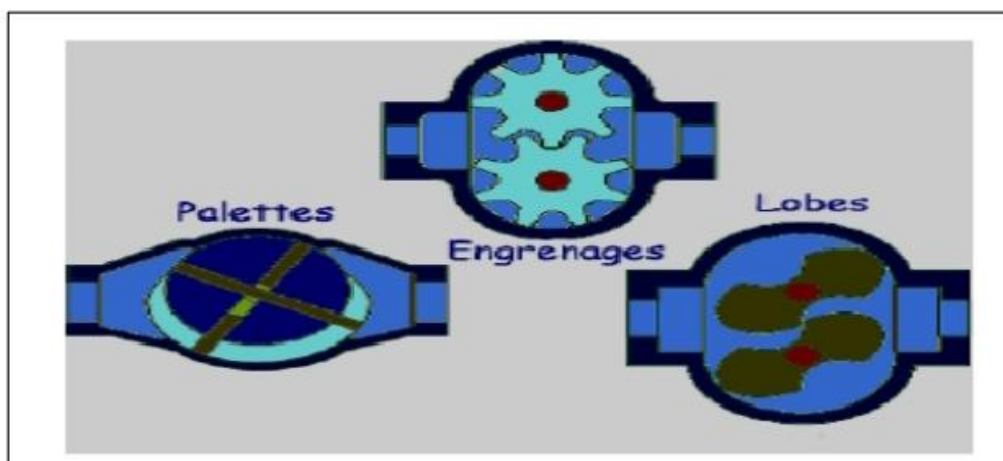


Figure I.8 : Fonctionnement Pompes volumétriques alternatives. [6]

#### I.4.2.1.Pompes à engrenages :

Dans un corps de pompe de profil approprié et portant des orifices d'aspiration (Asp.) et de refoulement (Réf.) tournent deux engrenages dont les dents entraînent le liquide entre creux de dents et corps de pompe. [6]

Il existe deux types des pompes à engrenages :

- Pompes à engrenages extérieure
- Pompes à engrenages intérieure

##### I.4.2.1.1.Pompes à engrenages extérieure :

Ce type de pompe comporte un grand nombre de variantes qui diffèrent entre elles soit par la disposition, soit par la forme des engrenages. (Figure I.9) [5]

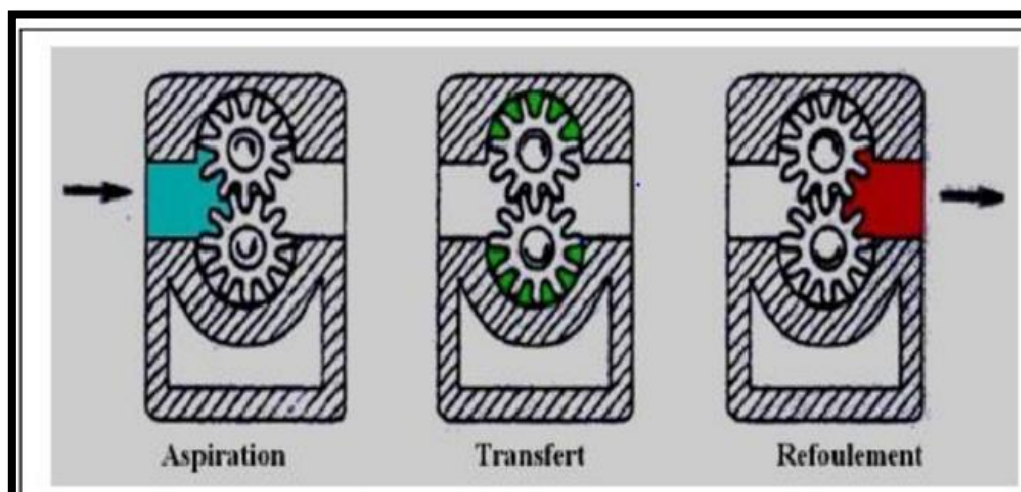


Figure I.9:Pompes à engrenages extérieurs. [6]

Les avantages	Les inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le débit est régulier.</li> <li>- La pompe est réversible.</li> <li>- La pompe à engrenages à chevrons permet de rendre le mouvement plus uniforme.</li> <li>- Pas de clapets nécessaires.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les pièces d'usure sont nombreuses (coussinets, 2 ou 4 boîtiers d'étanchéité, etc.)</li> <li>- Elles n'admettent pas le passage de particules solides sous peine de destruction totale du mécanisme.</li> <li>- Elles supportent mal les produits abrasifs qui ont pour effet d'accélérer l'usure mécanique des pignons et de diminuer l'étanchéité entre le corps de pompe et les dents</li> </ul>

Tableau 1.1 : Les avantages et les inconvénients des pompes engrenages extérieure

#### I.4.2.1.2.Pompes à engrenages intérieures :

Le principe général consiste à placer un des engrenages à l'intérieur de l'autre. Cette disposition nécessite l'utilisation d'une pièce supplémentaire en forme de croissant qui permet l'étanchéité entre les deux trains d'engrenages. (Figure I.10) [5]



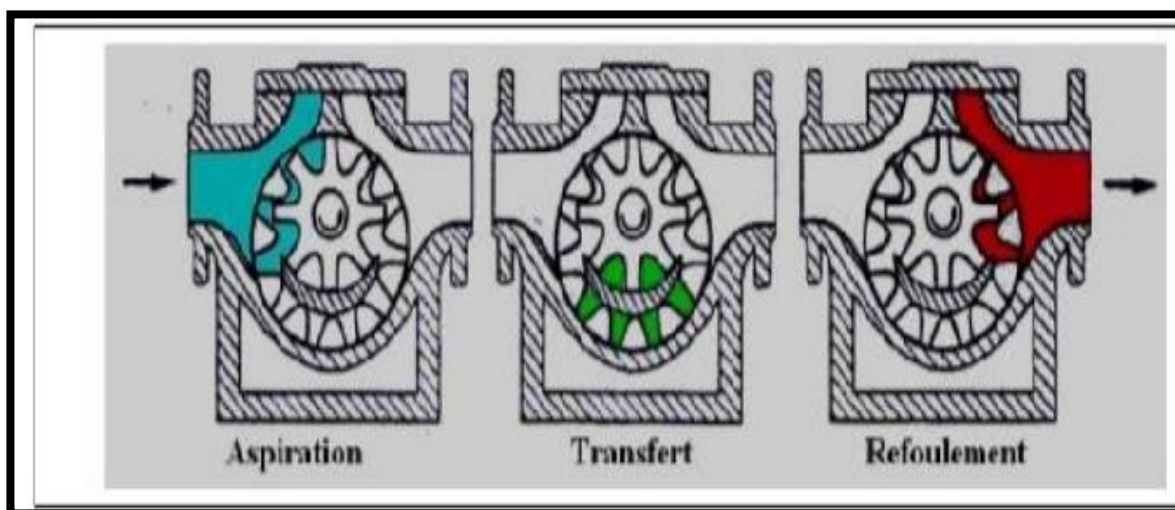


Figure I.10: Pompes à engrenages intérieurs [6]

Les avantages	Les inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le débit est régulier.</li> <li>- La pompe est réversible.</li> <li>- Un seul boîtier d'étanchéité est nécessaire.</li> <li>- Bas <i>NPSH</i> requis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pouvoir d'aspiration faible.</li> <li>- Elles n'admettent pas le passage de particules solides sous peine de destruction totale du mécanisme.</li> <li>- Le porte-à-faux peut créer une surcharge sur l'arbre</li> </ul>

Tableau I.2 .Les avantages et les inconvénients des pompes à engrenages intérieur. [6]

#### I.4.2.2. Pompes à vis :

Elles sont formées de deux ou trois vis suivant les modèles. Dans le cas d'une pompe à trois vis, la vis centrale seule est motrice, les deux autres sont entraînées par la première. Dans le cas d'une pompe à deux vis, celles-ci sont souvent toutes deux entraînées par un jeu de pignons extérieurs. Ces pompes peuvent tourner vite (3 000 tr/min). (Figure I.11) [5]

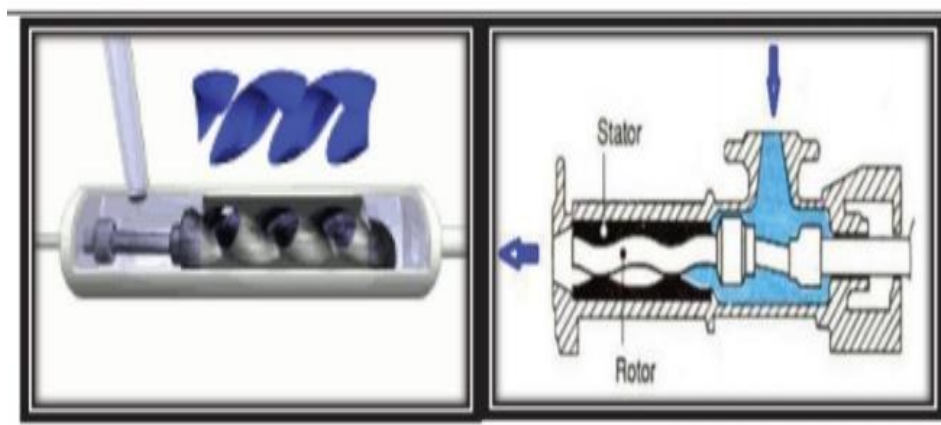


Figure I.11: Pompe à vis

Les avantages	Les inconvénients
- Le débit est régulier. - La pompe est réversible. - La pompe est silencieuse.	- Elles n'admettent pas le passage de particules solides, sous peine de destruction totale du mécanisme.

Tableau I.3. Les avantages et les inconvénients des pompes à vis. [6]

### I.4.2.3. Pompes à palettes :

Une pompe à palettes est une pompe rotative dont le rotor est muni de plusieurs lames (les palettes) qui coulisent radialement et assurent le transfert du fluide pompé.

Il existe trois types des pompes à palettes :

- Pompes à palettes libre.
- Pompes à palettes flexibles.
- Pompes à palettes guidées.

#### I.4.2.3.1. Pompes à palettes libre :

Un corps cylindrique fixe communique avec les orifices d'aspiration et de refoulement. A l'intérieur se trouve un cylindre plein, le rotor, tangent intérieurement au corps de la pompe et dont l'axe est excentré par rapport à celui du corps. (Figure I.12)

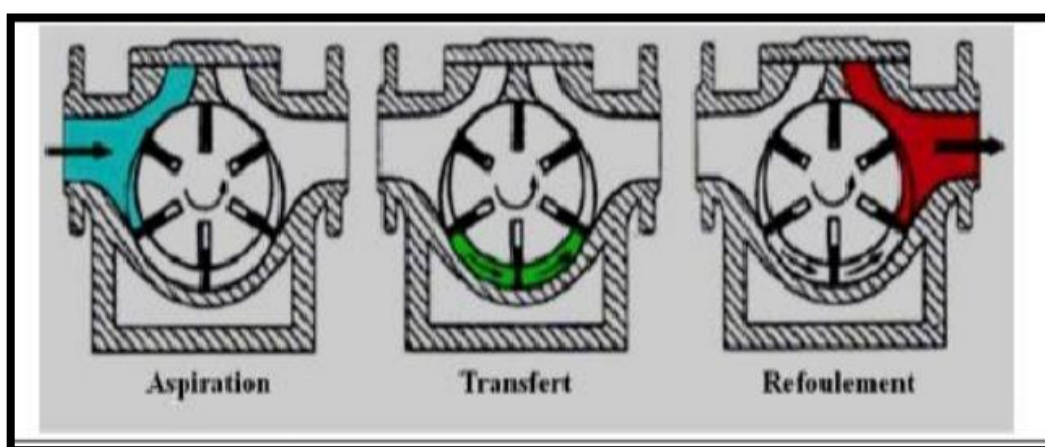


Figure I.12: Pompes à palettes libres. [6]

Les avantages	Les inconvénients
- Il n'y a ni brassage, ni laminage, ni émulsion nage du liquide pompé. - Le débit est régulier. - La pompe est réversible	Les palettes usent le corps par frottements. - Le pompage des fluides visqueux est Difficile

Tableau I.4.: Les avantages et les inconvénients des pompes à palettes libres

### I.4.2.3.2. Pompes à palettes flexibles :

L'ensemble rotor-palettes est en élastomère. Il entraîne le liquide jusqu'au refoulement où les palettes sont fléchies par la plaque de compression et permettent l'expulsion du liquide. (Figure I.13) [6]



Figure I.13: Pompes à palettes flexibles. [5]

Les avantages	Les inconvénients
<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>- Pompe réversible. Débit régulier.</li> <li>Silencieuse.</li> <li>- Étanchéité par garniture mécanique.</li> <li>- 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 impulsé.</li> </ul>

Tableau I.5: Les avantages et les inconvénients des pompes à palettes flexibles.

### I.4.2.3.3 Pompes à palettes guidées :

Le principe est le suivant : un corps conchoïdal dans lequel tourne un tambour excentré, qui entraîne des palettes guidées. La tranche de la palette frôle le corps sans le toucher. (Figure I.14)

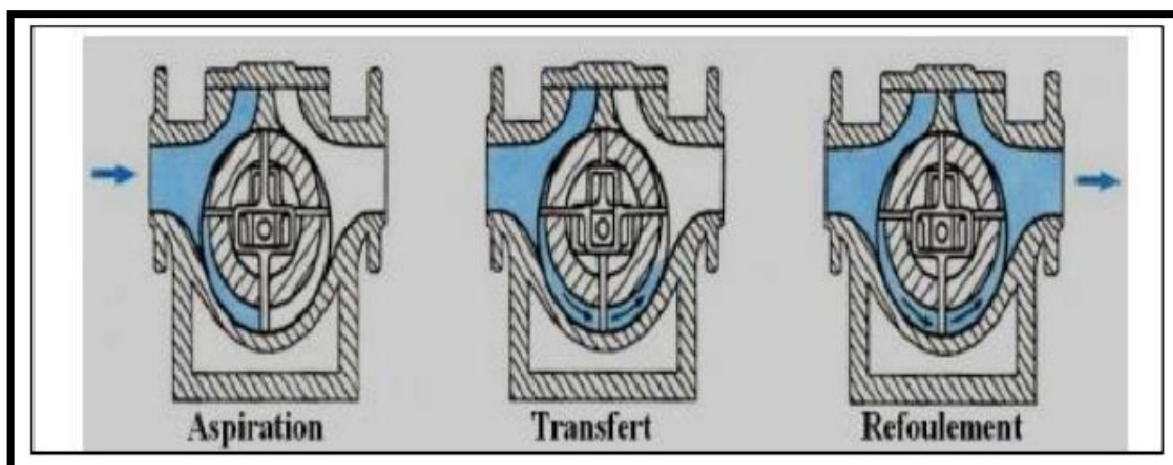


Figure I.14: Pompes à palettes guidées

Les avantages	Les inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas de brassage ni de laminage ni d'émulsion. - Pas d'usure des palettes car pas de contact : pompe réversible. Un seul boîtier d'étanchéité.</li> <li>- Possibilité d'une enveloppe de réchauffage.</li> <li>- Fort pouvoir d'aspiration</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fuites internes avec produits très liquides.</li> <li>- Légères pulsations suivant la vitesse.</li> <li>- Pression d'utilisation limitée.</li> </ul>

Tableau I.6 : Les avantages et les inconvénients des pompes à palettes guidées. [5]

#### I.3.2.4. 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. (Figure I.15) [5]

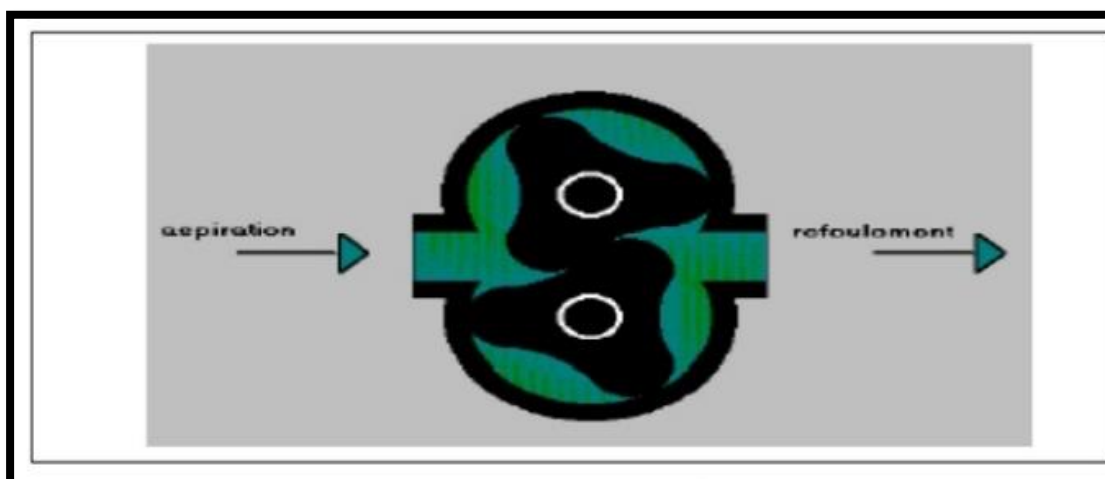


Figure I.15: Pompes à lobes. [6]

Les avantages	Les inconvénients
<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>

Tableau I.7: Les avantages et les inconvénients des pompes à lobes. [6]

### I.4.3. Principe de fonctionnement :

Un volume  $V_0$  de fluide emprisonné dans un espace donné (le récipient de départ) est contraint à se déplacer de l'entrée vers la sortie de la pompe par un système mécanique. Ce volume prélevé dans la conduite d'aspiration engendre une dépression qui fait avancer le fluide vers la pompe par aspiration. Cet effet confère aux pompes volumétriques d'être auto-amorçantes.

On va Représenter le processus de pompage d'une pompe volumétrique dans un diagramme  $p, V...$  (Figure I-16) [7]

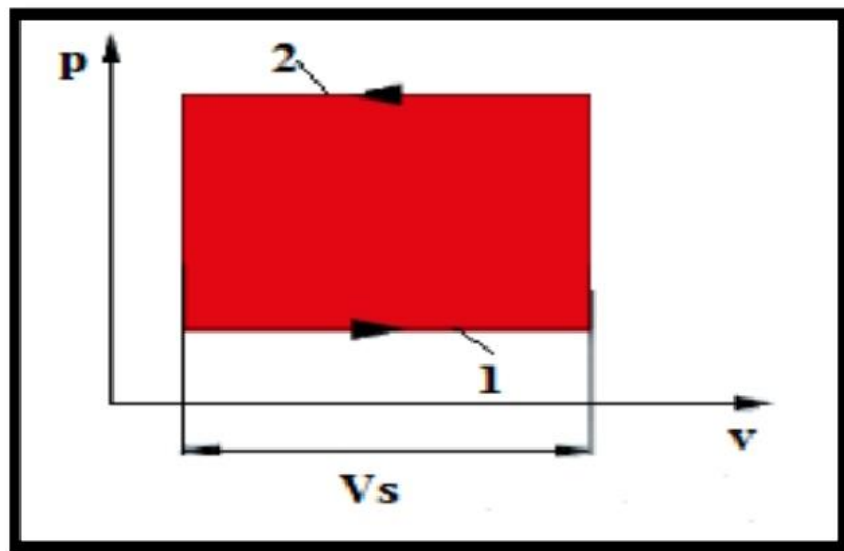


Figure I-16 : Diagramme p.v pour représenter le processus de pompage [7]

#### I.4.4. Les avantages et les inconvénients de la pompe volumétrique

Types des pompe	Les avantages	Les inconvénients
Pompes à piston	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Auto – amorçâtes (fort pouvoir d’aspiration)</li> <li>– Bon rendement (&gt; 90%)</li> <li>– Pressions élevées au refoulement</li> <li>- débit réglable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Très encombrantes</li> <li>Pour des liquides de viscosité faible</li> <li>– Pompage de particules solides impossible</li> <li>– Débit pulsatoire (nécessité d’un dispositif anti-bélier)</li> </ul>
Pompes à engrenages	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Débit régulier</li> <li>– Pompe réversible</li> <li>-Pompage de liquides de viscosité élevée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les pièces d’usure sont nombreuses</li> <li>– Ne supportent pas les liquides abrasif</li> <li>-Pompage de particules solides impossible</li> <li>– Fonctionnement à sec à éviter</li> </ul>
Pompes à membrane	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Auto – amorçâtes (fort pouvoir d’aspiration)</li> <li>– Pompage de liquides corrosifs, volatils</li> <li>– Propreté absolue du liquide pompé</li> <li>– Fonctionnement à sec sans dommage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Limitée en température</li> <li>– Débit limité</li> <li>– Pour des liquides de viscosité faible</li> <li>– Débit pulsatoire (nécessité d’un dispositif anti-bélier)</li> </ul>

Tableau I-8 : des avantages et des inconvénients des pompes volumétrique [3]

#### I.5. roto-dynamique :

##### 1.5.1 .Description :

Qui transmettent au fluide une charge dépendant du débit de fluide qui les traverse. Une roue fournit au fluide de l’énergie cinétique qui est ensuite transformé en pression au fluide de l’énergie cinétique qui est ensuite transformée en pression dans une volute. [8]

### I.5.2. Fonctionnement des pompes centrifuges :

Les pompes sont nécessaires pour le transfert des fluides et pour contrer les résistances engendrées par le flux dans le circuit hydraulique. Dans les systèmes de pompage avec différents niveaux de fluide, cela implique également de surmonter la différence de hauteur géométrique. En raison de leur conception et de leur fonctionnement, les pompes centrifuges sont productrices de courant hydraulique. Bien qu'il y en ait de nombreux types, une caractéristique commune à toutes les pompes centrifuges est que le fluide entre dans une roue axialement. Un moteur électrique entraîne l'axe de la pompe sur lequel est logée la roue. L'eau qui entre dans la roue axialement par la bride d'aspiration et le goulot d'aspiration est déviée par les aubes de la roue dans un mouvement radial. Les forces centrifuges qui affectent chaque particule du fluide provoquent une augmentation de la vitesse et de la pression lorsque l'eau s'écoule au travers de la zone des aubes. Lorsque le fluide sort de la roue, il est collecté dans la volute. La vitesse du flux est ralentie quelque peu par la construction de la volute. La pression est en outre augmentée par la conversion d'énergie.

