



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Kasdi Merbah Ouargla

Faculté des hydrocarbures et des énergies renouvelables et des sciences de la terre et de l'univers

Département de Forage et Mécanique des chantiers pétroliers

MÉMOIRE

Pour obtenir le Diplôme de Master

Option: Mécanique des Chantiers Pétroliers

Présenté Par :

SAADAOUI Mounir
SOUFI Aymen Sofiane
GHAOUAR Mohamed

Thème :

L'impact de la Maintenance sur la disponibilité des Equipements Pétroliers

Membres de jury :

Mr : FENNAZI BILAL

Président

Univ – Kasdi Merbah Ouargla

Mr : ZIARI SABER

Examineur

Univ – Kasdi Merbah Ouargla

Mr : ABBAS HADJ ABBAS

Encadreur

Univ – Kasdi Merbah Ouargla

Mr. : Mohamed El Hadi ATLILI

Co-Encadreur

Univ – Kasdi Merbah Ouargla

Année universitaire 2020/2021

Dédicace

NOUS DEDIONS CE MODESTE TRAVAIL :

- ❖ *À ma très chère mère et très chère père, qui je ne trouve jamais les mots justes pour la remercier.*
- ❖ *À quelqu'un qui occupe une très chère place dans ma vie, merci d'être à coté de moi quand j'avais de besoin.*
- ❖ *À toute la famille*
- ❖ *À tous mes professeurs son exception.*
- ❖ *À tous mes amis, qui m'ont beaucoup aide et encouragé.*
- ❖ *À tous mes collègues de la Promotion Mcp 2021.*

Remerciements

✓ *En premier lieu, je tiens à remercier notre DIEU, notre créateur*

Pour nous avoir la force pour accomplir ce travail.

✓ *J'adresse mes vifs remerciements à mon Encadreur M^R ABBAS HADJ ABBAS pour m'avoir diligenté tout au long de ce travail, pour sa compréhension, sa patience, et ces remarques qui m'ont été précieuses.*

✓ *Je présente mes chaleureux remerciements et ce ne sont pas les moindres, vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour l'aboutissement de ce travail.*

✓ *Et spécialement mes parents*

SOMMAIRE

Introduction Générale

CHAPITRE I : Généralité sur la maintenance.

I.1 Introduction.....	01
I.2 Histoire de la maintenance.....	01
I.3 Définition de la maintenance.....	01
I.3.1 Entretien ou maintenance.....	01
I.3.2 Le rôle de la maintenance.....	02
I.3.3 Types de maintenance.....	02
I.3.3.1 La maintenance corrective.....	03
I.3.3.2 La maintenance préventive.....	04
I.3.3.3 La maintenance améliorative.....	07
I.3.4 Les niveaux de maintenance.....	09
I.3.5 Méthodologie de la maintenance.....	10
I.3.5.1 L'observation.....	10
I.3.5.2 L'analyse.....	10
I.3.5.3 La communication.....	10
I.3.5.3.1 La communication au sein du service de maintenance.....	11
I.4 Conclusion.....	11

CHAPITRE II : Fiabilité, Maintenabilité et Disponibilité

Introduction.....	12
II.1 Concepts Généraux de la fiabilité.....	12
II.1.1 Définition.....	12
II.1.2 Indicateurs de fiabilité (λ) et (MTBF).....	12
II.1.3 Temps moyen de bon fonctionnement.....	12

II.1.4 Les différentes phases du cycle de vie d'un produit.....	13
II.1.5 Taux de défaillance pour des composants mécanique.....	14
II.1.6 Objectifs et intérêts de la fiabilité en mécanique.....	15
II.1.7 Evolution des couts en fonction de la fiabilité.....	16
II.1.8 Fiabilité d'un système constitué de plusieurs composants.....	17
II.1.9 La relation entre la fiabilité et la Maintenabilité.....	18
II.1.10 La loi de Wei bull	19
II.2 Concepts Généraux de la Maintenabilité.....	20
II.2.1 Définition.....	20
II.2.2 Maintenabilité et Maintenance.....	21
II.2.3 Analyse de la maintenabilité opérationnelle.....	22
II.2.4 Approche mathématique de la maintenabilité M(t).....	23
II.3 Concepts Généraux de la disponibilité.....	23
Introduction.....	24
II.3.1 Définition.....	24
II.3.2 Différents niveaux de la disponibilité.....	25
II.4 Méthode ABC (Diagramme Pareto).....	27
II.4.1 Définition	27
II.4.2 Fonction	27
II.4.3 L'objectif de l'analyse ABC	28

CHAPITRE III : L'unité de commande Hydraulique du BOP.