Une pompe présente les composants suivants :

- Corps de pompe
- Moteur
- Roue

Pratiquement, leur fonctionnement se résume en trois étapes :

- **L'aspiration** : assurée et facilitée par le distributeur ; la vitesse du fluide entrant augmente alors que la pression diminue.
  - **L'accélération** : assurée par le rotor ; la rotation de la roue augmente la vitesse du liquide et les forces centrifuges augmentent la pression.
  - **Le refoulement** : assurée par le diffuseur ; la vitesse diminue et la pression augmente, l'énergie cinétique est donc convertie en énergie de pression.
- (Figure I.17)

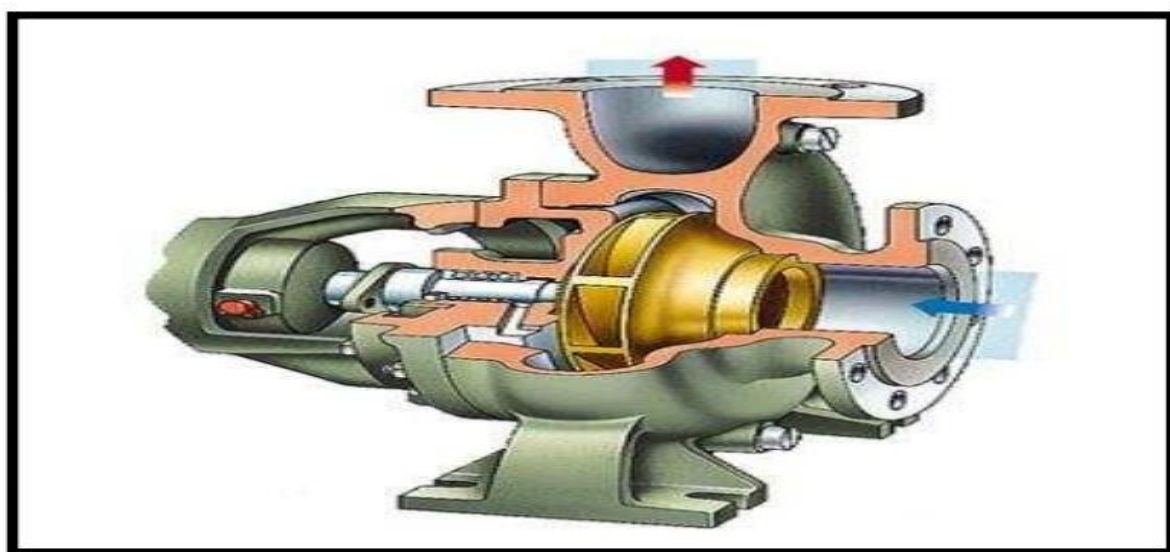


Figure I-17 : Pompe centrifuge

### I.5.3. Classification des pompes roto-dynamiques :

Dans la famille roto dynamiques, on classe les pompes :

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

- Les pompes centrifuges (à écoulement radial).
- Les pompes hélico-centrifuges (à écoulement diagonal).
- Les pompes axiales ou à hélices (à écoulement axiales). (Figure I.18, Figure I.19)

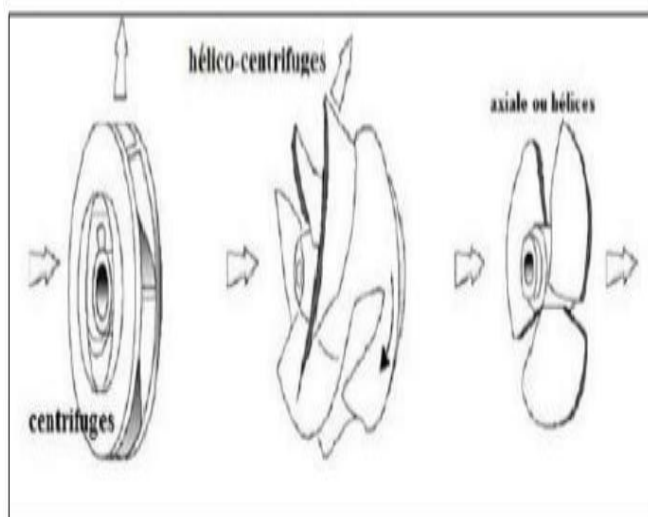


Figure I.18 : Représentation des domaines respectifs des trois types de pompes roto-dynamiques. [9]

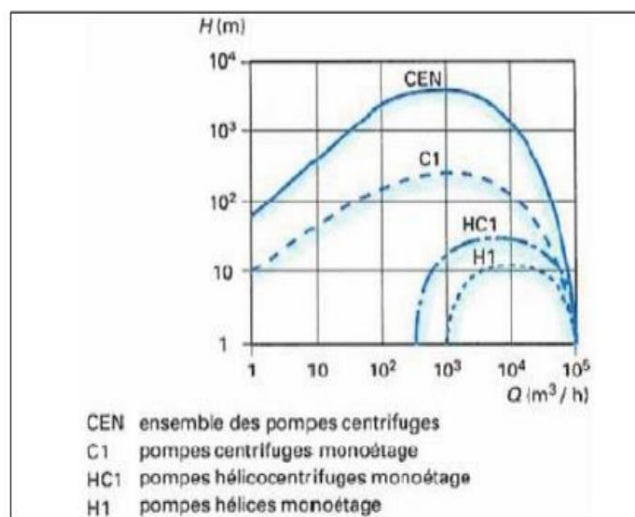


Figure I.19 : Domaines d'utilisation des pompes industrielles roto-dynamiques. [9]

Selon le nombre d'étages :

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

(Figure I.20, Figure I.21)



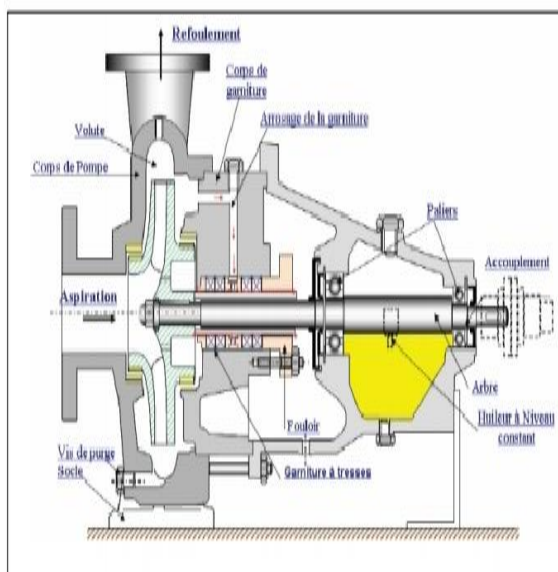


Figure I.20 : Pompe centrifuge monocellulaire en porte à faux. [9]

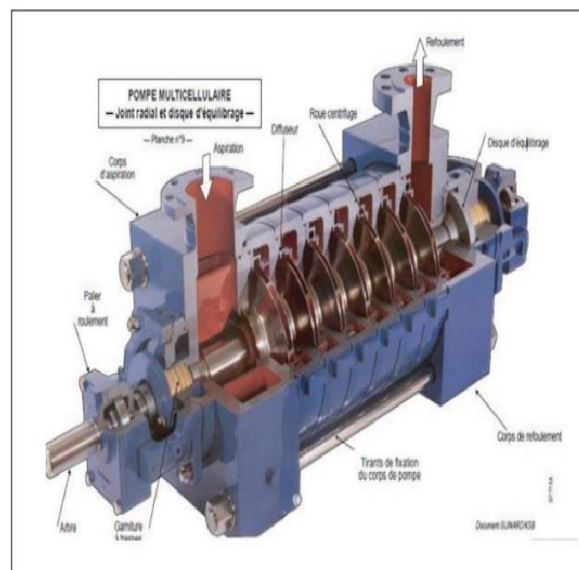


Figure I.21: Pompe multicellulaire.[9]

Selon la disposition de l'axe de la pompe :

- Pompe vertical.
- Pompe horizontal.

Selon la trajectoire du fluide :

- A écoulement radial: (pompes centrifuges).
- A écoulement diagonal (pompes hélico centrifuges).
- A écoulement axial (pompes axiales ou pompes à hélices). (Figure I.22)

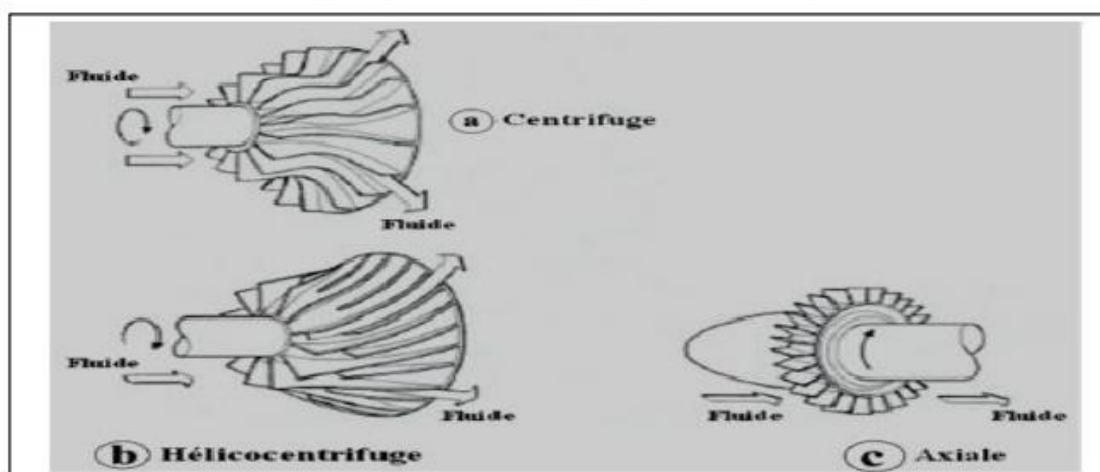


Figure I.22 : Roues mobiles de machines centrifuge, hélico centrifuge et axiale

-Les domaines d'utilisation de ces deux grandes catégories sont regroupés dans le graphe ci-dessous : (Figure I.23)

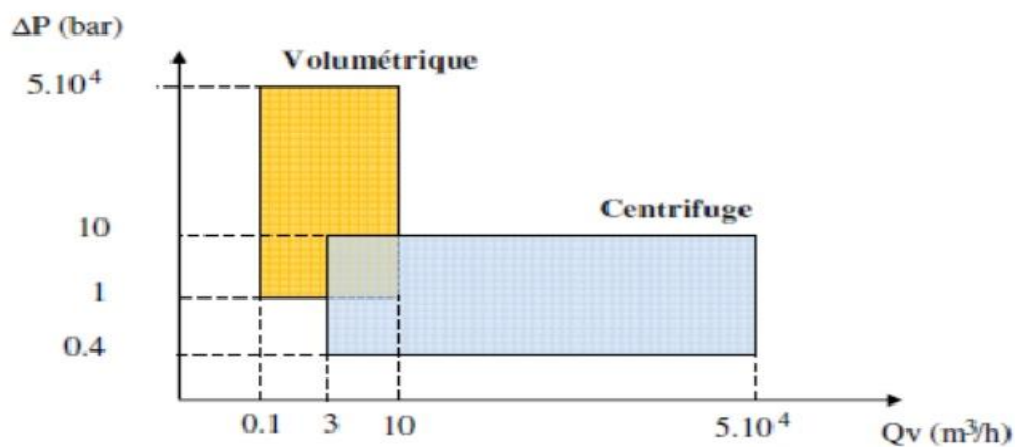


Figure I.23: domaine d'utilisation des pompes.

### I.5.3.1. Les pompes centrifuges :

Le rotor entraîne le liquide dans son mouvement, qui est repoussé par la force centrifuge la périphérie. Une particule de liquide prise en isolément se déplace le long d'une trajectoire constamment située dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation. (Figure I.24)

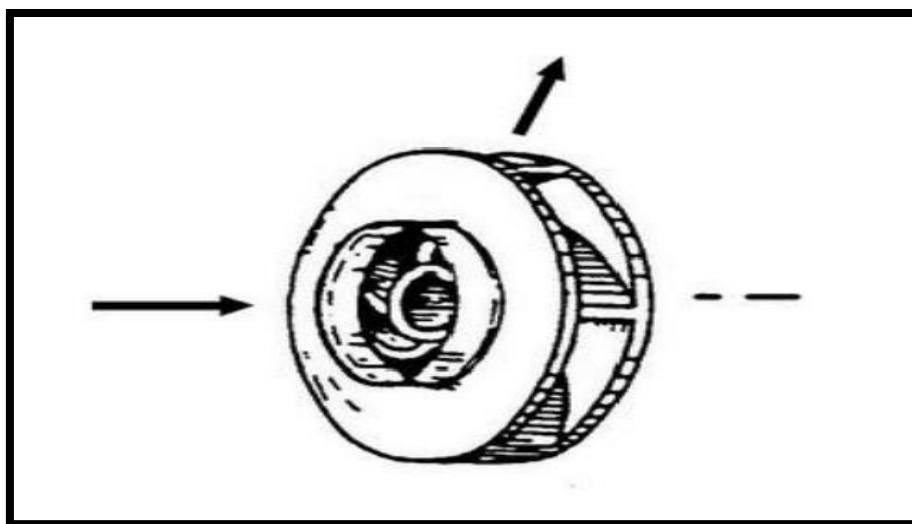


Figure I.24: Représentation d'une pompe centrifuge à écoulement radial. [10]

### I.5.3.2. Les pompes hélico-centrifuge

Ce type se situe entre les deux premiers, et son écoulement est produit par une combinaison d'écoulement axial et radial. (Figure I.25)

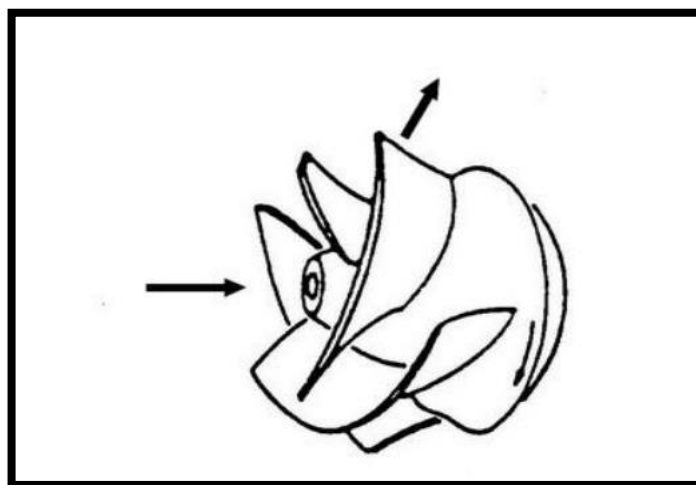


Figure I.25: Représentation d'une pompe hélico-centrifuge à écoulement diagonal. [10]

### I.5.3.3. Les pompes hélices ou axiale :

Le liquide entraîné dans le mouvement de rotation par l'ensemble mobile est repoussé axialement. (Figure I.26)

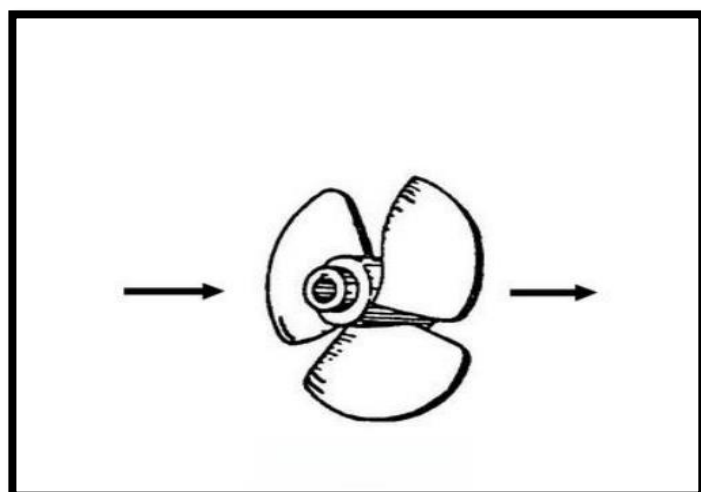


Figure I.26: Représentation d'une pompe axiale à écoulement axial [10]

### I.5.4. Situation comparée des pompes centrifuges, hélico-centrifuges et hélices :

Il n'existe pas de normalisation reconnue qui fixe clairement la limite entre, d'une part, les pompes centrifuges et, d'autre part, les pompes hélico-centrifuges. On passe de façon continue d'un type de pompe à l'autre, en traversant un petit domaine fluide où les deux modes de dessin sont possibles. Un domaine fluide, assez semblable, existe également à la frontière qui sépare les pompes hélico-centrifuges et les pompes hélices. Nous verrons que ces domaines respectifs peuvent être marqués, ou limités, en utilisant le paramètre  $N_s$  qui est la vitesse spécifique de la pompe, et nous ferons la convention suivante :

- les pompes hélices correspondent au domaine  $Ns > 135$ .
- les pompes centrifuges correspondent au domaine  $Ns < 60$ .
- les pompes hélico-centrifuges correspondent au domaine intermédiaire  $60 \leq Ns \leq 135$ . [6]

**1 .5.5. Les avantages et les inconvénients des pompes roto-dynamiques :**

Les avantages	Les inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ce sont des machines de construction simple, sans clapet ou soupape, d'utilisation facile et peu coûteuses.</li> <li>- à caractéristiques égales, elles sont plus compactes que les machines volumétriques.</li> <li>- leur rendement est souvent meilleur que celui des « volumétriques ».</li> <li>- elles sont adaptées à une très large gamme de liquides.</li> <li>leur débit est régulier et le fonctionnement silencieux.</li> <li>- en cas de colmatage partiel ou d'obstruction de la conduite de refoulement, la pompe centrifuge ne subit aucun dommage et l'installation ne risque pas d'éclater. La pompe se comporte alors comme un agitateur...etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- impossibilité de pomper des liquides trop visqueux.</li> <li>- production d'une pression différentielle peu élevée (de 0, 5 à 10 bar).</li> <li>- elles ne sont pas auto-amorçages.</li> <li>- à l'arrêt ces pompes ne s'opposent pas à l'écoulement du liquide par gravité (donc, vannes.</li> <li>--à prévoir....)</li> </ul>

Tableau I-9 : de Les avantages et les inconvénients des pompes roto-dynamiques

**I.5.6. Utilisation :**

Ce sont les pompes les plus utilisées dans le domaine industriel à cause de large gamme d'utilisation qu'elles peuvent couvrir, de leur simplicité et de leur faible coût.

Utilisation de liquides visqueux : la pompe centrifuge nécessaire serait énorme par rapport aux débits possibles.

Utilisation de liquides "susceptibles" c'est-à-dire ne supportant pas la très forte agitation dans la pompe (liquides alimentaires tels que, le lait...etc.).

Les pompes centrifuges admettent les suspensions chargées de solides.

Pour une pompe centrifuge fonctionnant avec un moteur électrique, on comprend qu'il est préférable de démarrer la pompe centrifuge avec la vanne de refoulement fermée. En effet pour un débit nul la puissance consommée est alors la plus faible ce qui constitue un avantage pour un moteur électrique car l'intensité électrique le traversant est alors la plus faible. Les contraintes mécaniques sont également les plus faibles dans ce cas. Bien entendu il faut assez rapidement ouvrir cette vanne sous peine d'entraîner un échauffement de la pompe. [1]

### I.5.7. Paramètres de travail d'une pompe centrifuge :

#### I.5.7.1. Débit :

Le débit  $Q$  fourni par une pompe centrifuge est le volume refoulé pendant l'unité de temps. Il s'exprime en mètres cubes par seconde ( $m^3/s$ ) ou plus pratiquement en ( $m^3/h$ ). [11]

$$Q = Cyl. N \quad (I.1)$$

- $Q$  : en  $l/min$  ;
- $Cyl$  : en litres
- $N$  : en  $tr/min$ .

#### I.5.7.2. Cylindrée :

C'est le volume engendré pour une rotation d'un tour. Elle est exprimée en  $cm^3/tr$ . [11]

$$cyl = v \times n_e \times n \quad (I.2)$$

- $V$  : volume d'un élément
- $n_e$  : nombre d'éléments
- $n$  : nombre de courses par tour

#### I.5.7.3. Fréquence de rotation:

Exprimée en  $tr/min$ , elle correspond à la vitesse normale d'utilisation pour une pompe chargée continuellement.

La fréquence maximale correspond à la vitesse à ne pas dépasser.

En dessous de la fréquence minimale, la pompe risque de ne pas s'amorcer [11]

#### I.5.7.4. Couple :

Le couple nécessaire à l'entraînement d'une pompe est défini par [11] :

$$C = \frac{Cyl \times \Delta p}{2\pi} \quad (I.3)$$


- $C$  : en  $daN.cm$ .
- $Cyl$  : en  $cm^3/tr$ .
- $\Delta p$  : en bars.

### I.5.7.5. Hauteur d'élévation créée par une pompe centrifuge :


L'énergie que fournit la pompe au liquide se présente sous 2 formes :

- de l'énergie de pression, correspondant à l'augmentation de pression dans la pompe
- de l'énergie cinétique, correspondant à l'augmentation de vitesse du liquide entre l'aspiration et le refoulement
- L'énergie de la pompe fournie au fluide est appelée hauteur d'élévation et s'exprime, en mètres de liquide, de la façon suivante


$$H \text{ élévation} = \frac{\Delta p \times 10,2}{d} + \frac{v^2_{ref} - v^2_{asp}}{20} \quad (I.4)$$



Energie fournie par la  
Pompe au liquide en  
Mètres



Energie due à  
l'accroissement de  
pression dans la pompe



Différence d'énergie  
cinétique entre le  
refoulement et l'aspiration

- v : vitesse en m/s
- ΔP : pression en bar
- d : densité du liquide

Dans de nombreux cas la différence d'énergie cinétique est négligeable au regard de l'augmentation de pression. La mesure des pressions doit se faire dans un même plan de référence. Si les Manomètres ne sont pas au même niveau il faut corriger la hauteur d'élévation de la différence de Niveau. [12]

### I.5.7.6. Pression

L'unité légale de pression est le Pascal (Pa). Le Pascal est la pression exercée par une force de 1 N agissant sur une surface de 1 m<sup>2</sup>.

Dans la pratique on utilise le bar:

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

En hydraulique, la pression c'est la force :  $P = F / S$  (I.5)

p = pression en bar ou en kg/cm<sup>2</sup>

F = force en daN (déca newton) ou kg (kilogramme-force)

S = surface en cm<sup>2</sup>

**I.5.7.7. Variation de la hauteur d'élévation en fonction du débit :**

▪ **Caractéristique de la pompe :**

La courbe représentant la variation de hauteur en fonction du débit s'appelle la caractéristique "hauteur d'élévation"  $H(Q)$  de la pompe. Pour chaque pompe, une courbe est fournie par le constructeur. Elle a été établie par un essai de la pompe sur un banc. (Figure I.27)

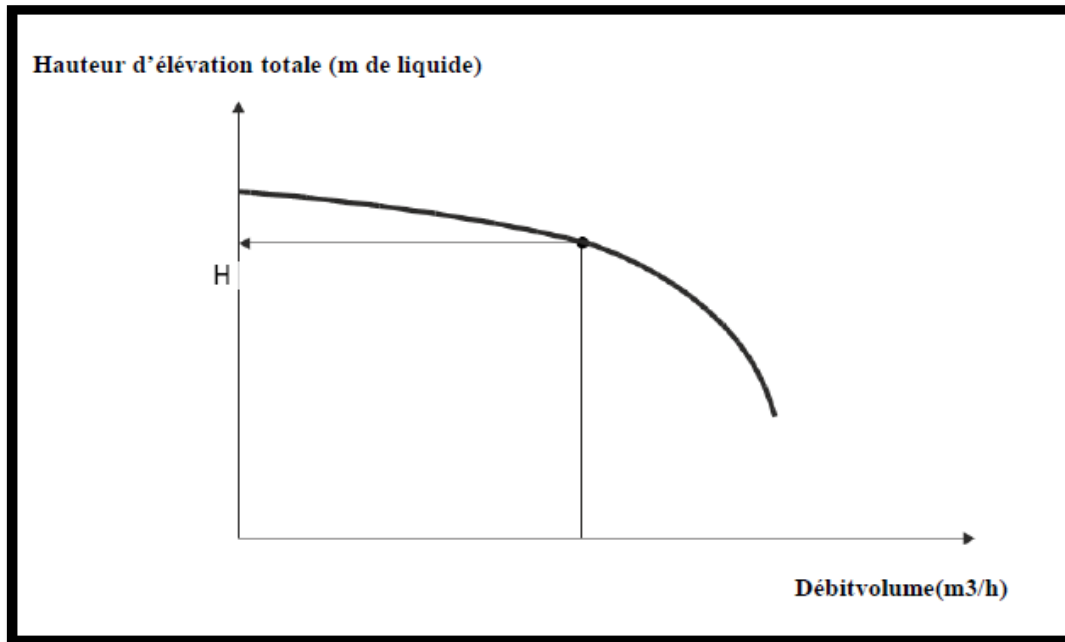


Figure I-27 : Courbe caractéristique hauteur d'élévation fonction du débit volume [12]

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 permettent au constructeur d'adapter la caractéristique aux exigences de l'utilisateur

**I.5.7.8. Comportement en service et points de travail de la pompe centrifuge :**

Au point de travail, à un débit de refoulement spécifique, la pression de refoulement produite par la pompe est en équilibre avec la résistance du réseau de tuyauterie. Au point de travail, la caractéristique de la pompe croise la caractéristique de résistance du réseau de tuyauterie Hauteur d'élévation totale (m de liquide) (Figure I.28)

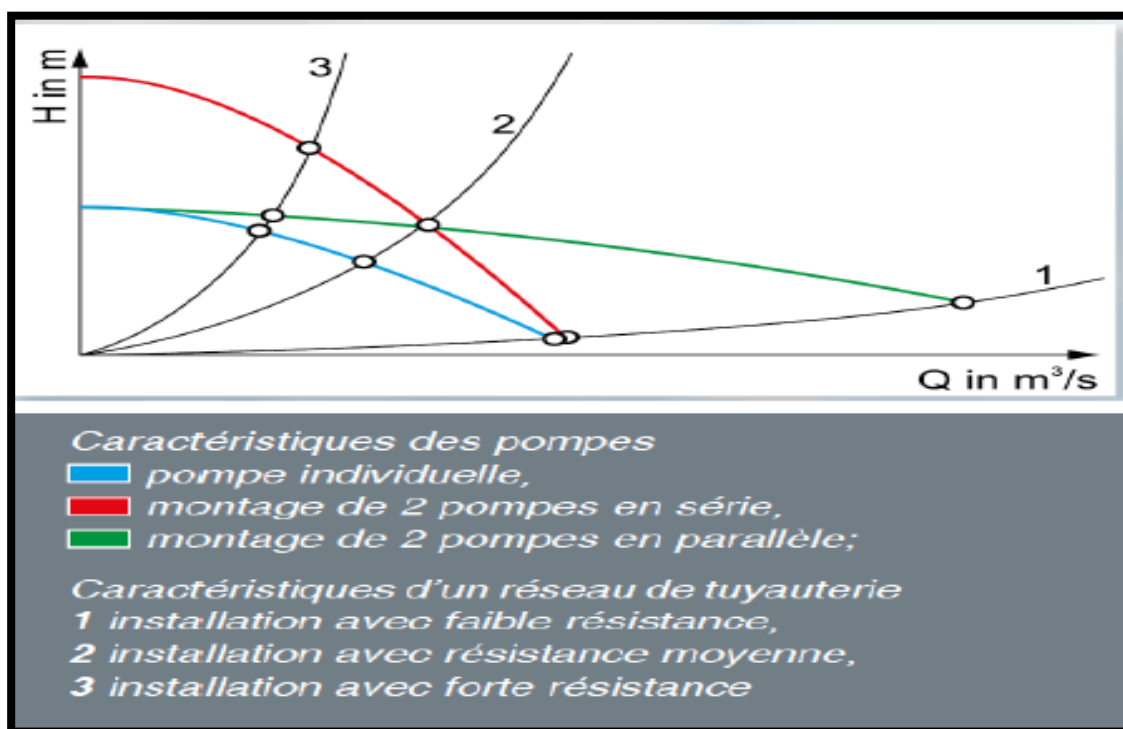


Figure I-28 : Comportement en service et points de travail de la pompe centrifuge [13]

## I.6. Le phénomène de cavitation dans les pompes :

### I.6.1. Description de cavitation :

La cavitation est la vaporisation du liquide contenu dans la pompe quand il est soumis à une pression inférieure à la tension de vapeur correspondant à sa température. La cavitation peut avoir des effets sérieux sur le fonctionnement et la durée de vie des pompes. Elle peut affecter plusieurs composants de la pompe, mais c'est souvent la turbine qui en subit l'impact principal. (Figure I-29)



Figure I-29 : Roues des pompes centrifuges cavités



### **I.6.2. L'impact de la cavitation sur une pompe :**

La cavitation provoque une altération des caractéristiques, des dégâts mécaniques, du bruit et des vibrations qui peuvent conduire à la destruction complète de la pompe. Souvent le premier symptôme est la vibration. Il faut noter que les vibrations endommagent également d'autres composants tels que l'arbre, les roulements et les joints

La photo ci-dessous illustre les dégâts subis par une turbine sur laquelle des parties ont disparues. (Figure I.30)



Figure I-30 : les dégâts subis par une pompe

### **I.6.3. Solutions apportées aux problèmes de cavitation :**

On cite quelques mesures que doit observer un utilisateur pour éviter la cavitation dans la pompe:

- On augmente la pression à l'entrée de l'aspiration, avec l'installation des pompes de gavage (qu'on appelle pompe booster).
- Choisir un matériel qui résiste mieux aux effets de la cavitation, dans l'ordre croissant de résistance nous citons : la fonte, le bronze, bronze aluminium, acier à 13% de chrome acier inoxydable...etc.
- Limiter les conséquences de la cavitation (bruit, érosion, vibrations) par un choix de matériaux adéquats.

### **I.7. Conclusion :**

Plus tôt, nous avons introduit un bref rappel sur les turbomachines. L'accent est mis sur les pompes, nous avons une classification très générale des pompes, en particulier une grande partie est utilisée pour les pompes centrifuges. Nous avons présenté précédemment, les composants de la pompe centrifuge et ont expliqué le principe de fonctionnement de la machine et déterminé les caractéristiques. Ensuite on a étalé les équations qui permettront de résoudre les problèmes de mécanique des fluides. Il porte sur l'équation de continuité et l'équation de Navier-Stokes. Nous proposons cette dernière en deux régimes d'écoulement: l'écoulement laminaire puis l'écoulement turbulent, où on a expliqué la complexité de la turbulence. Le modèle qui nous intéresse dans ce travail.

# **CHAPITRE II :**

## **Généralité sur la maintenance et fiabilité**

### II.1.GENERALITE SUR LA FIABILITE :

#### II.1.1. Introduction :

La fiabilité a sans aucun doute évolué depuis la dernière guerre mondiale. Il devient rapidement une science avec des applications appartenant à de nombreux domaines. Sa base mathématique est la statistique et les calculs de probabilité.

Cela est nécessaire pour comprendre et analyser les données de fiabilité. L'échec (manque de fiabilité) augmente les coûts du marché secondaire (application de la garantie, frais juridiques, etc.). Construire des produits plus fiables augmente les coûts de conception et de production, et augmente même les coûts. Dans l'ensemble, les produits tiennent compte des deux tendances.

#### II.1.2. Définition :

La fiabilité est la caractéristique d'un dispositif exprimé par la probabilité que ce dispositif accomplisse une fonction requise dans des conditions d'utilisation et pour une période de temps déterminés (norme AFNOR X 06501).

La « fonction requise » exige la définition d'un seuil d'admissibilité en deçà du quel la fonction n'est plus remplie.

Les « condition d'utilisation » doivent être bien définies. Le même matériel placé dans deux contextes de fonctionnement différents n'aura pas la même fiabilité.

La « période de temps » doit être définie en unités d'usage (temps de fonctionnement, km parcourus, tonnage produit, etc.....).

##### II.1.2.1 Fiabilité opérationnelle :

Fiabilité obtenue après une durée de fonctionnement d'un dispositif et par suite de défaillances potentielles.

##### II.1.2.2. Fiabilité prévisionnelle :

Fiabilité estimée avant de fonctionnement d'un dispositif, de façon théorique (banques de données, calculs de durée de vie) ou de façon expérimentale (essais).

#### II.1.3. Lois de la fiabilité :

On distingue deux types [14] :

##### ➤ Les lois discrètes :

Une loi est dite discrète si elle prend ses valeur dans  $\mathbb{N}$  c'est à dire des valeurs entières comme par exemple celle qui compte le nombre de pannes. Parmi les lois discrètes on peut citer :

- ❖ Loi Uniforme
- ❖ Loi de Bernoulli
- Loi Binomiale
- Loi Binomiale négative
- Loi Binomiale négative
- Loi Hypergéométrique

- Loi de Poisson

- **Loi uniforme :**

Une distribution de probabilité suit une loi uniforme lorsque toutes les valeurs prises par la variable aléatoire sont équiprobables. Si  $n$  est le nombre de valeurs différentes prises par la variable aléatoire. La fonction de fiabilité est définie par l'expression suivante.

$$P(X=xi) = \frac{1}{n} \quad (\text{II.1})$$

Avec les paramètres de signification :

$n$  : est le nombre de valeurs différentes prises par la variable aléatoire.

- ❖ **Loi binomiale :**

$X$  variable aléatoire désignant le nombre de réalisations de l'événement  $A$  sur  $N$  expériences identiques.  $p$  est la probabilité de réalisation de l'événement  $A$ .

Pour  $K$  compris entre  $0$  et  $N$  :

$$\Pr (X=K) = C_N^K p^K (1 - p)^{N-K} \quad (\text{II.2})$$

$$C_N^K = N! / [K! (N - K)!] \quad (\text{II.3})$$

Fonction de répartition :  $F(K) = \Pr (X < K) = \sum C_N^I p^I (1 - p)^{N-I}$ ,  $I$  variant de  $0$  à  $K$ . (II.4)

Fiabilité :  $R(K) = \Pr (X < K) = \sum C_N^I p^I (1 - p)^{N-I}$ ;  $I$  variant de  $K+1$  à  $N$ . (II.5)

Espérance mathématique :  $E(X) = Np$ . (II.6)

- ❖ **Les lois continues :**

- La Loi de Cauchy
- La loi de Birnbaum-Saunders
- La loi Gamma
- Loi Inverse Gamma
- La loi logistique
- La loi log-logistique
- La loi du Khi deux
- La loi Bêta
- La loi exponentielle
- La loi de Fisher
- La Loi normal
- La loi Log normale
- La loi de Weibull

### ❖ *La loi de Weibull :*

L'expression loi de Weibull recouvre en fait toute une famille de lois, certaines d'entre elles apparaissant en physique comme conséquence de certaines hypothèses. C'est en particulier, le cas de la loi exponentielle.

( $\beta=1$ ) et de la loi normale ( $\beta=3$ ).

Sa fonction de fiabilité est :(II.7)

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$$

Avec les paramètres de signification :

$\gamma, \beta, \eta$  définissent la distribution de Weibull.

On utilise trois paramètres :

- $\beta$  : paramètre de forme ( $\beta > 0$ ).
- $\eta$  : paramètre d'échelle ( $\eta > 0$ ).
- $\gamma$  : paramètre de position ( $-\infty > \gamma > +\infty$ ).

### II.1.4. La méthode de calcul fiabilité :

La fonction de fiabilité est définie comme suit :  $(t) = (T > t) = 1 - F(t)$  (II.8) pour  $t \geq 0$  est l'appareil tiré au hasard dans la population considérée pas avant l'instant  $t$  en panne.

- $F$  est la fonction de répartition de la variable aléatoire  $T$ .
- En anglais fiabilité est traduit par reliability.

#### *Estimation de (t) :*

Méthode des rangs bruts :  $F(\mathbf{ti}) = \frac{n_i}{n}$  (II.9)

Méthode des rangs moyens :  $F(\mathbf{ti}) = \frac{n_i}{n+1}$  (II.10)

Méthode des rangs médians :  $F(\mathbf{ti}) = \frac{n_i - 0,3}{n_i + 0,4}$  (II.11)

### II-2.GENERALITE SUR LA MAINTENANCE :

#### II.2.1. Introduction :

La fonction maintenance a pour but d'assurer une disponibilité optimale des équipements Production et ses accessoires, impliquant un temps d'arrêt économique minimal. Longtemps considérée comme une fonction secondaire qui entraîne une perte d'argent Inévitablement, les fonctions de maintenance assimilent souvent les fonctions de dépannage et Réparer les équipements susceptibles de s'user et de vieillir. La véritable portée de la fonction de maintenance va encore plus loin : elle doit Un compromis entre technologie et économie est constamment recherches. Il reste encore beaucoup de travail à faire pour bien comprendre ses capacités de production. Une sorte d'organisation, planification et des mesures méthodiques sont nécessaires pour gérer activités d'entretien.

#### II.2.2 Définition de la maintenance :

Les normes NF X 60-010 et 60-011 définissent la maintenance comme l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifique ou d'assurer un service déterminé. [15]

Maintenir, c'est donc effectuer des opérations (dépannage, graissage, visite, réparation, etc.), permettant de conserver le potentiel du matériel pour assurer la continuité et la qualité de production. Bien maintenir, c'est assurer ces opérations au cout globale minimum. (Figure II-1)

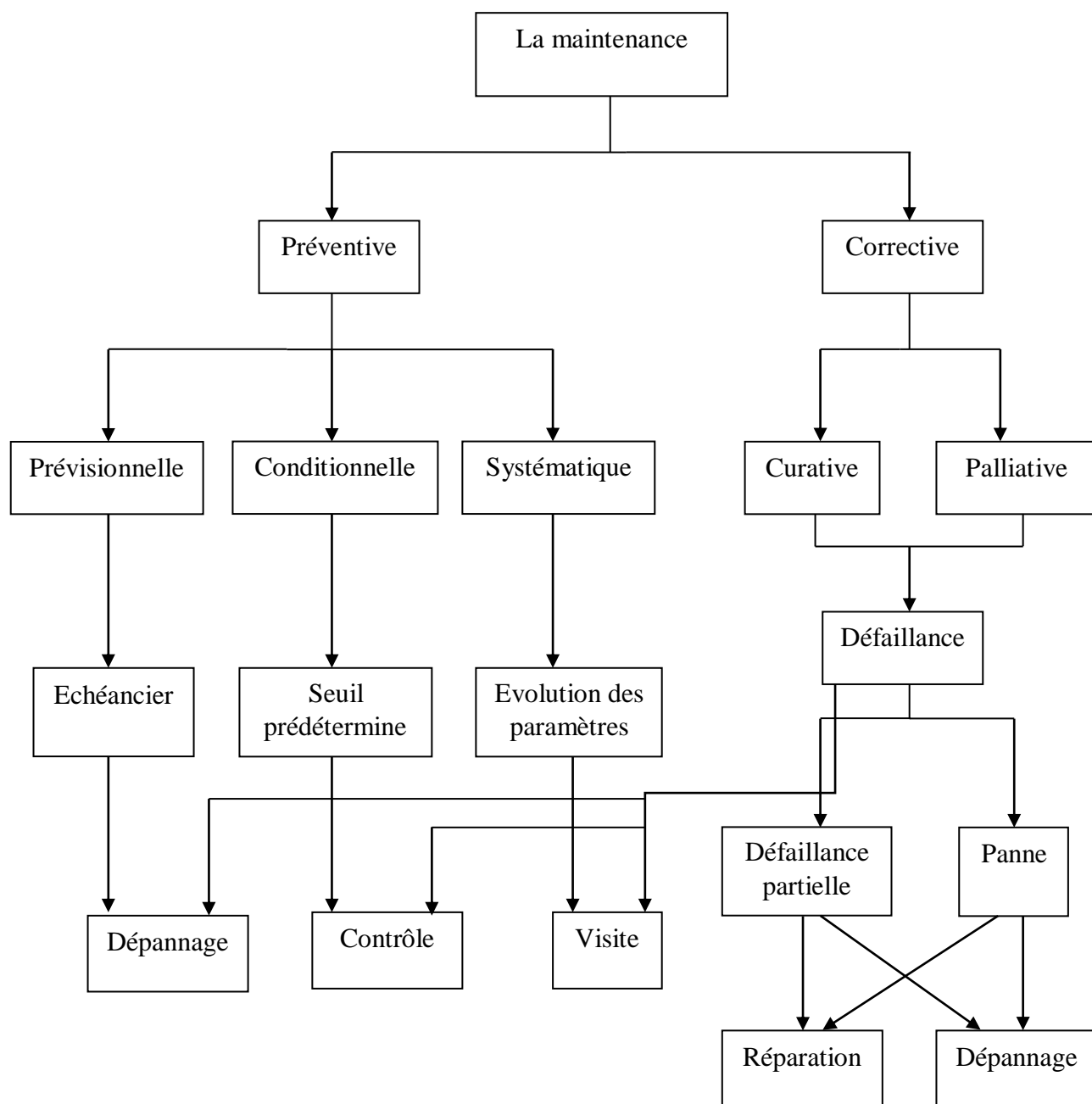


Figure II-1 : organigramme de maintenance



### II.2.3. La maintenance préventive :

Maintenance conçue pour réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation des biens ou services fournis. Les activités correspondantes sont déclenchées selon un calendrier établi en fonction d'un nombre prédéterminé d'unités d'utilisation (maintenance du système) et/ou de critères prédéterminés importants pour l'état dégradé du bien ou du service (maintenance conditionnelle). [16]

#### II.2.3.1. La maintenance préventive systématique

À des intervalles prédéterminés ou selon Nombre défini d'unités utilisées sans inspection préalable de l'état des actifs. Même si le temps est l'unité la plus courante, d'autres unités peuvent être utilisées, telles que : quantité de produits fabriqués, longueur des produits fabriqués, distance Course, qualité du produit fabriqué, nombre de cycles effectués, etc. La fréquence de cette intervention est déterminée au moment de la mise en service ou après un laps de temps Révision complète ou partielle. (Figure II-2) [16]

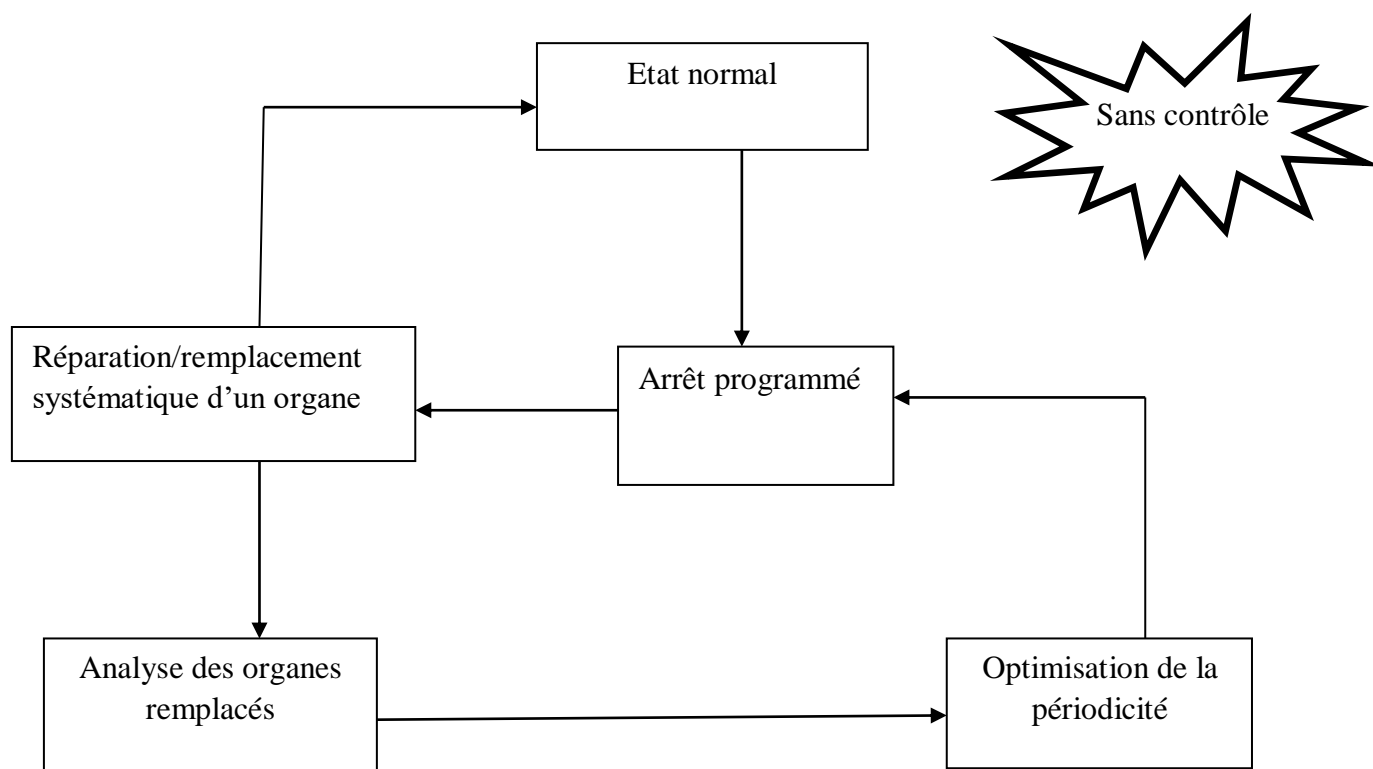


Figure II-2 : cycle de maintenance préventive systématique

### II.2.3.2. La maintenance préventive conditionnelle

Maintenance préventive basée sur la surveillance du fonctionnement des actifs et/ou Un paramètre important pour cette opération intègre l'opération résultat. Ce Le fonctionnement et la surveillance des paramètres peuvent être effectués selon un calendrier, Soit à la demande soit en continu. [16] (Figure II.3)

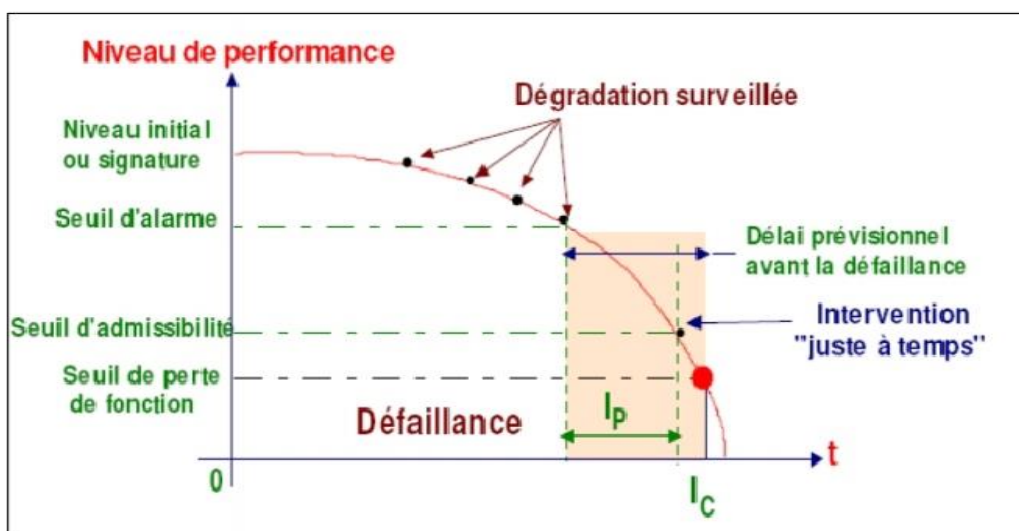


Figure II.3: Schématisation de la maintenance préventive conditionnelle

### II.2.3.3. La maintenance préventive prévisionnelle

C'est une maintenance préventive qui nécessite une analyse de l'évolution de la surveillance. Paramètres importants de la dégradation des biens, permettant des retards et une planification Intervenir dans certaines notions de base liées à la maintenance. (Figure II.4) [16]

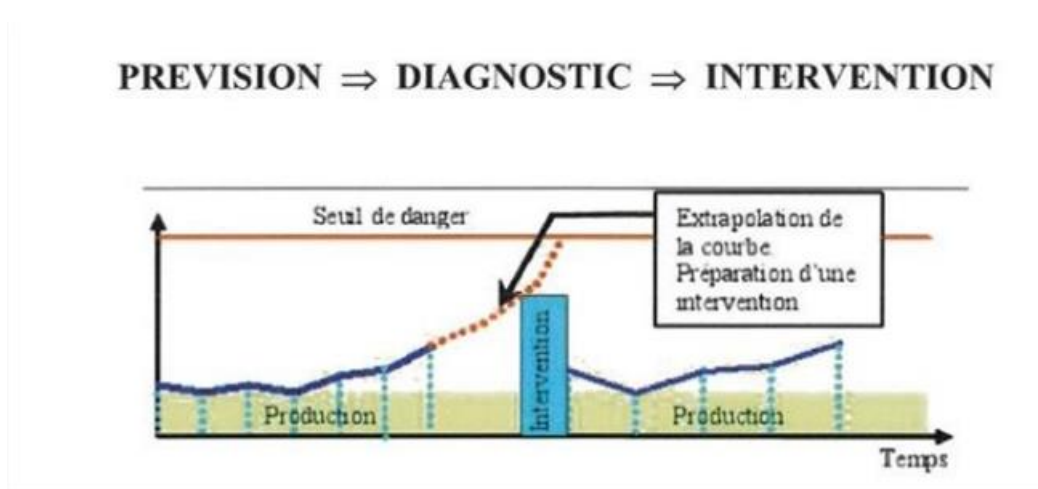


Figure II.4 : Schématisation de la maintenance préventive prévisionnelle

### II.2.4. But de la maintenance préventive :

Augmenter la durée de vie des matériels ;

- Diminuer la probabilité des défaillances en service ;
- Diminuer le temps d'arrêt en cas de révision ou de panne ;
- Prévenir et aussi prévoir les interventions de la maintenance corrective coûteuse ;
- Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions ;
- Éviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant, etc.;
- Diminuer le budget de la maintenance ;
- Supprimer les causes d'accidents graves. [30]

### II.2.5. La maintenance corrective

Maintenance exécutée après détection d'une panne et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise.