III.1 Introduction.....	29
III.2 Généralité.....	29
III.3 Module d'accumulateur.....	30
III.4 Commandes hydraulique des opérateurs.....	40
III.5 Contrôle de l'unité d'accumulateur.....	42
III.6 Généralités sur les équipements de sécurité de puits de forage.....	43
III.7 Les équipements d'obturation.....	43
III.8 Différents types de mâchoire.....	45
III.9 Circuit manifold.....	48

Chapitre IV: Etude comparative entre deux types d'accumulateurs de pression (koomy - STEW&STEVENS).

Introduction	49
IV.1 Les actions de maintenance préventives faite	49
IV.1.1 Les actions de maintenance préventives d'un accumulateur de type (KO)	50
IV.1.2 Les actions de maintenance préventive d'un accumulateur de type (S&S)	52
IV.2 Les actions de maintenance corrective faite	54
IV.2.1 Les actions de maintenance corrective d'un accumulateur de type (KO)	54
IV.2.2 Les actions de maintenance corrective d'un accumulateur de type (S&S)	56
IV.3 comparaison entre les deux types de maintenance en termes (temps. cout) d'arrêt..	58
IV.3.1 les deux types de maintenance en termes de temps d'arrêt et cout total pour l'accumulateur (KO)	58
IV.3.2 les deux types de maintenance en termes de temps d'arrêt et cout total pour l'accumulateur (S&S).....	59
IV.4 Calcul de la disponibilité.....	61
IV.4.1 Calcul de la disponibilité pour l'accumulateur de pression (ko)... ..	61
IV.4.1.a Disponibilité instantané	61
IV.4.1.b Les calcul de disponibilité D(i)	61
IV.4.2 Calcul de la disponibilité pour l'accumulateur de pression (S&S).....	63
IV.4.2.a Disponibilité instantané	63
IV.4.2.b Les calcul de disponibilité D(i)	63
IV.5 Etude économique d'accumulateur de pression (KO/S&S)pour 12/12 mois.....	65
IV.5.1 Les calculs concernant l'accumulateur de pression (KO)	65
IV.5.2 Les calculs concernant l'accumulateur de pression (S&S)	68
IV.6.conclusion	71
Conclusion général	
Recommandation	
Annexe	

Liste Figure :

Figure I.1: L'organigramme de maintenance	03
Figure I .2 : les types de maintenance.....	07
Figure I.3 : Quelques flux de communication interne en maintenance.....	11
Figure II.1.La courbe en baignoire.....	14
Figure II.2. Courbe du taux de défaillance en mécanique.....	14
Figure II.3 : les couts de la fiabilité.....	16
Figure II.4 : Composants en série.....	17
Figure II.5. Composants en parallèle.....	18
Figure II.6 : organigramme sur la Maintenabilité.....	22
Figure II.7 : les états successifs que peut prendre un système réparable.....	23
Figure II.8 : les facteurs de la disponibilité.....	24
Figure II.11 : La courbe ABC.....	27
Figure III.1: Module Accumulateur.....	30
Figure III.2: Schéma du module accumulateur KOOMY.....	31
Figure III.3 : Schéma d'une bouteille de l'accumulateur.....	34
Figure III.4 : Module de Pompage Pneumatique.....	36
Figure III.5 : Module de Pompage Electrique.....	36
Figure III.6 : Collecteur de contrôle hydraulique.....	37
Figure III.7 : Module d'interface.....	38
Figure III.8 : Panneau de commande du foreur.....	39
Figure III.9 : La tête de puits.....	44
Figure III.10 : Obturateur double a mâchoire BOP.....	45
Figure III.11 : Différents types de rams.....	46
Figure III.12 : Pipe rams.....	46
Figure(III.13) : Obturateurs annulaires.....	47
Figure IV.1: Le temps d'arrêt en fonction de l'action de maintenance préventive (KO).....	50
Figure IV.2: Le coût d'arrêt en fonction de l'action de maintenance préventive (KO).....	51
Figure IV.3 : Le temps d'arrêt en fonction de l'action de maintenance préventive (S&S)...	53
Figure IV.4: Le cout d'arrêt en fonction de l'action de maintenance préventive (S&S)....	53
Figure IV.5: Le cout d'arrêt en fonction de l'action de maintenance corrective (KO).....	55
Figure IV.6: Le temps d'arrêt en fonction de l'action de maintenance corrective (KO)....	55

Figure IV.7: Le coût d'arrêt en fonction de l'action de maintenance corrective (S&S).....	57
Figure IV.8: Le Temps d'arrêt en fonction de l'action de maintenance corrective (S&S)...	57
Figure IV.9: Le Temps d'arrêt total en fonction de l'action de maintenance Préventive et corrective (KO).....	58
Figure IV.10: Le cout d'arrêt total en fonction de l'action de maintenance Préventive et corrective (KO).....	59
Figure IV.11: Le temps d'arrêt total en fonction de l'action de maintenance Préventive et corrective (S&S).....	60
Figure IV.12: Le cout d'arrêt total en fonction de l'action de maintenance Préventive et corrective (S&S).....	60
Figure IV.13: La Courbe de disponibilité instantanée en fonction de TBF.....	62
Figure IV.14: La Courbe de disponibilité instantanée en fonction de TBF.....	64
Figure IV.15 : maintenance la moins onéreuse (KO).....	67
Figure IV.16 : maintenance la moins onéreuse (S&S).....	70