La maintenance corrective est souvent perçue comme la forme primaire de la maintenance car l'intervention a lieu « en urgence » une fois la défaillance survenue. Comme le montre la figure (2.8), la logique de cette politique de maintenance est assez simple : lorsqu'une machine est défectueuse, il faut la réparer, ce qui sous-entend que si elle fonctionne, on n'y « touche » pas.

Les défauts, pannes ou avaries diverses exigeant une maintenance corrective entraînent une indisponibilité immédiate ou à très brève échéance des matériels affectés et/ou une dépréciation en quantité et/ou qualité des services rendus. (Figure II.5) [18]. [17]

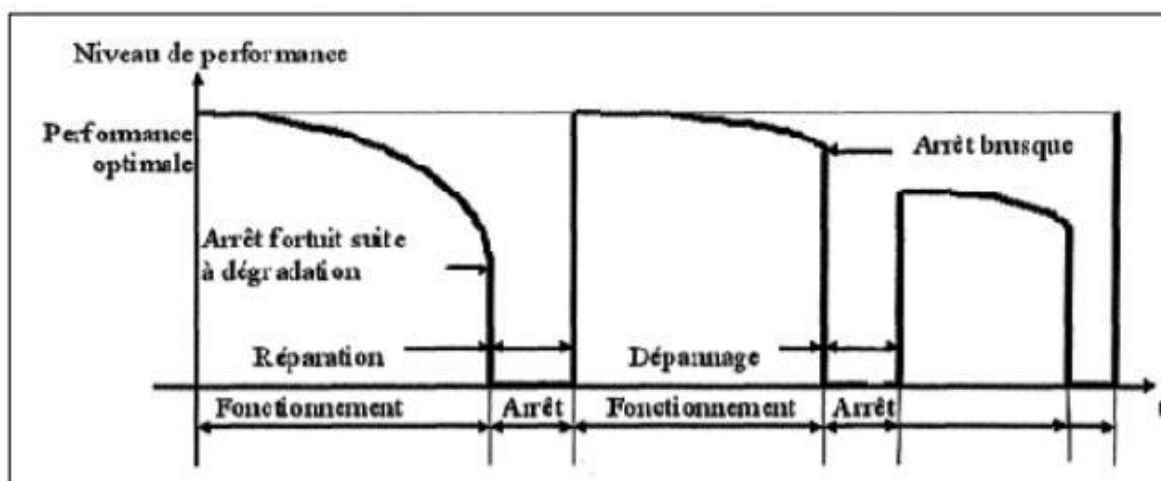


Figure II.5 : Schématisation de la maintenance corrective. [18]

Il existe deux types de maintenance corrective : la maintenance curative et la maintenance palliative. [18]

**II.2.5.1. Maintenance curative :**

Ce type de maintenance permet de remettre définitivement en état le système après l'apparition d'une défaillance. Elle se caractérise par la recherche des causes initiales d'une défaillance en vue de réparer l'équipement. Cette remise en état du système est une réparation durable.

**II.2.5.2. Maintenance palliative :**

Opération destinée à remettre un équipement dans un état provisoire de fonctionnement de manière à ce qu'il puisse assurer une partie des fonctions requises. L'intervention a un caractère provisoire dans le sens où elle nécessitera forcément une intervention ultérieure. [17]

**II.2.6. les niveaux de la maintenance :**

Une autre condition pour réussir un système de maintenance serait de spécifier les niveaux de maintenance dans l'entreprise. Monchy [22], Nakajima [25, 23], Lyonnais [24] présentent cinq niveaux ceux-ci font référence à la complexité des tâches à effectuer et aux ressources humaines et matérielles nécessaires à la réalisation de chacune des tâches (Tableau III.1)

<b>Niveaux</b>	<b>Type de travaux</b>	<b>Personnel concerné</b>	<b>Exemple</b>
1er	- Réglages simple  - Pas de démontage ni ouverture	- Exploitant du bien	- Remise à zéro d'un automate après arrêt d'urgence
2eme	- Dépannage par échange standard  -Opération mineures de maintenance préventive	- Technicien	- Changement d'un relais  - Contrôle de fusible  - Réenclenchement de disjoncteur
3eme	- Identification et diagnostique de pannes  - Réparation par échange standard  - Réparation mécanique mineures  - Maintenance préventive (par ex ; réglages ou réaligement des appareils de mesure)		-Identification de l'élément défaillant, recherche de la cause, élimination de la cause, remplacement

4eme	- Travaux importants de maintenance corrective ou préventive sauf rénovation et reconstruction  - Réglage des appareils de mesure	Equipe avec encadrement technique spécialisé	Intervention sur matériel dont la remise en service est soumise à qualification
5eme	- Rénovation  - Reconstruction  - Réparations importantes	Moyens proches de la fabrication	Mise en conformité selon réglementation d'équipements lourds

Tableau. II. 1: Niveaux de maintenance.

### II.2.7. Les opérations de maintenance :

Ne sont vues ici que les opérations essentielles. Pour le reste, se référer à la norme NF X 60-010. [19]

#### II.2.7.1. Les opérations de maintenance préventive

✚ **Inspection** : contrôle de conformité réalisé en mesurant, observant, testant ou calibrant les caractéristiques significatives d'un bien ; elle permet de relever des anomalies et d'exécuter des réglages simples ne nécessitant pas d'outillage spécifique, ni d'arrêt de la production ou des équipements (pas de démontage).

✚ **Le contrôle  $\mu$  c'est une vérification de la conformité à des données préétablies, suivie d'un jugement. Le contrôle peut :**

- comporter une activité d'information,
- inclure une décision : acceptation, rejet, ajournement,
- déboucher sur des actions correctives

✚ **Visite** : examen détaillé et prédéterminé de tout (visite générale) ou partie (visite limitée) des différents éléments du bien et pouvant impliquer des opérations de maintenance du premier et du deuxième niveau ; il peut également déboucher sur la maintenance corrective

✚ **Test** : comparaison des réponses d'un système par rapport à un système de référence ou à un phénomène physique significatif d'une marche correcte.

✚ **Echange standard** : remplacement d'une pièce ou d'un sous-ensemble défectueux par une pièce identique, neuve ou remise en état préalablement, conformément aux prescriptions du constructeur

✚ **Révision** : ensemble complet d'examens et d'actions réalisées afin de maintenir le niveau de disponibilité et de sécurité d'un bien. Une révision est souvent conduite à des intervalles prescrits du temps ou après un nombre déterminé d'opérations. Une révision demande un démontage total ou partiel du bien. Le terme révision ne doit

donc pas être confondu avec surveillance. Une révision est une action de maintenance de niveau 4. [19]

### II.2.7.2. Les opérations de maintenance corrective

Après apparition d'une défaillance, la maintenance doit mettre en œuvre un certain nombre d'opérations dont les définitions sont données ci-dessous. Ces opérations s'effectuent par étapes (dans l'ordre) :

- **test** : c'est à dire la comparaison des mesures avec une référence.
- détection ou action de déceler l'apparition d'une défaillance.
- localisation ou action conduisant à rechercher précisément les éléments par lesquels la défaillance se manifeste.
- diagnostic ou identification et analyse des causes de la défaillance.
- dépannage, réparation ou remise en état (avec ou sans modification).
- contrôle du bon fonctionnement après intervention.
- amélioration éventuelle : c'est à dire éviter la réapparition de la panne.
- historique ou mise en mémoire de l'intervention pour une exploitation ultérieure.[19]

### II.2.8. la maintenance sur la pompe centrifuge :

Trois types de maintenance peuvent être envisagés pour ce type de machine

- Maintenance prédictive
- Maintenance préventive
- Maintenance curative [20]

#### II.2.8.1. Maintenance prédictive :

Elle consiste à analyser l'évolution des phénomènes physiques générés par la pompe et ses auxiliaires :

- Pression
- Température
- Temps de manœuvre
- Vibrations
- Bruits

On vérifie, à intervalles réguliers, les tendances des valeurs données par les différents capteurs et détecteurs installés sur les machines Un changement significatif d'un ces valeurs pouvant signifier une lente et progressive dégradation des organes concernés Dans ce cas, une opération de maintenance préventive doit -être planifiée pour : démonter les éléments en question, les inspecter et le cas échéant, procéder à leur remplacement La maintenance prédictive s'effectue lorsque la machine est en fonctionnement. [20]

#### II.2.8.2. La maintenance préventive :

Des opérations de maintenance préventive doivent être réalisées à intervalles réguliers Certaines de ces opérations sont simplement visuelles :

- Vérification de l'absence de fuites
- Sur toutes les canalisations (huile et eau) ; Aux joints des trous d'hommes ;

- Aux appareils, instruments, et capteurs de mesures.
- Vérification de la fixation des appareils, instruments, et capteur de mesures
- Contrôle de la température des moteurs
- Vérification de l’affichage des instruments de mesure La maintenance préventive s’effectue, lorsque la machine est en fonctionnement
- D’autres opérations de maintenance préventive requièrent une vérification plus approfondie, voire, des certains cas, une analyse par un laboratoire spécialisé :
- Contrôle de la propreté de l’huile du bac Vérification du couple de serrage des éléments les plus sollicités
- Nettoyage des filtres
- Graissage des paliers et autres éléments dotés de points de lubrification Pour des raisons de sécurité, ces opérations de maintenance préventive s’effectue machine à l’arrêt et consignée. [20]

### II.2.8.3. La maintenance curative :

- Il s’agit des opérations effectuées sur le groupe lorsque survient un défaut au une alarme.
- Il peut s’agir d’une simple vérification, niveau, vibrations, bruit, etc ... qui ne provoque pas un arrêt ou une manque de disponibilité de la machine.
- Mais il peut s’agir également d’une panne qui nécessite une réparation :
  - o Rupture d’un joint d’étanchéité ;
  - o Panne d’un instrument de mesure ;
  - o D’une sonde de température ;
  - o Détérioration d’un élément mécanique ;

La maintenance curative coute cher, car elle provoque une perte de production. [20]

### II.2.8.4. Maintenance corps de pompe :

Cette partie décrit les opérations de maintenance à réaliser par un personnel spécialisé dans ce type d’équipement. Le respect des règles de sécurité est de la responsabilité de l’utilisateur.

#### II.2.8.4.1. Maintenance préventive :

Suivre les feuilles ci jointes avant d’entreprendre ces actions de maintenance. L’utilisateur est responsable de l’adaptation de ces feuilles en fonction des habitudes de travail sur le site.

#### II.2.8.4.2. Outillage :

Il n’y a pas d’outillage spécifique nécessaire pour ces actions de maintenance et opérations de contrôle.

Cependant, les opérations de maintenance lourdes nécessitent des équipements importants : poste de soudure, palans, vérin pour pré contraindre la boulonnerie. (Tableau II-2) [21]

## CHAPITRE II : Maintenance et fiabilité des pompes centrifuges

Action d'inspection	Fréquence
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspection visuelle du conduit.</li> <li>• Etat général du trou d'homme</li> </ul>	Le 1 <sup>er</sup> mois puis semestrielle
Contrôle visuel des étanchéités de tous les joints avec interfaces vers l'extérieur.	Tous les 15 jours pendant 3 mois. Mensuelle
Contrôle visuel état général des boulons visible de l'extérieur	Semestrielle
Contrôle par méthode adéquate de nez d'un profil d'une avant-directrice.	Semestrielle
Action de Maintenance	
Change le joint du trou d'homme	Annuelle
Ressuage des vis du trou d'homme	Tous les 5 ans

Tableau II-2 : les actions d'inspection et de maintenance corps de pompe [21]

Toutes les actions de maintenance s'effectuent machine à l'arrêt. Robinet sphérique et robinet papillon doivent être fermés. La pompe doit être entièrement vidangée.

### II.2.8.4.3. Feuille de maintenance préventive (corps de pompe) :

Corps de pompe (Figure II.1) – contrôle visuel
Conditions
<b>Personnel</b> : Responsable d'exploitation <b>Sécurité</b> : Machine à l'arrêt, en eau <b>Fréquence</b> : Mensuelle (joints), semestrielle (boulonnerie)
Procédure
<b>But</b> : Cette vérification concerne les joints et la boulonnerie avec interface vers l'extérieur des principaux composants du corps de pompe.
Opérations
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Contrôle visuel des joints du tampon trou d'homme de la manchette (présence de fuites).</li> <li>▪ Contrôle visuel de la boulonnerie du tampon trou d'homme.</li> <li>▪ Contrôle visuel de la boulonnerie de la manchette.</li> </ul>
Action



## CHAPITRE II : Maintenance et fiabilité des pompes centrifuges

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Si des fuites sont détectées à proximité de équipements, il est nécessaire de :             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Fermer les robinets</li> <li>○ Vidanger le groupe</li> <li>○ Changer les joints défectueux</li> </ul> </li> <li>▪ Si problème sur la boulonnerie :             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Fermer les robinets</li> <li>○ Vidanger le groupe</li> <li>○ Resserrer ou changer la boulonnerie défectueuse</li> </ul> </li> </ul>
---

Tableau II-3 : Corps de la pompe – contrôle visuel [21]

<b>Corps de pompe (Figure II.1) – contrôle visuel</b>
<b>Conditions</b>
<p><b>Personnel :</b> Responsable d'exploitation</p> <p><b>Sécurité :</b> Machine à l'arrêt, groupe en sécurité, pompe vidangée</p> <p><b>Fréquence :</b> Mensuelle (joints), semestrielle (boulonnerie)</p>
<b>Procédure</b>
<p><b>But :</b> Cette opération de maintenance permet vérifier l'état visuel du conduit ainsi que le contrôle du nez d'une avant-directrice.</p>
<b>Opérations</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Contrôle visuel de l'intérieur de la manchette et de l'intérieur du corps de pompe.</li> <li>▪ Contrôle du nez d'un profil avant directrice.</li> <li>▪ Contrôle de façon aléatoire sur les avant-directrices, contrôle par méthode adéquate à initiative du contrôleur.</li> </ul>
<b>Action</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Si nécessaire, refaire la protection anticorrosion peinture.</li> </ul> <p>En cas de détérioration importante du nez du profil d'une avant-directrice, un rechargement est nécessaire afin de retrouver le profil initial.</p>

Tableau II-4: corps de pompe-inspection [21]

**II.2.8.5. Maintenance diffuseur :**

<b>Action d'inspection</b>	<b>Fréquence</b>
Contrôle visuel des étanchéités de tous les joints avec interfaces vers l'extérieur. Coté flasque supérieur.	Tous les 15 jours pendant 3 mois Mensuelle
Contrôle visuel des goujons de fixation du flasque supérieur, des arrêts des goujons de fixation du labyrinthe supérieur.	Le 1 <sup>er</sup> mois Trimestrielle
Contrôle visuel des étanchéités de tous les joints avec interfaces vers l'extérieur. Coté flasque inférieur.	Tous les 15 jours pendant 3 mois Mensuelle
Contrôle visuel des goujons de fixation du flasque inférieur, des goujons de fixation du diffuseur inférieur et des goujons de fixation du coude aspirateur	Le 1 <sup>er</sup> mois Trimestrielle
<b>Action de Maintenance</b>	
Contrôle de la précontrainte résiduelle dans les goujons de fixation du flasque supérieur.	Tous les 3 ans, (Ou en fonction des arrêts de groupe)
Contrôle de la résiduelle dans les goujons de fixation du flasque inférieur.	Tous les 3 ans, (Ou en fonction des arrêts de groupe)

Tableau II-5: les actions d'inspection et de la maintenance (diffuseur) [21]

<b>Diffuseur (Figure II.5)-Contrôle visuel</b>
<b>Conditions</b>
<p><b>Personnel :</b> Responsable d'exploitation</p> <p><b>Sécurité :</b> Machine à l'arrêt, en eau</p> <p><b>Fréquence :</b> Mensuelle (joints), trimestrielle (boulonnerie)</p>

## CHAPITRE II : Maintenance et fiabilité des pompes centrifuges

<b>Procédure</b>
<b>But :</b> Cette vérification concerne les joints et la boulonnerie avec interface vers l'extérieur des principaux composants du flasque supérieur et du flasque inférieur.
<b>Opération</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Contrôle visuel des joints du flasque supérieur (présence de fuites).</li> <li>▪ Contrôle visuel des joints du flasque inférieur (présence de fuites).</li> <li>▪ Contrôle visuel de la boulonnerie supérieure.               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Fixation flasque supérieur</li> <li>○ Fixation du labyrinthe supérieur</li> </ul> </li> <li>▪ Contrôle visuel de la boulonnerie inférieur :               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Fixation flasque inférieur.</li> <li>○ Fixation du diffuseur inférieur.</li> <li>○ Fixation du coude aspiration.</li> <li>○</li> </ul> </li> </ul>
<b>Action</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Si des fuites sont détectées à proximité de ces équipements, il est nécessaire de :               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Fermer les robinets</li> <li>○ Vidanger le groupe</li> <li>○ Changer les joints défectueux</li> </ul> </li> <li>▪ Si problème sur la boulonnerie :               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Fermer les robinets</li> <li>○ Vidanger le groupe</li> <li>○ Resserrer ou changer la boulonnerie défectueuse</li> </ul> </li> </ul>

Tableau II-6: contrôle visuel de diffuseur [21]

### II.2.8.5.1. Feuille de maintenance préventive (diffuseur) :

Diffuseur-Précontrainte résiduelle
<b>Conditions</b>
<b>Personnel :</b> Responsable d'exploitation
<b>Sécurité :</b> Machine à l'arrêt, groupe vidangé
<b>Fréquence :</b> Tous les 3 ans (ou en fonction des arrêts de groupe)
<b>Procédure</b>
<b>But :</b> Cette vérification concerne le serrage de la boulonnerie de fixation du flasque supérieur et du flasque inférieur sur l'avant-distributeur.
<b>Opération</b>

## CHAPITRE II : Maintenance et fiabilité des pompes centrifuges

Contrôle de l'allongement résiduel à l'aide soit d'un comparateur soit d'une jauge CEG type « JOHNSON » et le comparer avec le marquage inscrit sur l'extrémité du goujon.
<b>Action</b>
Si la valeur inscrite sur l'extrémité du goujon est différente de la valeur mesurée, il est nécessaire de contacter ALSTOM Power Hydro pour l'opération de resserrage des goujons.

Tableau II-7: Précontrainte résiduelle (diffuseur) [21]

### II.2.8.6. Maintenance du rotor :

Action d'inspection	Fréquence
Contrôle du jeu du labyrinthe inférieur	Annuelle
Inspection visuelle sous la roue : Contrôle des traces de cavitation éventuelle sous la roue. Contrôle visuel du fourreau inférieur.	Tous les mois pendant 6 mois. Voir la vignette pour garantie
<b>Action maintenance</b>	
Démontage de l'arbre intermédiaire. Contrôle de la précontrainte dans les goujons d'accouplement manchon / arbre turbine.	Tous les 3 ans.
Ressuage des goujons d'accouplement de l'arbre intermédiaire.	Tous les 3 ans. (pendant le démontage de l'arbre intermédiaire)

Tableau II-8: des actions d'inspection et de maintenance (rotor) [21]

### II.2.8.6.. Feuille de maintenance préventive (rotor) :

<b>Rotor (figure II.6) – Inspection</b>
<b>Condition</b>
Personnel : Responsable d'exploitation Sécurité : Machine à l'arrêt, groupe en sécurité, pompe vidangée Fréquence : Annuelle

## CHAPITRE II : Maintenance et fiabilité des pompes centrifuges

<b>Procédure</b>
<p>But : cette opération de maintenance permet de vérifier de jeu radial du labyrinthe inférieur et l'inspection visuelle de la roue et du fourreau</p>
<b>Operations</b>
<p>Mettre la ligne d'arbre en position relevée (Moteur sur les freins)</p> <p>L'accès à la roue se fera par l'intermédiaire du trou d'homme de la trompette.</p> <p>Le contrôle du jeu doit s'effectuer l'aide d'un jeu de cales, à l'initiative du contrôle</p> <p>L'usure des labyrinthes est normale tant que le jeu n'excède pas 50% du jeu initial</p> <p>Contrôle visuel de la roue (présence de traces de cavitation)</p> <p>Contrôle visuel de l'état général du fourreau inférieur</p>
<b>Action</b>
<p>En cas d'augmentation importante du jeu</p> <p>En cas présence de traces de cavitation</p> <p>L'inspection de la roue doit faire l'objet d'un compte rendu signé, expliquant en détails les observations faits, si possibles, illustré à l'aide de photos</p>

Tableau II-9: d'inspection (rotor) [21]

<b>Rotor-Précontrainte résiduelle</b>
<b>Conditions</b>
<p><b>Personnel</b> : Responsable d'exploitation</p> <p><b>Sécurité</b> : Machine à l'arrêt, groupe vidangé</p> <p><b>Fréquence</b> : tous les 3 ans</p>
<b>Procédure</b>

## CHAPITRE II : Maintenance et fiabilité des pompes centrifuges

<p><b>But :</b> Cette vérification concerne le serrage de la boulonnerie de fixation du manchon sur l'arbre turbine.</p>
<p><b>Opérations</b></p>
<p>Démonter l'arbre intermédiaire pour pouvoir accéder aux goujons.          Contrôle de l'allongement résiduel à l'aide soit d'un comparateur soit d'une jauge CEG Type « JOHNSON » et le comparer avec le marquage inscrit sur l'extrémité du goujon</p>
<p><b>Action</b></p>
<p>Si la valeur inscrite sur l'extrémité du goujon est différente de la valeur mesurée.          Il est nécessaire de contacter ALSTOM Power Hydro pour l'opération de resserrage des goujons.</p>

Tableau II-10: Précontrainte résiduelle (rotor) [21]

### II.2.8.7. Maintenance des paliers hydrostatiques :

Action d'Inspection	Fréquence
Contrôle visuel de la visserie du couvercle du palier hydrostatique supérieur.	Tous les 3 mois
<p><b>Action de Maintenance</b></p>	
Contrôle du jeu du palier hydrostatique supérieur.	Le 1 <sup>er</sup> mois Annuelle
Contrôle du jeu du palier hydrostatique inférieur.	Le 1 <sup>er</sup> mois Annuelle
Contrôle des serrages des paliers hydrostatiques.	Tous les 3 mois

Tableau II-11: d'inspection et de maintenance (paliers hydrostatiques)

**II.2.8.7.1. Feuille de maintenance préventive (paliers hydrostatiques) :**

<b>Paliers hydrostatiques (Figure II.7) – Contrôle visuel</b>
<b>Conditions</b>
<b>Personnel:</b> Responsable d'exploitation <b>Sécurité:</b> Machine à l'arrêt <b>Fréquence:</b> Trimestrielle
<b>Procédure</b>
<b>But:</b> Cette vérification concerne la boulonnerie avec interface vers l'extérieur du couvercle du palier hydrostatique supérieur.
<b>Opérations :</b>
Contrôle visuel de la boulonnerie.
<b>Action</b>
Si problème sur la boulonnerie Resserrer ou changer la boulonnerie défectueuse.

Tableau II-12: contrôle visuel –paliers hydrostatiques

<b>Paliers hydrostatiques – Contrôle du jeu</b>
<b>Conditions</b>
<b>Personnel:</b> Responsable d'exploitation <b>Sécurité :</b> Machine à l'arrêt, groupe en sécurité, pompe vidangée <b>Fréquence:</b> Annuelle

## CHAPITRE II : Maintenance et fiabilité des pompes centrifuges

<b>Procédure</b>
<b>But :</b> Cette opération de maintenance permet de vérifier le jeu radial du palier hydrostatique supérieur et du palier hydrostatique inférieur.
<b>Opérations</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Palier hydrostatique supérieur :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Démontez les plaques de fermeture du couvercle du palier.</li> </ul> <p>Le contrôle du jeu doit s'effectuer à l'aide d'un jeu de cales, à l'initiative du contrôleur.</p> </li> <li>● <b>Palier hydrostatique inférieur :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Alimenter le pivot en eau.</li> <li>○ Faire appuyer un comparateur (muni d'un long doigt) sur l'arbre en passant par un trou M56 prévu à cet effet dans le coude aspirateur.</li> <li>○ Contrôler le jeu par déplacement de l'arbre.</li> <li>○ Le déplacement de l'arbre pourra se faire par l'intérieur du coude aspirateur à l'aide d'un vérin entre le fourreau inférieur et le flasque inférieur.</li> </ul> </li> </ul>
<b>Action</b>
<p>En cas d'augmentation importante du jeu.</p> <p>Contactez ALSTOM Power Hydro pour le choix des opérations à adopter.</p>

Tableau II-13: contrôle de jeu – paliers hydrostatiques

<b>Paliers hydrostatiques – Précontrainte</b>
<b>Conditions</b>
<p><b>Personnel :</b> Responsable d'exploitation</p> <p><b>Sécurité:</b> Machine à l'arrêt, groupe en sécurité, pompe vidangée</p> <p><b>Fréquence:</b> Tous les 3ans</p>



## CHAPITRE II : Maintenance et fiabilité des pompes centrifuges

<b>Procédure</b>
<p><b>But:</b> Cette vérification concerne le serrage de la boulonnerie de fixation des paliers hydrostatiques inférieur et supérieur.</p>
<b>Opérations</b>
<p><b>Palier supérieur :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Démontez le couvercle de la cuve palier.</li> <li>• Contrôlez le couple de serrage sur deux vis à l'initiative du contrôleur.</li> <li>• Vérifiez l'état de l'ensemble des rondelles freins d'équerre.</li> </ul> <p><b>Palier inférieur :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Démontez le pivot hydrostatique.</li> <li>• Contrôlez le couple de serrage sur deux vis à l'initiative du contrôleur.</li> <li>• Vérifiez l'état de l'ensemble des rondelles freins d'équerre.</li> </ul>
<b>Action</b>
<p>Si la valeur du couple de serrage est différente de la valeur nécessaire pour obtenir la précontrainte, il est nécessaire d'effectuer un resserrage de toutes les vis.</p> <p>Si une rondelle frein d'équerre n'occupe plus sa fonction ; il est nécessaire de la remplacer.</p>

Tableau II-14: paliers hydrostatiques -précontrainte - [21]

### II.2.8.8. Maintenance conduit basse pression :

<b>Action d'Inspection</b>	<b>Fréquence</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspection visuelle du conduit.</li> <li>• Etat général du trou d'homme.</li> </ul>	Le 1 <sup>er</sup> mois puis semestrielle
Contrôle visuel des étanchéités de tous les joints avec interfaces vers l'extérieur.	Tous les 15 jours pendant 3 mois. Mensuelle
Contrôle visuel état général des boulons visible de	Semestrielle

## CHAPITRE II : Maintenance et fiabilité des pompes centrifuges

L'extérieur.	
Contrôle de la précontrainte des goujons de fixation des boutons.	Tous les 3 ans
<b>Action de Maintenance</b>	
Changer le joint du trou d'homme	Annuelle
Ressuage des vis du trou d'homme	Tous les 5 ans

Tableau II-15: D'actions inspection et maintenance (conduit basse pression) [20]

### II.2.8.8.1. Feuille de maintenance préventive (conduit basse pression)

<b>Conduit Basse Pression (Figure II.9.)– Contrôle visuel</b>
<b>Conditions</b>
<p><b>Personnel:</b> Responsable d'exploitation</p> <p><b>Sécurité:</b> Machine à l'arrêt, en eau</p> <p><b>Fréquence:</b> Mensuelle (joints), semestrielle (boulonnerie)</p>
<b>Procédure</b>
<p><b>But:</b> Cette vérification concerne les joints et la boulonnerie avec interface vers l'extérieur des principaux composants du conduit Basse Pression.</p>
<b>Opérations</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contrôle visuel des joints du tampon trou d'homme de la manchette (présence de fuites).</li> </ul>

## CHAPITRE II : Maintenance et fiabilité des pompes centrifuges

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contrôle visuel de la boulonnerie du tampon trou d'homme.</li> <li>• Contrôle visuel de la boulonnerie de la manchette.</li> </ul>
<b>Action</b>
<p><b>Si des fuites sont détectées à proximité de ces équipements, il est nécessaire de :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fermer les robinets</li> <li>• Vidanger le groupe</li> <li>• Changer les joints défectueux.</li> </ul> <p><b>Si problème sur la boulonnerie :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fermer les robinets</li> <li>• Vidanger le groupe</li> <li>• Resserrer ou changer la boulonnerie défectueuse</li> </ul>

Tableau II-16: contrôle visuel –conduit basse pression- [20]

<b>Conduit Basse Pression – Inspection</b>
<b>Conditions</b>
<p><b>Personnel :</b> Responsable d'exploitation</p> <p><b>Sécurité :</b> Machine à l'arrêt, groupe en sécurité, pompe vidangée</p> <p><b>Fréquence:</b> Semestrielle</p>
<b>Procédure</b>
<p><b>But :</b> Cette opération de maintenance permet de vérifier l'état visuel du conduit ainsi que l'état général du trou d'homme.</p>
<b>Opérations</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contrôle visuel de l'intérieur de la trompette, de la manchette et de l'intérieur du</li> </ul>

## CHAPITRE II : Maintenance et fiabilité des pompes centrifuges

<p>coude d'aspirateur.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contrôle de l'état général du trou d'homme.</li> </ul>
<b>Action</b>
Si nécessaire, refaire la protection anticorrosion peinture.

Tableau II-17: inspection – conduit basse pression

<b>Conduit Basse Pression – Précontrainte</b>
<b>Conditions</b>
<p><b>Personnel:</b> Responsable d'exploitation</p> <p><b>Sécurité:</b> Machine à l'arrêt</p> <p><b>Fréquence:</b> Tous les 3ans</p>
<b>Procédure</b>
<b>But:</b> Cette vérification concerne le serrage de la boulonnerie de fixation des butons.
<b>Opérations</b>
Contrôler le couple de serrage sur tous les goujons.
<b>Action</b>
Si la valeur du couple de serrage est différente de la valeur nécessaire pour obtenir la précontrainte, il est nécessaire d'effectuer un resserrage de l'écrou.

Tableau II-18: précontrainte –conduit basse pression- [20]

### II.2.8.9. Tuyauteries :

Cette partie décrit les opérations de maintenance à réaliser par un personnel spécialisé dans ce type d'équipement. Le respect des règles de sécurité est de la responsabilité de l'utilisateur.

#### II.2.8.9.1. Maintenance préventive :

Suivre les feuilles ci jointes avant d'entreprendre ces actions de maintenance. L'utilisateur est responsable de l'adaptation de ces feuilles en fonction des habitudes de travail sur le site.

#### II.2.8.9.2. Outillage :

Il n'y a pas d'outillage spécifique nécessaire pour ces actions de maintenance et opérations de contrôle. Cependant, les opérations de maintenance lourdes nécessitent des équipements importants : poste de soudure, palans, vérin pour précontraindre la boulonnerie. (Tableau II-19)

<b>Action d'Inspection</b>	<b>Fréquence</b>
Vérification du fonctionnement des vannes de toutes les tuyauteries.	Le 1 <sup>er</sup> mois Annuelle
Vérification des brides. Contrôle visuel des fuites.	Tous les 15 jours pendant 3 mois. Mensuelle
Suivi des valeurs des pressions	Toutes les semaines
Contrôle tous les relevés de pressions : contrôle des diaphragmes.	Semestrielle

Tableau II-19: action d'inspection tuyauteries

**II.2.8.9.3. Contrôler de fonctionnement des vannes :**

- Dénoyage bâche : vanne automatique
- Renoyage bâche : vanne automatique.
- Alimentation des labyrinthes : vanne automatique.
- Alimentation labyrinthe supérieur : vanne manuelle.
- Alimentation labyrinthe intermédiaire : vanne manuelle.
- Alimentation labyrinthe inférieur : vanne manuelle.
- Dénoyage renoyage aspirateur : vanne automatique et vanne automatique

**II.2.8.9.4. Feuille de maintenance préventive (tuyauteries) :**

<b>Tuyauteries</b>
<b>Conditions</b>
<p><b>Personnel:</b> Responsable d'exploitation</p> <p><b>Sécurité :</b> Machine à l'arrêt, groupe en sécurité, pompe vidangée.</p> <p><b>Fréquence:</b> Annuelle</p>
<b>Procédure</b>

## CHAPITRE II : Maintenance et fiabilité des pompes centrifuges

<b>But:</b> Cette vérification concerne le fonctionnement des vannes automatiques et manuelles.
<b>Opérations</b>
<p><b>Contrôle des vannes automatiques :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manœuvrer la vanne en utilisant les électrovannes (ou l'automate en mode manuel).</li> <li>▪ Vérifier que la station hydraulique est à la pression nominale.</li> <li>▪ Vérifier que la vanne se ferme complètement.</li> <li>▪ Vérifier que la vanne n'a pas de points durs.</li> <li>▪ NB : Le temps de manœuvre n'est pas nécessairement identique à celui mesuré quand la vanne est sous pression.</li> </ul> <p>Vérifier que les temps de manœuvre sont conformes à la documentation et à ceux</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ enregistrés à l'installation.</li> <li>▪ Vérifier que les contacts d'ouverture et de fermeture sont activés.</li> </ul> <p><b>Contrôle des vannes manuelles :</b></p> <p>Manœuvrer la vanne.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vérifier que la vanne se ferme complètement.</li> <li>▪ Vérifier que la vanne n'a pas de points durs.</li> </ul>

Tableau II-20: tuyauteries (contrôle des vannes)

<b>Tuyauteries</b>
<b>Conditions</b>
<p><b>Personnel:</b> Responsable d'exploitation</p> <p><b>Sécurité:</b> Machine à l'arrêt, en eau</p> <p><b>Fréquence:</b> Mensuelle (joints), semestrielle (boulonnerie)</p>
<b>Procédure</b>
<p><b>But:</b> Cette vérification concerne les joints et la boulonnerie des brides de L'ensemble des tuyauteries.</p>
<b>Opérations</b>

## CHAPITRE II : Maintenance et fiabilité des pompes centrifuges

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Contrôle visuel des joints des brides des tuyauteries (présence de fuites).</li> <li>▪ Contrôle visuel de la boulonnerie des brides.</li> </ul>
<b>Action</b>
<p><b>Si des fuites sont détectées à proximité de brides, il est nécessaire de :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Contrôler le serrage de la boulonnerie.</li> </ul> <p><b>Si la fuite persiste :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fermer les robinets</li> <li>▪ Vidanger le groupe</li> <li>▪ Fermer l'alimentation en eau d'arrosage.</li> <li>▪ Vidanger les tuyauteries</li> <li>▪ Changer les joints défectueux.</li> </ul> <p><b>Si problème sur la boulonnerie :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fermer les robinets</li> <li>▪ Vidanger le groupe</li> <li>▪ Resserrer ou changer la boulonnerie défectueuse.</li> </ul>

Tableau II-21: tuyauteries

### II.2.8.9.5. Feuille de relevé des pressions (tuyauteries) :

<b>SEMAINE</b>
<b>Tuyauteries</b>
<p><b>Personnel:</b> Responsable d'exploitation</p> <p><b>Sécurité:</b> Machine en fonctionnement</p> <p><b>Fréquence:</b> Hebdomadaire</p>
<b>Procédure</b>
<b>But:</b> Vérifier les pressions.
Opérations
<p><b>Contrôle des pressions par lecture sur l'automate :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pression d'eau dans le corps de pompe</li> <li>• Pression d'eau entrée ensemble filtration</li> <li>• Pression d'air</li> </ul> <p><b>Contrôle des pressions par lecture sur les pressostats :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pression d'eau dans le palier hydrostatique supérieure</li> <li>• Pression d'eau dans le palier hydrostatique inférieure.</li> </ul>

Tableau II-22: Feuille de relevé des pressions (tuyauteries) [21]

### II.2.8.10. Maintenance de pivot hydrostatique

#### II.2.8.10.1. Maintenance préventive

➤ **Toutes les semaines :**

- ✚ Vérifier l'ensemble des niveaux d'huile ainsi que l'étanchéité de toutes les tuyauteries d'huile et d'eau.
- ✚ S'assurer que la pression lue aux différents manomètres est toujours voisine de celle notée lors de la mise en route.
- ✚ S'assurer que pour des conditions de fonctionnement identiques, les divers indicateurs de température ont toujours des valeurs voisines de celles notées lors de la mise en route.

➤ **Tous les mois :**

- ✚ Vérifier le bon fonctionnement de tous les détecteurs (principalement le détecteur de survitesse) et relais pour s'assurer de leur parfait état de marche.
- ✚ Assurer le graissage convenable des moteurs.

➤ **Tous les trois mois :**

- ✚ Assurer si nécessaire le nettoyage des filtres et des crépines. La périodicité sera déterminée exactement après exploitation.

➤ **Tous les deux ans (éventuellement tous les ans si nécessaire) :**

- ✚ Vérifier l'étalonnage des divers appareils : thermostat, thermomètres, et en général de tous les indicateurs.
- ✚ Vidanger l'huile de l'ensemble de régulation sans oublier filtres à huile, tuyauteries, accumulateurs et, en général, tout le circuit d'huile. Vidanger de même les servomoteurs.
- ✚ nettoyer soigneusement les organes précités.
- ✚ Refaire le remplissage avec une huile neuve ou, à défaut, avec l'ancienne après l'avoir soigneusement régénérée.



### II.2.9. Les problèmes de la pompe centrifuge :

#### II.2.9.1. Problème de pole de rotor :

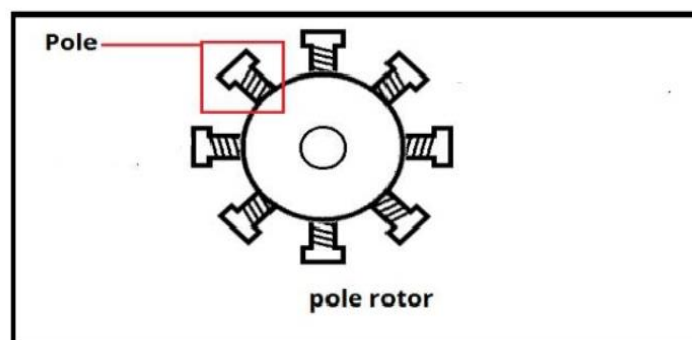


Figure II. 6 : Pole de rotor

#### II.2.9.1.1. Les Pôles :

Les noyaux des pôles sont constitués par un empilage de tôles en acier, serrées entre deux plaques en acier forgées. Ils sont fermement fixés à la jante au moyen de clés en T et de cales pentes insérées aux deux extrémités. (Figure II-7) [21]

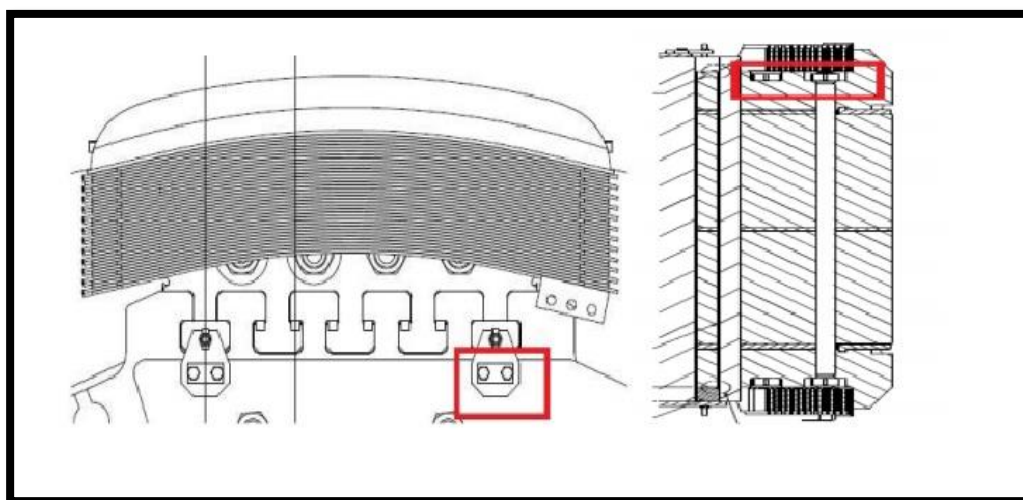


Figure II-7 : Ensemble Pôles bobinés

#### II.2.9.1.2. Blocage des pôles - mode opératoire :

- Mise en place des vis .Ecrrous. Butes et coins de inferieurs.
- Préparation des pôles ‘ soudage des cales de glissement).
- Mise en place des pôles à l’aide de l’outillage.
- Mise en place des coins de blocage supérieur. Fixation des ploques d’appui. Mise en place des vis. Ecrrous et freins de blocage supérieurs.
- Blocage de coins supérieurs et inférieurs à l’aide des vis et Ecrrous.
- Vérifier que les pôles sont bien ploques vers l’extérieurs ou rotor

L'enroulement rotor se compose de 8 bobines polaires constituées de plats en cuivre électrolytique enroulés autour du corps polaire et brasés à chaque coin.

Le papier Nomex classe F est employé pour l'isolation entre spires.

Le noyau polaire est isolé des bobines polaires par un papier Nomex collé sur le corps polaire. La bobine est calée à l'aide plaques isolantes disposées entre la bobine et le corps polaire. Un cadre isolant disposé sur les cornes polaires complète l'isolation du corps polaire.

Chaque bobine polaire est maintenue contre le noyau du pôle au moyen d'une corde imprégnée de résine et disposée tout autour du corps polaire dans un logement dédié. (Figure II.8) [21]

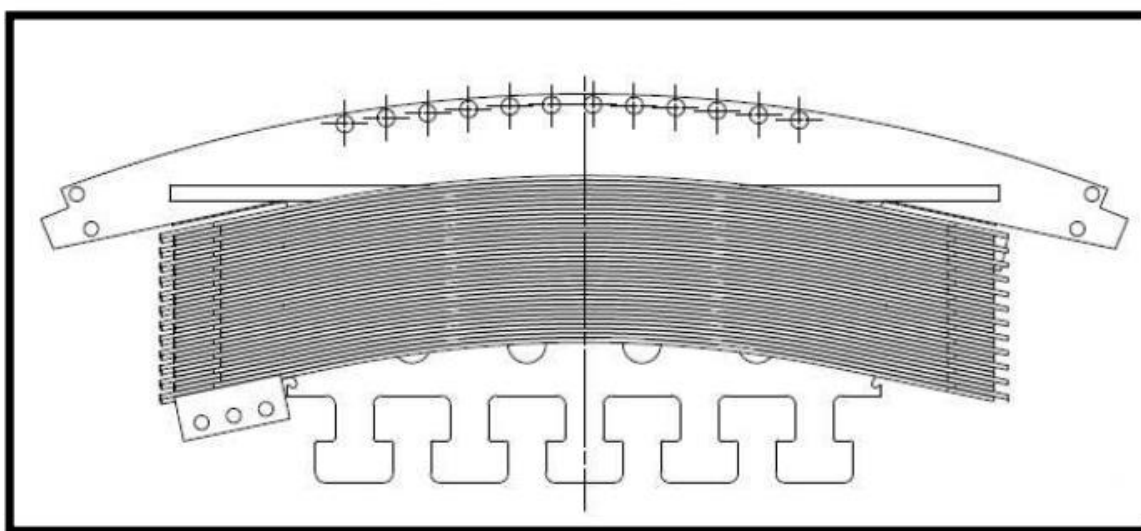


Figure II.8 : Ensemble Pôles bobinés

Les bobines polaires sont reliées entre elles par les connexions flexibles démontables fixées à la jante du rotor. Chaque pôle est muni d'un enroulement amortisseur constitué par des barres de cuivre brasées aux deux extrémités dans les segments en cuivre.

Les enroulements amortisseurs sont reliés entre eux par des connexions démontables fixées à la jante du rotor pour constituer une cage complète. La liaison entre l'enroulement de l'inducteur et le collecteur à bagues est effectuée par des connexions fixées fermement à la partie supérieure du rotor, des connexions traversant l'arbre et des connexions à l'intérieur du forage de l'arbre supérieur pour atteindre les anneaux du collecteur [5].

### **II.2.10. Conclusion :**

Les entreprises sont de plus en plus sensibilisées à l'importance des coûts induits par les accidentelles des systèmes de production. Alors que la maintenance, jusqu'à très récemment, était considérée comme génératrice de dépenses, les entreprises sont de plus en plus conscientes qu'elle peut contribuer d'une manière significative à la performance globale de l'entrepris.

# **CHAPITRE III :**

**L'application de la maintenance et de la  
fiabilité des pompes centrifuges dans  
l'entreprise TOP GLOVE latex  
industries**

## **CHAPITRE III : L'application de la maintenance et de fiabilité des pompes centrifuge dans l'entreprise TOP GLOVE**

---

### **III.1. Contexte et objectifs de l'étude :**

- Types de pompes centrifuges et leurs avantages
- Connaître le fonctionnement des pompes centrifuges et leur importance
- Les dysfonctionnements les plus importants qui se produisent et comment les entretenir
- Nous connaissons l'importance de la maintenance préventive
- Comment se passe la maintenance corrective
- Connaissance des indicateurs de fiabilité : taux de panne + temps moyen entre pannes et durée de vie

### **III.2.-Présentation de l'entreprise Top Gloves Latex Industries :**

SARL TOP GLOVES LATEX INDUSTRIES Créé en 2010 par l'union des professionnels qualifiés, exerçant dans le domaine médical et administratif, SARL TOP GLOVES LATEX INDUSTRIES est une société spécialisée dans la fabrication des gants à usage médical et chirurgical Couvrant 50 % du marché algérien, la SARL Top Gloves LATEX INDUSTRIES est certifiée Iso 9001 et en processus de certification Iso 13485. La société bénéficie de l'expertise des leaders du secteur des gants médicaux et travaille pour offrir à ses clients un ensemble de solutions en matière de santé couvrant les besoins des professionnels de santé notamment dans le domaine de l'hygiène et protection. Elle a été officiellement inaugurée le 14 septembre 2017 par le ministre de la Santé, de la Population et des Réformes hospitalières. A l'écoute de notre large réseau de distribution nous adaptons en permanence nos offres pour donner à nos clients un rapport qualité et prix optimal, et il existe 2 types des gants : chirurgical (par latex) et exam (par nitrile) avec différents tailles.

### **III.3. Etat des lieux de la maintenance des pompes centrifuges :**

#### **III.3.1. Les différents types de pompes centrifuges :**

Les pompes centrifuges ont différents types, et elles ont été mentionnées précédemment (chapitre 1). Quant à l'usine (top glave), ses types sont en fonction de son emplacement dans l'ouvrage, notamment : pompe bache à eau, pompe de recyclage, pompe de coagulait.



Figure III-1: pompe bache à eau



Figure III-2: pompe de recyclage

## CHAPITRE III : L'application de la maintenance et de fiabilité des pompes centrifuge dans l'entreprise TOP GLOVE



Figure III-3 : pompe de coagulant

### III.3.2. Les principaux modes de défaillance et causes de panne :

Système	Equipement	Panne/diagnostic	SN du moteur remplacé	Type d'intervention de prestation externe	TEMPS DE REALISATI	CUMULE D'ARR
Système hydraulique (Station Bâche a eau)	Pompe : Pentax /CM40-160A	court -circuit entre 02 bobines	Pentax /CM40-160A	rebobinage	15min	15min
Système hydraulique (Station Bâche a eau)	Pompe : AEEP-PW	permutation entre les pompes (placement de la pompe pentax de site 2 au niveau de site01)	Pentax /CM40-160A		20min	20min
Système hydraulique (Station Ice)	Pompe : Pentax/CM40-160	turbine + axe cassé	pompe bâche a eau site2		30min	30min
Système hydraulique bâches à eau 03	Pompe : E-025	Op. Amélioration		purgé la pompe	15min	0min

Tableau III-1: les modes de défaillance et causes de panne

## **CHAPITRE III : L'application de la maintenance et de fiabilité des pompes centrifuge dans l'entreprise TOP GLOVE**

### **III.3.3. Les stratégies de maintenance préventive et corrective :**

L'entretien préventif vient toujours en premier lieu en raison de sa grande importance, car l'usine top glave compte beaucoup sur elle pour protéger l'équipement de toute panne ou dysfonctionnement majeur .Ce dernier a un calendrier pour pratiquer l'entretien préventif avec des ingénieurs dans tous les domaines (mécanique , électricité,...) Cet entretien est une fois par semaine pour une durée de 15 minutes à 30 minutes selon le type de pompes.

Quant à la maintenance corrective, elle survient en raison d'un dysfonctionnement ou d'une panne imprévue donc l'équipe de maintenance intervient pour y remédier ,et cela dépend du dysfonctionnement.

### **III.4. Définition Etude de fiabilité :**

La fiabilité caractérise l'aptitude d'un système ou d'un matériel à accomplir une fonction requise dans des conditions données pendant un intervalle de temps donné.

### **III.5. Indicateurs de fiabilité ( $\lambda$ ) et (MTBF) :**

Précédemment le taux de défaillance ( $\lambda$ ) a été défini par des expressions mathématiques à travers un calcul de probabilité. On peut également l'exprimer par une expression physique. Il caractérise la vitesse de variation de la fiabilité au cours du temps. La durée de bon fonctionnement est égale à la durée totale en service moins la durée des défaillances.

$$\lambda = \frac{\text{nombre totale de défaillances pendant le service}}{\text{durée totale de bon fonctionnement}} \quad (\text{III.1})$$

### **III.6. Temps moyen de bon fonctionnement (MTBF) :**

Le MTBF est souvent traduit comme étant la moyenne des temps de bon fonctionnement mais représente la moyenne des temps entre deux défaillances.

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Temps de bon fonctionnement (TBF)}}{\text{Nombre de pannes}} \quad (\text{III.2})$$

Si  $\lambda$  est constant  $\text{MTBF} = \frac{1}{\lambda}$

☞

### **III.7. La courbe en baignoire :**

Pour un équipement (système réparable), l'évolution du taux de défaillance  $\lambda(t)$  se traduit souvent par une courbe dite « courbe en baignoire » mettant en évidence 3 époques : (Figure III.4)



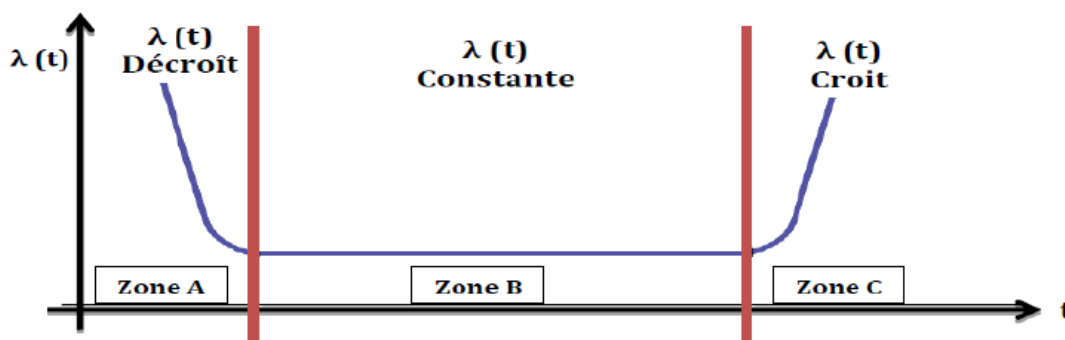


Figure III.4 : Courbe en baignoire

- Zone A ➡ Epoque de jeunesse
  - Zone B ➡ Epoque de maturité, fonctionnement normal, défaillance aléatoire indépendante du temps.
  - Zone C ➡ Epoque d'obsolescence, défaillances d'usure ou pannes de vieillesse.
- Le taux de défaillance, noté  $\lambda(t)$ , est un indicateur de la fiabilité. Il représente une proportion de dispositifs survivants à un instant. [26]

### III.8. Lois de probabilité utilisée en fiabilité :

#### a) Les lois discrètes

- La loi binomiale, la loi de poisson.

#### b) Les lois continues

- **La loi de WEIBULL** : La loi de WEIBULL, est souvent utilisée en mécanique ; elle caractérise bien le comportement du produit dans les trois phases de vie selon la valeur du paramètre de forme  $\beta$  : période de jeunesse ( $\beta < 1$ ), période de vie utile ( $\beta = 1$ ) et période d'usure ou vieillissement ( $\beta > 1$ ).
- **La loi exponentielle** : Cette loi a de nombreuses applications dans plusieurs domaines.

Elle décrit la vie des matériels qui subissent des défaillances brutales. La loi exponentielle est la plus couramment utilisée en fiabilité électronique pour décrire la période durant laquelle le taux de défaillance des équipements est considéré comme constant (défaillance aléatoire). Elle décrit le temps écoulé jusqu' à une défaillance, ou l'intervalle de temps entre deux défaillances. Elle est définie par un seul paramètre, le taux de défaillance,  $\lambda$ .

- **La loi normale** : La loi normale est très répandue parmi les lois de probabilité car elle s'applique (de nombreux phénomènes). La loi normale est définie par la moyenne  $\mu$  et l'écart type  $\sigma$ ).
- **La loi log normale** : Une variable aléatoire continue et positive  $t$  est distribuée selon une loi log normale si son logarithme est distribué suivant une loi normale. Cette distribution est utilisée en fiabilité pour modéliser les défaillances par fatigue. La loi log normale a deux paramètres  $\mu$  et  $\sigma$ .

## **CHAPITRE III : L'application de la maintenance et de fiabilité des pompes centrifuge dans l'entreprise TOP GLOVE**

---

### **III.9. Modèle de WEIBULL :**

En théorie des probabilités, la loi de WEIBULL, nommée d'après WALODDI WEIBULL en 1951, est une loi de probabilité continue. La loi de WEIBULL est un cas spécial de loi d'extremum généralisée au même titre que la loi de GUMBEL ou la loi de Fréchet. [28]

#### **III.9.1. Domaine d'application :**

La distribution de WEIBULL est souvent utilisée dans le domaine de l'analyse de la durée de.

vie, grâce à sa flexibilité car elle permet de représenter au moins approximativement une infinité de lois de probabilité.

Un taux de panne croissant suggère une "usure ou un problème de fiabilité" : les éléments ont de plus en plus de chances de tomber en panne quand le temps passe. [28]

#### **III.9.2. Etude paramétrique du modèle de WEIBULL :**

##### **a)- Signification du paramètre de forme $\beta$ :**

$\beta$  est un nombre sans dimension, il définit l'allure de la distribution de Weibull.

##### **b)- Signification du paramètre d'échelle $\eta$ :**

Caractérisant le choix d'une échelle, il s'exprime dans la même unité de temps que les TBF.

##### **c)- signification de paramètre de position $\gamma$ :**

Egalement nommé paramètre de décalage ou de position, il s'exprime en unité de temps.

Indique la date de l'apparition de mode défaillance caractérisé par  $\beta$ .

- Si  $\gamma > 0$  il y a survie totale entre  $t = 0$  et  $t = \gamma$ .
- Si  $\gamma = 0$  les défaillances débutant à l'origine des temps.
- Si  $\gamma < 0$ , les défaillances ont débuté avant l'origine des temps relevés, ce qui montre que la mise en service de l'équipement étudié à précéder la mise en historique des TBF. [28]

#### **III.9.3. Expressions mathématiques :**

Soit  $T_f$  la Variable aléatoire continue distribuée suivant une loi de probabilité de Weibull alors :

- **La densité de probabilité**

$$f(t) = (\beta / \eta) \cdot (t - \frac{\gamma}{\eta})^{\beta-1} \cdot e^{-((t - \gamma)/(\eta))^{\beta}} \quad \text{(III.3)}$$

Avec :  $t \geq \gamma$  .

$\beta$  : paramètre de forme  $\beta > 0$  ;

$\eta$  : Paramètre d'échelle  $\eta > 0$  ;

$\gamma$  : Paramètre de position  $\gamma \in \mathbb{R}$

- **La fonction de réparation**

$$F(t) = 1 - e^{-((t - \gamma)/(\eta))^\beta} \quad (\text{III.4}) \quad \text{Avec : } t \geq \gamma$$

- **La fonction de fiabilité**

$$R(t) = e^{-((t - \gamma)/(\eta))^\beta} \quad (\text{III.5})$$

- **Remarque :** pour  $\gamma = 0$  et  $\beta = 1$ , on trouve la distribution de probabilité exponentielle (cas particulier de la loi de probabilité de Weibull) :  $\lambda = \frac{1}{\eta}$  [23]

- **Le taux de défaillance**

$$\lambda(t) = (\beta / \eta) \cdot (t - \frac{\gamma}{\eta})^{\beta-1} \quad (\text{III.6}) \quad \text{Avec } t \geq \gamma$$

### III.9.4. Méthode d'application :

#### 1. choix de formule

- Si  $N > 50$ , regroupement des temps de bon fonctionnement par classes avec la fréquence cumulée :  $F(i) = \frac{i}{N} \approx F(t)$  (III.7)
- Si  $20 < N < 50$ , On affecte un rang "i" à chaque défaillance (approximation des rangs moyens):

$$F(i) = \frac{i}{N+1} \approx F(t) \quad (\text{III.8})$$

- Si  $N < 20$ , On affecte un rang "i" à chaque défaillance (approximation des rangs médians):

$$NF(i) = \frac{i-0,3}{N+0,4} \approx F(t) \quad (\text{III.9}) \quad [28]$$

### III.10. Maintenabilité :

Dans les conditions d'utilisation données pour lesquelles il a été conçu, la maintenabilité est l'aptitude d'un bien {être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits. (NF EN 13306). [29]

#### Commentaire

La Maintenabilité, c'est aussi  $\mu$  la probabilité que le dispositif après défaillance, soit remis en état de fonctionnement donné et dans un temps donné, est caractérisée par la Moyenne des Temps.

Techniques de Réparation (MTTR).

$$\frac{\sum TTR}{N} = \frac{\sum \text{nombre de cas favorables}}{\text{nombre de cas possibles}} \quad (\text{III.10})$$

## CHAPITRE III : L'application de la maintenance et de fiabilité des pompes centrifuge dans l'entreprise TOP GLOVE

### III.11. Disponibilité :

Aptitude d'un bien à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou durant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires est assurée. Cette aptitude dépend de la combinaison de :

La fiabilité - la maintenabilité – La maintenance - la logistique de maintenance.

Les moyens extérieurs nécessaires autres que la logistique de maintenance n'affectent pas la disponibilité du bien (NF EN 13306). [29]

#### ▪ Commentaire

La disponibilité c'est aussi la probabilité que le dispositif soit en état de fonctionnement, c'est-à-dire qu'il ne soit ni en panne ni en révision.

$$D_i = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad (\text{III.11})$$

Représente la disponibilité intrinsèque théorique

### III.12. Recensement et évaluation des pannes des groupes motopompes :

#### III.12.1. Nombres des pannes des groupes motopompes au cours de l'année 2022 :

Le tableau ci-dessous montre le nombre des pannes et le fonctionnement des pompes centrifuges en 2022 :

Les pompes		
Mois	TBF (min)	TTR (min)
Aout	174	24
Septembre	354	22
Octobre	60	35
Novembre	136	38
Décembre	119	25

Tableau III-2: TTR&TBF des toutes les pompe centrifuges

### CHAPITRE III : L'application de la maintenance et de fiabilité des pompes centrifuge dans l'entreprise TOP GLOVE

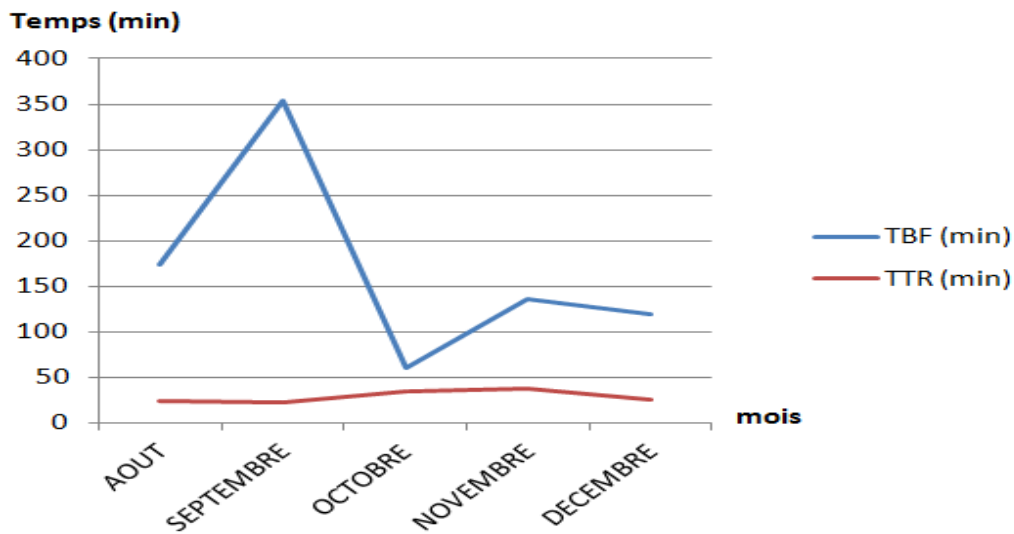


Figure III-5: courbe graphique de TBF & TTR

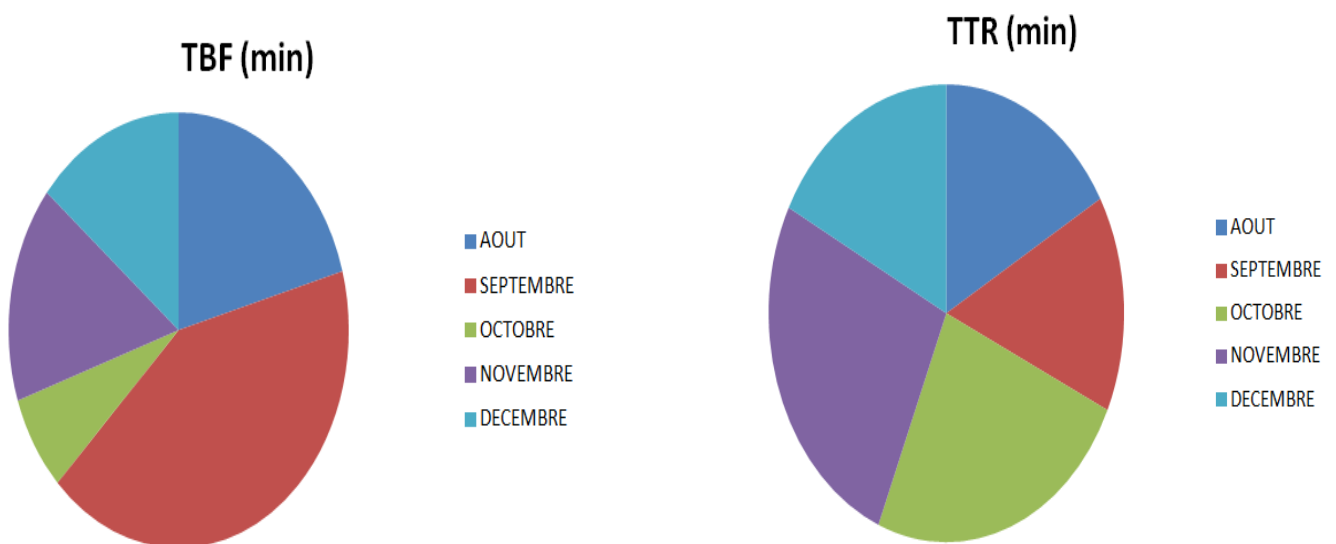


Figure III-6: cercle relatif de TBF & TTR

La courbe graphique montre le schème de travail et d'échec au cours des 5 mois de l'année 2022 :

- **Travail** : le travail pendant la période entre (aout et septembre) a été à un rythme élève, qui s'est reflété dans les périodes de septembre et octobre avec une baisse significative du rythme de travail, pour remonter dans la période récente entre octobre et décembre.
- **Echec** : nous n'avons pas enregistré beaucoup de pannes en 5 mois (TTR<50min).
- Nous concluons que le temps d'action est plus que le temps d'arrêt. (Figure III.5)

## CHAPITRE III : L'application de la maintenance et de fiabilité des pompes centrifuge dans l'entreprise TOP GLOVE

### III.13. Journal de maintenance des pompes pendant cinq mois pour usine TOP GLOVE :

❖ Aout 2022: TBF = 174min      TTR = 24min

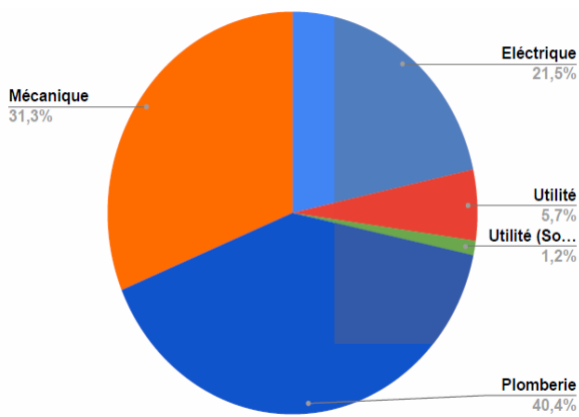


Figure III-7: Répartition des disciplines / interventions

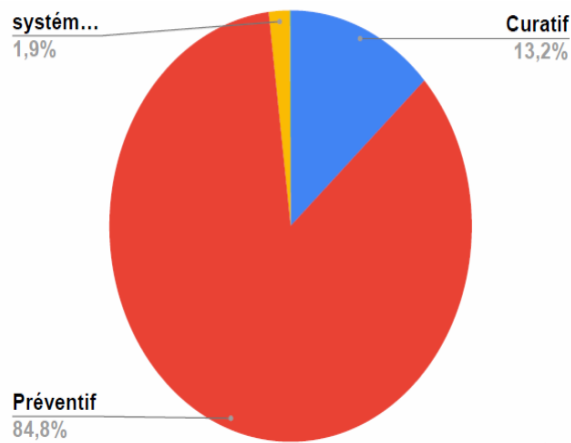


figure III-8 : Répartition/types d'interventions

❖ Les deux images représentatives des cercles relatifs pour la répartition des disciplines/intervention et la répartition / types d'intervention, ou l'on remarque sur figure 7 une augmentation du focus des secteurs mécanique et électrique et plombier, tandis que le pourcentage des autres secteurs diminue, alors que l'on remarque sur figure 8 une augmentation du pourcentage préventif et curatif et une diminution du système.....( Figure III.7, Figure III.8)

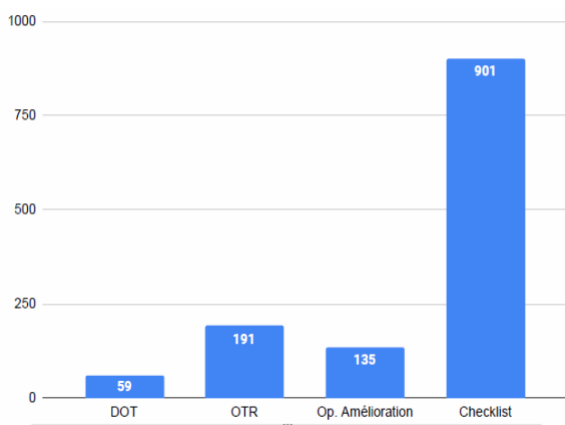


Figure III- 9:Types d'interventions

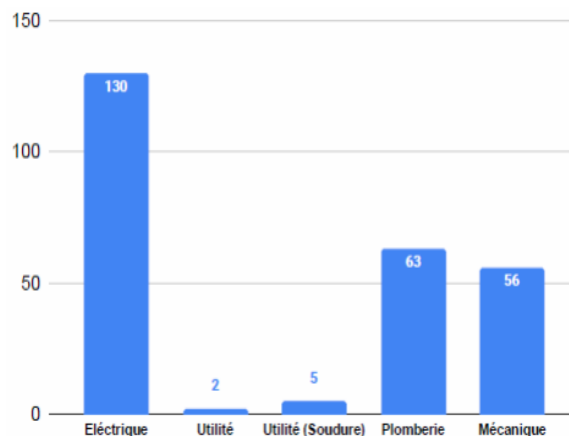


figure III-10 : Nombre de panne par discipline

❖ Les deux images représentent des colonnes graphiques pour le nombre de panne par discipline et les types d'interventions, ou l'on note sur la figure 9 la partie électrique et plombier qui a reçu le plus grand nombre de panne, et on note sur la figure 10 que la checklist est le type que nous utilisons le plus.( Figure III.9, Figure III.10)

## CHAPITRE III : L'application de la maintenance et de fiabilité des pompes centrifuge dans l'entreprise TOP GLOVE

❖ **Septembre 2022:** TBF = 354min TTR = 22min

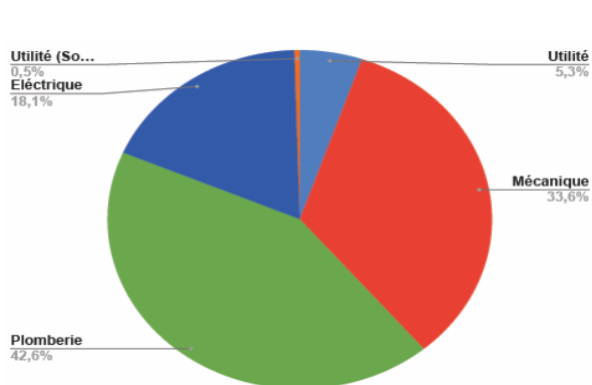


Figure III-11: Répartition des disciplines / interventions

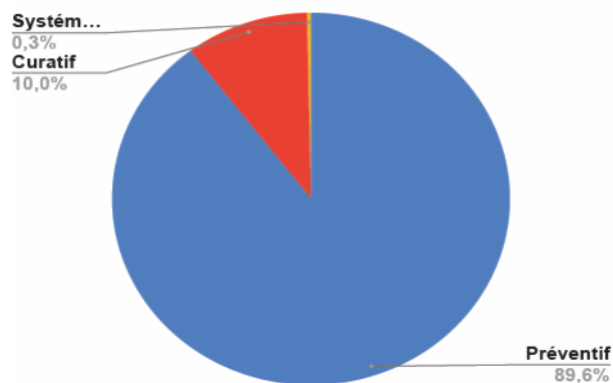


figure III-12 : Répartition/types D'interventions

- ❖ Les deux images représentatives des cercles relatifs pour la répartition des disciplines/intervention et la répartition / types d'intervention, où l'on remarque sur figure 11 une augmentation du focus des secteurs mécanique et électrique et plombier, tandis que le pourcentage des autres secteurs diminue, alors que l'on remarque sur figure 12 une augmentation du pourcentage préventif et curatif et une diminution du système.....( Figure III.11, Figure III.12)

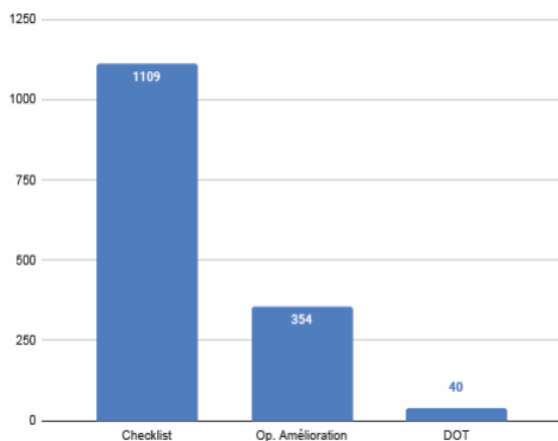


Figure III- 13: Types d'interventions

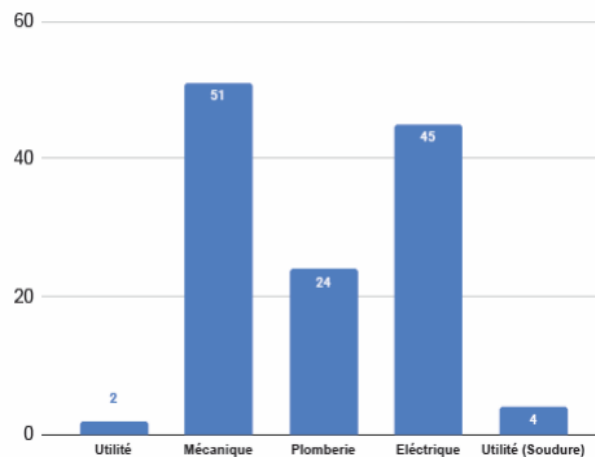


figure III- 14 : Nombre de panne par discipline

- ❖ Les deux images représentent des colonnes graphiques pour le nombre de panne par discipline et les types d'interventions, où l'on remarque sur figure 13 partie électrique et mécanique qui a obtenu le plus grand nombre d'échecs, et on remarque sur figure 14 que checklist est le type que l'on utilise la plupart. (Figure III.13, Figure III.14)

### CHAPITRE III : L'application de la maintenance et de fiabilité des pompes centrifuge dans l'entreprise TOP GLOVE

❖ Octobre 2022 : TBF = 60min TTR = 35min



Figure III-15 : Répartition des disciplines /interventions

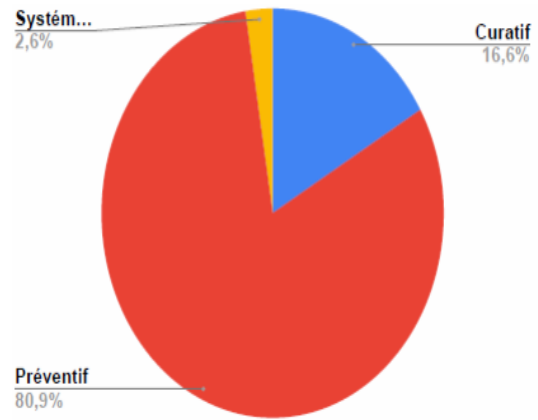


figure III-16 : Répartition/types d'interventions

- ❖ Les deux images représentatives des cercles relatifs pour la répartition des disciplines/intervention et la répartition / types d'intarventions , ou l'on remarque sur figure 15 que le seul secteur public travaillant est utilisé ,tandis que sur figure 16 nous remarquons une , augmentation de la proportion de ,préventive et curative une diminution du système....(Figure III.15, Figure III.16)

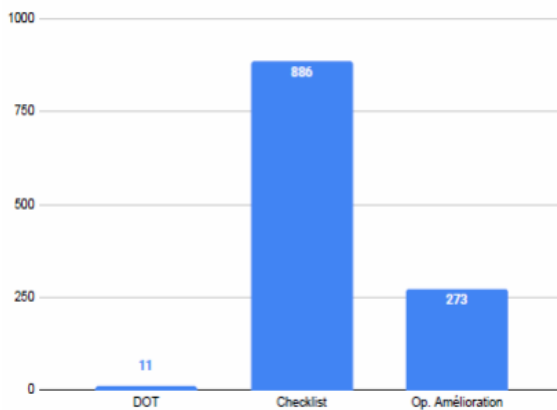


Figure III-17:Types d'interventions

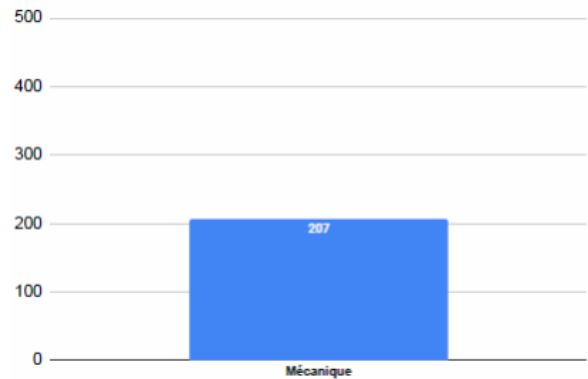


figure III-18 : Nombre de panne par discipline

- ❖ Les deux images représentent des colonnes graphiques pour le nombre de panne par discipline et les types d'interventions, ou l'on remarque sur figure17le seul panne survenue dans le secteur mécanique et on remarque sur figure 18 le type qui est largement utilisé est checklist.(Figure III.17, Figure III.18)



## CHAPITRE III : L'application de la maintenance et de fiabilité des pompes centrifuge dans l'entreprise TOP GLOVE

❖ **Novembre 2022:** TBF =136min

TTR = 38min

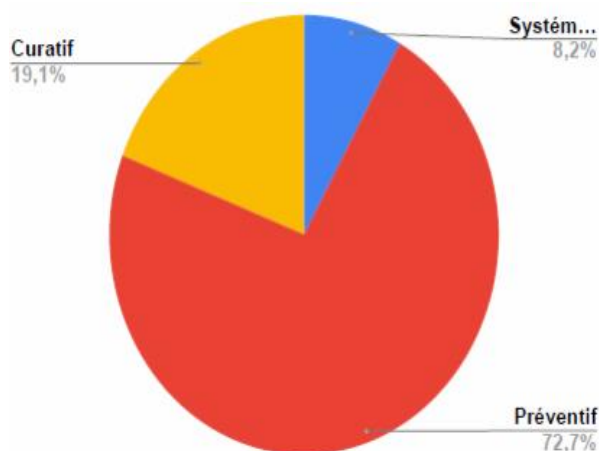
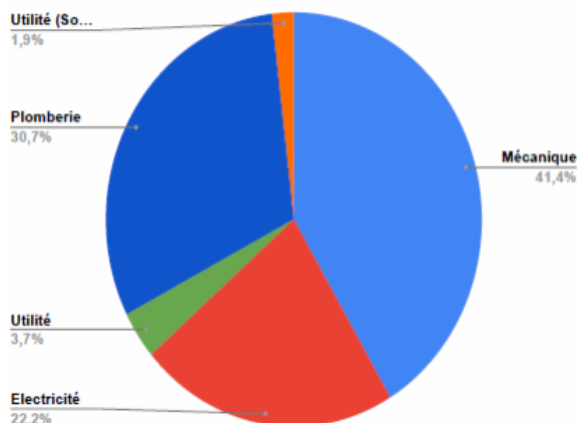


Figure III-19 : Répartition des disciplines /intervention

figure III-20 : Répartition/types d'interventions

Les deux images représentatives des cercles relatifs pour la répartition des disciplines/intervention et la répartition / types d'intarventions , ou l'on remarque sur figure 19 une augmentation du focus des secteurs mécanique et électrique et plombier ,tandis que le pourcentage des autres secteurs diminuent ,alors que l'on remarque des figure 20 une augmentation du centage . préventif et curatif et une diminution du système..( Figure III.19)

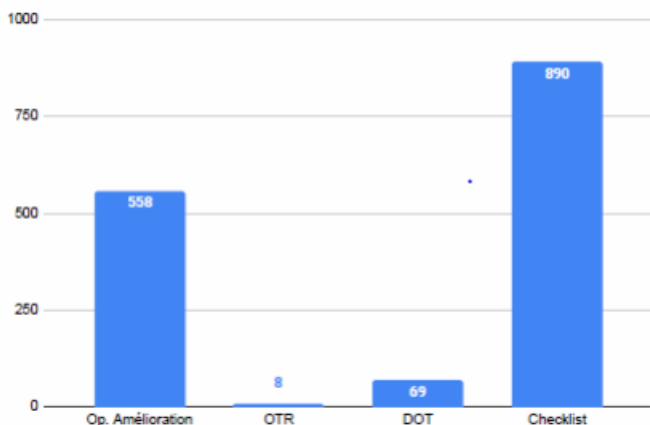


Figure III-21:Types d'interventions

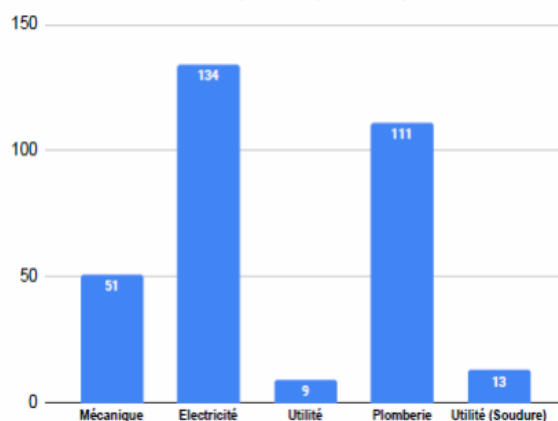


figure III-22 : Nombre de panne par discipline

❖ Les deux images représentent des colonnes graphiques pour le nombre de panne par discipline et les types d'interventions ,ou l'on remarque sur figure 21 partie électrique et plombier qui a obtenu le plus grand nombre d'échecs ,et on remarque sur figure 22 que checkliste est le type que l'on utilise la plupart.(Figure III.21, Figure III.22)

## CHAPITRE III : L'application de la maintenance et de fiabilité des pompes centrifuge dans l'entreprise TOP GLOVE

❖ **Décembre 2022 :** TBF = 119min                      TTR = 25min

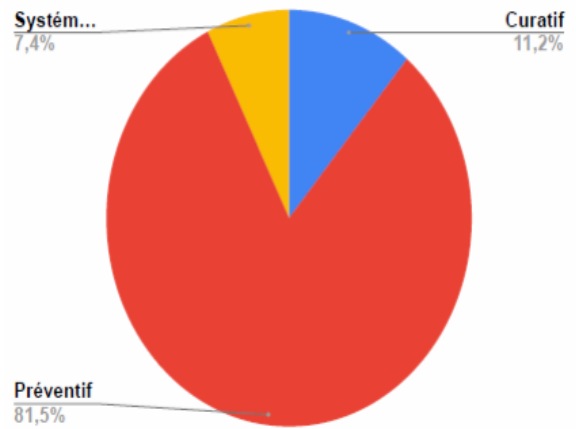
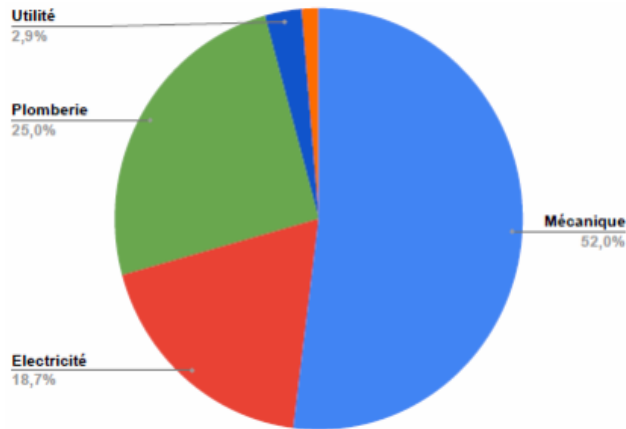


Figure III-23: Répartition des disciplines / interventions                      figure III-24 : Répartition/types d'interventions

❖ Les deux images représentatives des cercles relatifs pour la répartition des disciplines/intervention et la répartition / types d'intervention, où l'on remarque sur figure 23 une augmentation du focus des secteurs mécanique et électrique et plombier, tandis que le pourcentage des autres secteurs diminue, alors que l'on remarque sur figure 24 une augmentation du pourcentage préventif et curatif et une diminution du système.....(Figure III-23, figure III-24)

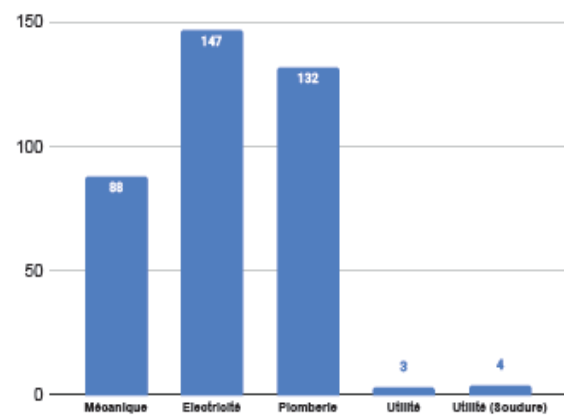
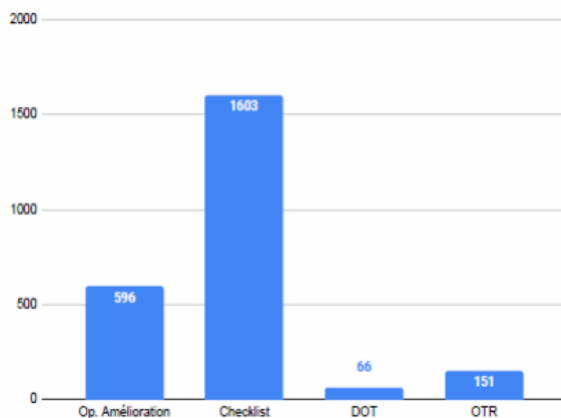


Figure III-25: Types d'interventions                      figure III-26 : Nombre de panne par discipline

❖ Les deux images représentent des colonnes graphiques pour le nombre de panne par discipline et les types d'interventions, où l'on remarque sur figure 25 l'électricité et le plombier qui ont obtenu le plus grand nombre d'échecs, et on remarque sur figure 26 que la checklist est le type que l'on utilise le plus. (Figure III-25, figure III-26)

## CHAPITRE III : L'application de la maintenance et de fiabilité des pompes centrifuge dans l'entreprise TOP GLOVE

---

### III.14. Discussion des résultats :

Le maintien des équipements de l'usine pose problème. Bien qu'il soit difficile d'atteindre le niveau ou la position « Zéro panne » pour une machine, l'idéal est de faire tourner les équipements avec moins de défaillances possibles pendant une longue période de temps donnée.

Nos observations sur cinq mois indiquent que les groupes de pompes centrifuges rencontraient régulièrement des problèmes qui provoquaient des périodes d'instabilité fréquente.

Les nombres de défaillances augmentent au fil du temps dans les différents composants des groupes des pompes centrifuges.

Nous illustrons ce constat en citant quelques cas :

- grillage de l'arbre d'entraînement ;
- roulement casés ;
- problème d'alignement ;
- vibration excessif du moteur électrique ;
- fuites aux joints d'étanchéité de l'arbre ;
- débits insuffisants

Dans les principes industriels, il est connu que les défaillances diminuent la durée de vie d'un matériel. .

Donc la politique de « maintenance systématique et conditionnelle associé à la prise en compte de l'impact des stress sur la fiabilité » est celle que nous adoptons pour le maintien des groupes des pompes centrifuges à l'usine de top glove.

Etant donnée cette hypothèse de l'environnement stressé dans lequel fonctionnent les groupes des pompes centrifuges, l'usine doit adopter la politique de maintenance que nous venons de dégager, celle-ci renforcera la politique de maintenance préventive déjà existante et appliquée en son sein. L'usine obtiendra ce renforcement par :

- l'augmentation du nombre des travaux d'inspection.
- le rapprochement le plus possible des dates des visites.
- l'augmentation du personnel technique affecté à la maintenance des groupes des pompes centrifuges.

## CHAPITRE III : L'application de la maintenance et de fiabilité des pompes centrifuges dans l'entreprise TOP GLOVE

### III.15. Détermination des paramètres de la loi de WEIBULL :

On choisit la loi de WEIBULL comme une loi de fiabilité pour notre équipement. On a relevé les temps de bon fonctionnement de notre système à partir de l'historique des données de l'année 2022.

Pour calculer les paramètres de la loi de WEIBULL, on utilise le logiciel Isograph Workbench 14.0. Les résultats obtenus sont : (Figure III-27)

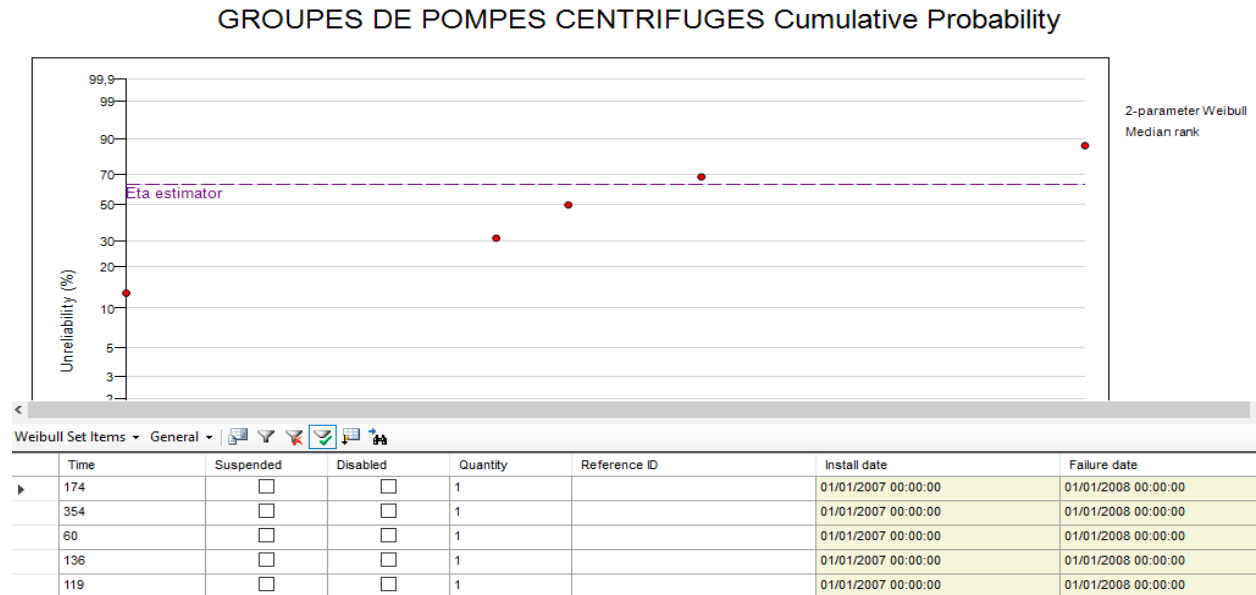


Figure III-27: l'acquisition des données TBF des groupes motopompes dans Isographi Workbench

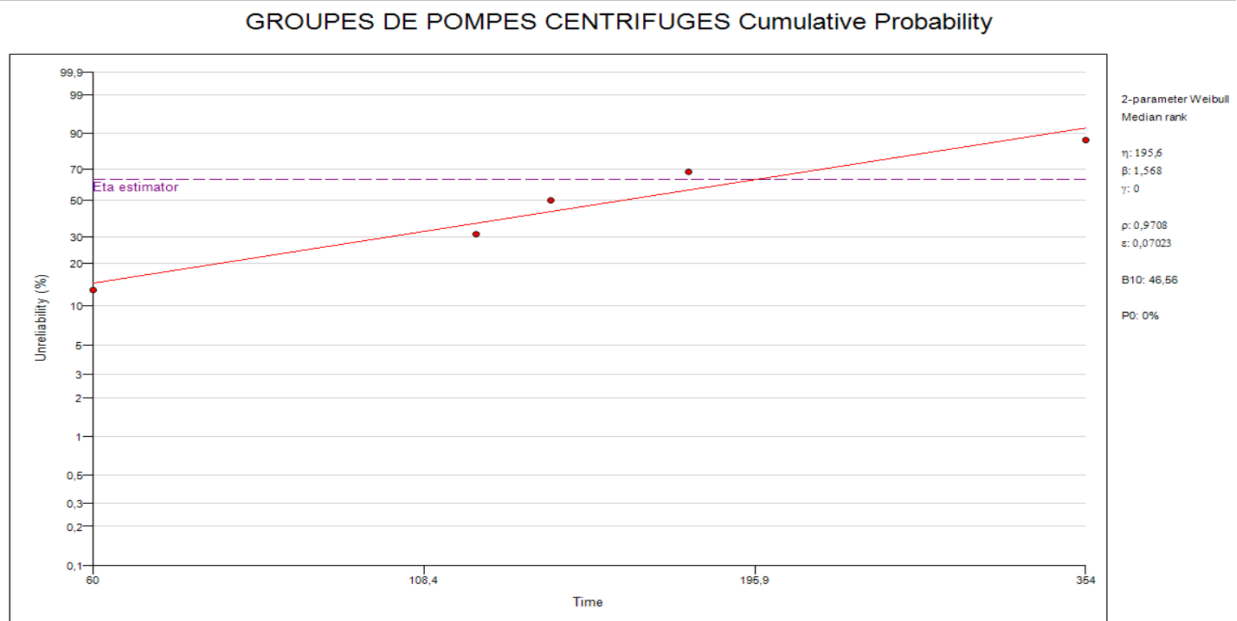


Figure III-28: Fonction de défaillance Weibull des groupes motopompes

### CHAPITRE III : L'application de la maintenance et de fiabilité des pompes centrifuge dans l'entreprise TOP GLOVE

Les paramètres de la loi de WEIBULL obtenus sont :

$$\eta = 195.6$$

$$\beta = 1.568$$

$$\gamma = 0$$

On calcule le MTBF à partir de la relation I.21, on trouve :

$$MTBF = 175.92 \text{ h}$$

On prend  $t = MTBF$  et on calcule la fiabilité par la relation I.19 :

$$R(175.92) = 1,87$$

L'allure du taux de défaillance et de la densité de probabilité (Pdf) , sont donnés la figure suivante : (Figure III-29 et Figure III-30)

#### GROUPES DE POMPES CENTRIFUGES Failure Rate

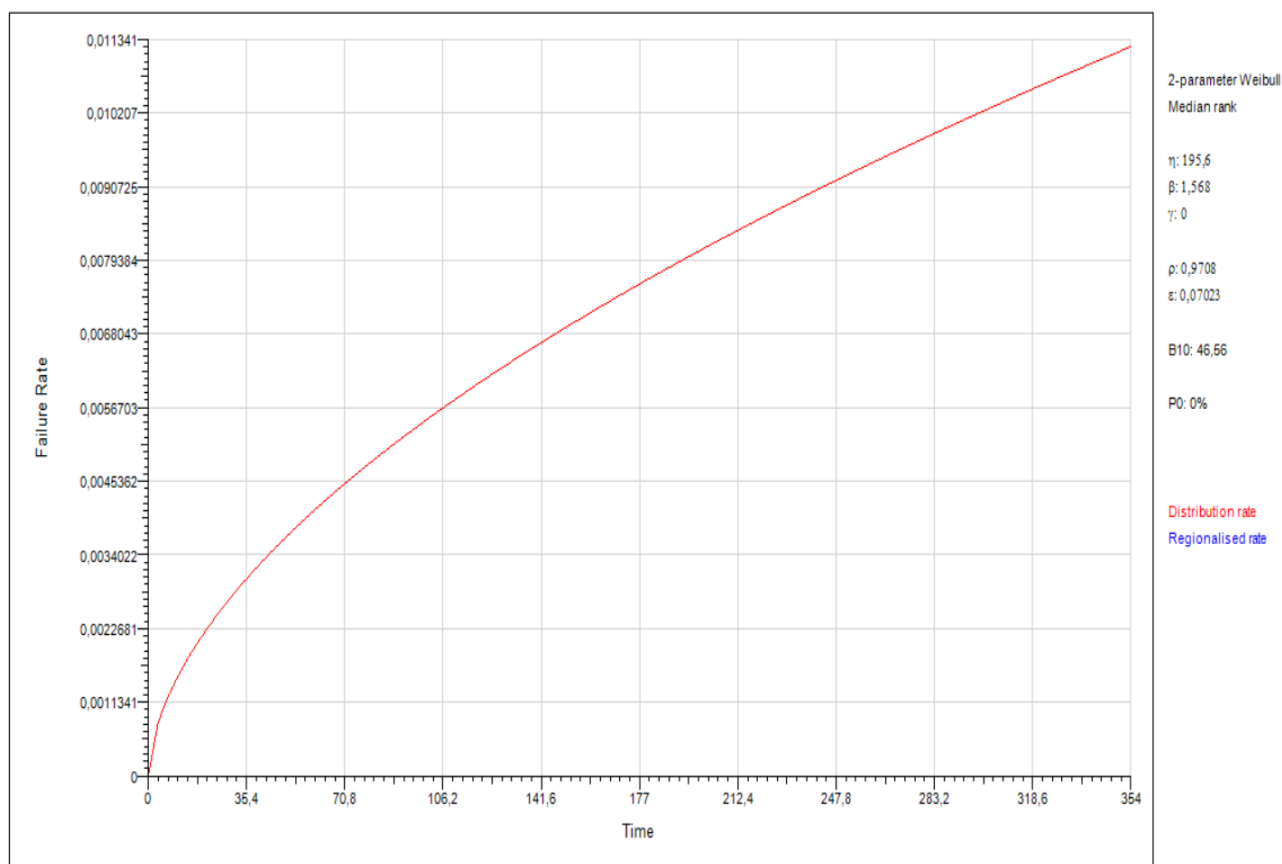


Figure III-29: Taux de défaillance des pompes centrifuges

## CHAPITRE III : L'application de la maintenance et de fiabilité des pompes centrifuges dans l'entreprise TOP GLOVE

### GROUPES DE POMPES CENTRIFUGES Probability Density Function

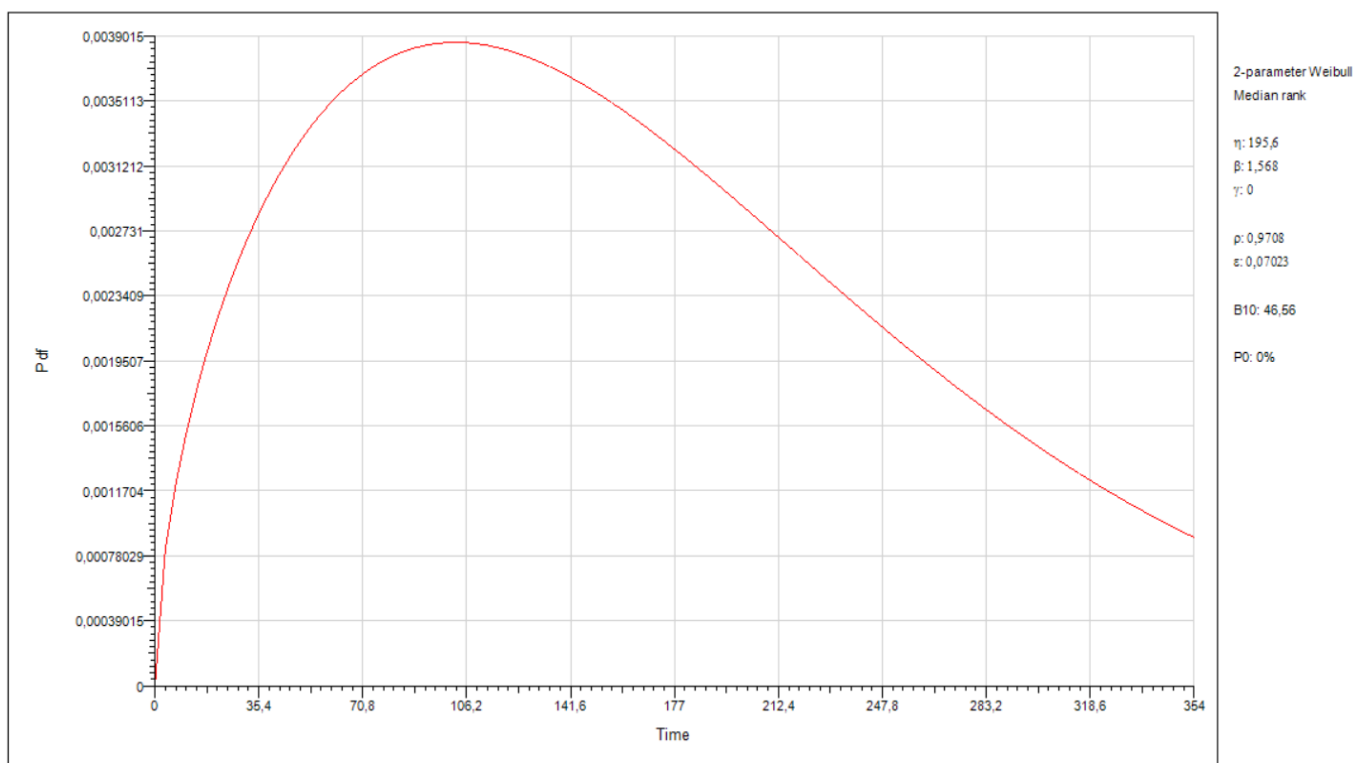


Figure III-30 : densité de probabilité de la loi de WEIBULL

#### III.16. Conclusion :

L'analyse des résultats a montré que la maintenance préventive était une priorité pour les pompes centrifuges étudiées. permet de détecter et de résoudre les problèmes potentiels avant qu'ils ne se transforment en défaillances majeures. Cela contribue à réduire les temps d'arrêt imprévus, à prolonger la durée de vie des pompes et à optimiser leur performance.

Cette étude de a permis d'obtenir des résultats significatifs et des recommandations pertinentes pour l'entreprise TOP GLOVES, telles que:

- l'établissement de programmes de maintenance préventive réguliers.
- la surveillance continue des performances des pompes.
- l'amélioration des processus de collecte et d'analyse des données de maintenance.

## Conclusion générale

Ce mémoire a été consacré à l'étude de la fiabilité et de la maintenance des pompes centrifuges, en mettant l'accent sur l'entreprise TOP GLOVES. L'objectif était d'analyser les stratégies de maintenance existantes, d'évaluer leur efficacité et de proposer des améliorations pour optimiser la fiabilité et la disponibilité des pompes centrifuges.

L'étude a permis d'obtenir des résultats prometteurs grâce à l'utilisation du logiciel Isographe Workbench 14.0 pour l'analyse de fiabilité. Les données recueillies et analysées ont fourni une vision claire de la performance des pompes centrifuges de l'entreprise. Les taux de défaillance, les temps moyens entre pannes (MTBF) et les temps moyens de réparation (TTR) ont été évalués de manière précise, ce qui a permis de comprendre les schémas de défaillance et d'identifier les problèmes récurrents.

L'analyse des résultats a montré que la maintenance préventive était une priorité pour les pompes centrifuges étudiées. En effet, la mise en place de programmes réguliers de maintenance préventive permet de détecter et de résoudre les problèmes potentiels avant qu'ils ne se transforment en défaillances majeures. Cela contribue à réduire les temps d'arrêt imprévus, à prolonger la durée de vie des pompes et à optimiser leur performance.

En outre, l'étude a souligné l'importance de la collecte et de l'analyse continue des données de maintenance. Ces données fournissent des informations précieuses pour la prise de décisions éclairées en matière de maintenance. En identifiant les défaillances fréquentes, les problèmes sous-jacents et les actions de maintenance efficaces, il est possible d'ajuster les stratégies de maintenance pour améliorer la fiabilité des pompes centrifuges.

En conclusion, cette étude de fiabilité et de maintenance des pompes centrifuges a permis d'obtenir des résultats significatifs et des recommandations pertinentes pour l'entreprise TOP GLOVES. Les analyses réalisées ont mis en évidence l'importance de la

maintenance préventive et de la collecte continue de données pour optimiser la fiabilité et la disponibilité des pompes.

Il est recommandé à l'entreprise de mettre en œuvre les recommandations formulées dans ce mémoire, telles que l'établissement de programmes de maintenance préventive réguliers, la surveillance continue des performances des pompes et l'amélioration des processus de collecte et d'analyse des données de maintenance.

Enfin, il convient de souligner que ce mémoire ne constitue qu'une première étape dans l'amélioration de la maintenance des pompes centrifuges. Des recherches supplémentaires pourraient être menées pour explorer d'autres aspects de la fiabilité et de la maintenance, tels que l'utilisation de technologies de surveillance avancées ou l'application de l'intelligence artificielle pour la maintenance prédictive. Ces développements futurs permettront une optimisation continue des opérations de maintenance et contribueront à renforcer la fiabilité et la performance des pompes centrifuges dans l'industrie



# BIBLIOGRAPHIQUE

- [1] Banque de données GP1/Z (Généralités sur le complexe GP1Z)
- [2] Etude de défaillance d'une pompe à eau centrifuge de type GUINARD HP β016
- [3] cours CIRA 1ère année PASCAL BIGOT
- [4] Bernard de CHARGÈRES Ingénieur de l'École Spéciale de Mécanique et d'Électricité (ESME-SUDRIA) Société Baudot-Hardoll
- [5] BERNARD, Techniques d'ingénieur (B 4320) Pompes Volumétriques pour Liquides, PARIS.
- [6] "Les Pompes", TOTAL Manuel de Formation : EXP-PR-EQ070 Révision 0.1, Dernière Révision : 13/04/2007.
- [7] MACHINES À FLUIDE HYDRAULIQUES POMPES VOLUMÉTRIQUES (gunt hamburg) Révision : 13/04/2007.
- [8] BASCAL BIGOT, "Cours : Les Pompes",
- [9] Formation TOTAL: MAINTENANCE MECANIQUE LES POMPES  
Manuel de formation EXP-MN-SE090-FR Dernière révision: 26/11/2008
- [10] Mazouzi, Z. Sayah, "Etude de Défaillance d'une Pompe à eau Centrifuge de Type GUINARD HP", Mémoire Magister En génie Mécanique Option Energétique, 2016
- [11] BTS MAINTENANCE D'INDUSTRIELLE Système hydraulique industriels Lycée Paul Emile Victor Champagnole
- [12] 2005 ENSPM formation industrie – IFP training  
PDF pompes technologie et fonctionnements des pompes centrifuges
- [13] PDF Machines à fluide hydrauliques pompes centrifuges Gunt hamburg
- [14] FIABILITE MAINTENABILITE DISPONIBILITE » Pr. Ahmed BELLAOUAR -  
M.A. Salima BELEULMI - UNIVERSITE Constantine 1.
- [15] AFNOR guide de l'utilisation : contrats de maintenance 2em Edition 1988, AFNOR
- [16] MEMOIRE « ANALYSE DE LA FONCTION MAINTENANCE AL'UNITE « TSS  
PRESENTE PAR : MAHFOUD BRAHIM UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA
- [17] Jérémy Laurens, Mise en place d'un plan de maintenance préventive sur un site de production pharmaceutique
- [18] Optimisation de la maintenance préventive d'une pompe centrifuge GA -1102,  
UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA, BADEREDDINE HOCINE, 23/05/2016

- [19] Christian COUDRE Les différentes formes de Maintenance (TPM Attitude) 01 aoute 2011
- [20] BENI HAROUN -formation maintenance mécanique (ALSTOM)
- [21] documentation de projet : BENI HAROUN -pompe – manuel d’opération et de maintenance.
- [22]Monchy F, la fonction maintenance : formation à gestion de la gestion de la maintenance industrielle, collection technologie de l’université à l’industrie MASSON, 1991
- [23] NAKAJIMA S, la maintenance productive totale (TPM), nouvelle vague de production industrielle AFNOR gestion
- [24] Lyonnais P, maintenance mathématique et méthode, troisième Edition technique, Edition Lavoisier, FRANCE ,1992
- [25]NAKAJIMA S, la maintenance productive totale, mise en œuvre, AFNOR, 1989
- [26] Fiabilité –Maintenabilité – Disponibilité. Cours Organisation et suivi de la maintenance.
- [23] ETUDE ET MAINTENANCE D’UNE POMPE A HAUTE PRESSION DANS L’UNITE HENKEL CHELGOUM 2014 – LAID -Thèse de master génie mécanique. Université Constantine. Algérie.
- [27]J.P SOURIS. La maintenance source de profits. Editions d'organisation. 1990
- [28] ETUDE DE FIABILITE D’UNE TURBINE {GAZ MS $\gamma$ 00 $\beta$ . ( $\beta$ 01 $\gamma$ ). THESE DE MASTER GENIE MECANIQUE. UNIVERSITE CONSTANTINE. ALGERIE.
- [29 ] REFERENCE INTERNET ([HTTP://FR.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/LOI DE WEIBULL](http://fr.wikipedia.org/wiki/loi_de_weibull))
- [30]Article de Ingénierie Industrielle site :( <http://ingenierieindustrielle.blogspot.com>)

# ANNEXE

ordre	TAILLE DE L'ECHANTILLON																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	50,0	29,2	20,6	15,9	13,0	10,9	9,5	8,3	7,4	6,7	6,1	5,6	5,2	4,9	4,5	4,3	4,0	3,8	3,6	3,4
2		70,8	50,0	38,6	31,5	26,6	23,0	20,2	18,1	16,3	14,9	13,7	12,7	11,8	11,0	10,4	9,8	9,2	8,8	8,3
3			79,4	61,4	50,0	42,2	36,5	32,1	28,7	26,0	23,7	21,8	20,1	18,8	17,5	16,5	15,5	14,7	13,9	13,2
4				84,1	68,5	57,8	50,0	44,0	39,4	35,6	32,5	29,8	27,6	25,7	24,0	22,6	21,3	20,1	19,1	18,1
5					87,0	73,4	63,5	56,0	50,0	45,2	41,2	37,9	35,1	32,6	30,5	28,7	27,0	25,5	24,2	23,0
6						89,1	77,0	67,9	60,6	54,8	50,0	46,0	42,5	39,6	37,0	34,8	32,8	31,0	29,4	27,9
7							90,5	79,8	71,3	64,4	58,8	54,0	50,0	46,5	43,5	40,9	38,5	36,4	34,5	32,8
8								91,7	81,9	74,0	67,5	62,1	57,5	53,5	50,0	47,0	44,3	41,8	39,7	37,7
9									92,6	83,7	76,3	70,2	64,9	60,4	56,5	53,0	50,0	47,3	44,8	42,6
10										93,3	85,1	78,2	72,4	67,4	63,0	59,1	55,7	52,7	50,0	47,5
11											93,9	86,3	79,9	74,3	69,5	65,2	61,5	58,2	55,2	52,5
12												94,4	87,3	81,3	76,0	71,3	67,2	63,6	60,3	57,4
13													94,8	88,2	82,5	77,4	73,0	69,0	65,5	62,3
14														95,1	89,0	83,5	78,7	74,5	70,6	67,2
15															95,5	89,6	84,5	79,9	75,8	72,1
16																95,7	90,2	85,3	80,9	77,0
17																	96,0	90,8	86,1	81,9
18																		96,2	91,2	86,8
19																			96,4	91,7
20																				96,6

$\beta$	A	B	$\beta$	A	B	$\beta$	A	B
0,2	120	1 901	1,5	0,9027	0,813	4	0,9084	0,254
0,25	24	199	1,55	0,8994	0,593	4,1	0,9077	0,249
0,3	9,2625	50,08	1,6	0,8968	0,574	4,2	0,9088	0,244
0,35	5,291	19,96	1,65	0,8942	0,556	4,3	0,9102	0,239
0,4	3,3234	10,44	1,7	0,8922	0,54	4,4	0,9146	0,235
0,45	2,4686	6,46	1,75	0,8906	0,525	4,5	0,9125	0,23
0,5	2	4,47	1,8	0,8893	0,511	4,6	0,9137	0,226
0,55	1,7024	3,35	1,85	0,8882	0,498	4,7	0,9149	0,222
0,6	1,546	2,65	1,9	0,8874	0,486	4,8	0,916	0,218
0,65	1,3663	2,18	1,95	0,8867	0,474	4,9	0,9171	0,214
0,7	1,2638	1,85	2	0,8862	0,463	5	0,9182	0,21
0,75	1,1906	1,61	2,1	0,8857	0,443	5,1	0,9192	0,207
0,8	1,133	1,43	2,2	0,8856	0,425	5,2	0,9202	0,203
0,85	1,088	1,29	2,3	0,8859	0,409	5,3	0,9213	0,2
0,9	1,0522	1,17	2,4	0,8865	0,393	5,4	0,9222	0,197
0,95	1,0234	1,08	2,5	0,8873	0,38	5,5	0,9232	0,194
1	1	1	2,6	0,8882	0,367	5,6	0,9241	0,191
1,05	0,9803	0,934	2,7	0,8893	0,355	5,7	0,9251	0,188
1,1	0,9649	0,878	2,8	0,8905	0,344	5,8	0,926	0,185
1,15	0,9517	0,83	2,9	0,8919	0,334	5,9	0,9269	0,183
1,2	0,9407	0,787	3	0,893	0,316	6	0,9277	0,18
1,25	0,9314	0,75	3,1	0,8943	0,325	6,1	0,9266	0,177
1,3	0,9236	0,716	3,2	0,8957	0,307	6,2	0,9254	0,175
1,35	0,917	0,687	3,3	0,897	0,299	6,3	0,9302	0,172
1,4	0,9114	0,66	3,4	0,8984	0,292	6,4	0,931	0,17
1,45	0,9067	0,635	3,5	0,8997	0,285	6,5	0,9316	0,168
1,5	0,9027	0,613	3,6	0,9011	0,278	6,6	0,9325	0,166
1,55	0,8994	0,593	3,7	0,9025	0,272	6,7	0,9335	0,163
1,6	0,8968	0,574	3,8	0,9033	0,268	6,8	0,934	0,161
1,65	0,8942	0,556	3,9	0,9051	0,26	6,9	0,9347	0,15