Liste Des Tableaux :

Tableau I.1 : Les niveaux de maintenance.....	09
Tableau II.1 : Principales propriétés de la loi de Weibull.....	19
Tableau II.2 : Les facteurs de la Maintenabilité.....	21
Tableau IV.1 : la maintenance préventive d'un accumulateur.....	49
Tableau IV.2 : la durée d'intervention (h) et le montant (da) (KOOMY- T15080-3S)	50
Tableau IV.3 : la durée d'intervention (h) et le montant (da) (S&S).....	52
Tableau IV.4 : la durée d'intervention (h) et le montant (da) (KOOMEY- T15080-3S)...	54
Tableau IV.5 : la durée d'intervention (h) et le montant (da) (S&S)	56
Tableau IV.6 : tableau de TBF en fonction de la disponibilité D(t).....	62
Tableau IV.7 : tableau de TBF en fonction de la disponibilité D(t).....	64

Notation et Abréviations :

AFNOR : Association Française de Normalisation

NFX60-010 : extraits de la norme AFNOR : Association Française de Normalisation

DT : Demande de travail

DI : demande d'intervention

OT : Ordre de travail

BT : bon de travail

DA : demande d'intervention d'approvisionnement.

BSM : bon de sortie magasin

MTBF : Moyenne de temps de bon fonctionnement

MTTR : Moyenne des Temps Techniques de Réparation.

$\lambda(t)$: Taux de défaillance.

$\mu(t)$: Taux de réparation

TBF : Temps d'opération (Bon Fonctionnement).

TTR : Temps Technique de Réparation.

F(t) : Fonction de fiabilité

R(t) : Fonction de réparation.

TCBF : temps cumulé de bon fonctionnement

TCI : Temps cumulé d'immobilisation

BOP : Blow out préventer

TTE : temps technique d'exploitation

D(t) : Fonction de disponibilité.

TMD: MUT (Mean up Time)

TMI: MDT (Mean down Time).

S&S: STEW&STEVENS- SSB160-3511

KO : koomey- t15080-3s

Résumé :

Notre travail est consacré à l'amélioration et l'optimisation de la maintenance des équipements pétroliers. Nous étudions et analysons l'historique des pannes de l'unité de commande hydraulique du BOP de type (STEW&STEVENS-SSB160-3511) et de type (KOOMEY-T15080-3S), pour connaître la disponibilité et les coûts de chacun.

L'objectif de cette étude de déterminer l'effet de chaque méthode de maintenance (corrective préventive) sur la production de l'appareil.

En fin, nous avons terminé notre mémoire avec une étude comparative entre les deux unités de commande hydraulique sur les plans techniques et économiques pour savoir la méthode de maintenance la moins couteux.

Summary:

Our work is realized for the improvement and optimization of maintenance on petroleum equipment. We investigate and analyze the failure history of the hydraulic control unit of the BOP types (STEW&STEVENS-SSB160-3511) and (KOOMEY-T15080-3S) only to determine the availability and costs of each one.

The aim of this study is to determine the effect of each corrective; or preventive maintenance method on the production of the machine.

Finally, we have completed our brief with a comparative study between the two hydraulic control units of technical and economic rating to find out the cheapest maintenance method.

الملخص:

المعدات النفطية مثل غيرها من الآلات معرضة دائما للعطب . من أجل ذلك قمنا بالاستعانة بمجموعة من المعطيات

المتعلقة بوحدة التحكم الهيدروليكية من النوع STEW & STEVENS-SSB160-3511 و BOP

KOOMEY-T15080-3S، لتحديد مدى جاهزية , حضورية وتكاليف كل منها.

والهدف من هذه الدراسة هو تحديد أثر كل طريقة من طرق الصيانة التصحيحية أو الوقائية على جاهزية و مردودية الجهاز.

وأخيرا، أكملنا دراستنا بإجراء مقارنة بين وحدتي التحكم الهيدروليكية في التصنيف التقني والاقتصادي لمعرفة امثل أساليب

الصيانة.

Introduction Générale :

De nos jours le rendement d'équipements pétroliers dans les entreprises est en relation directe avec la maintenance.

Le but principal de la maintenance de toute entreprise est maintenir l'équipement dans un bon état de marche, dans les meilleures conditions de qualité et doit viser à réduire les coûts de production en minimisant les périodes d'immobilisations des installations.

Ce mémoire étudie l'impact de la maintenance préventive sur la disponibilité des équipements pétroliers, on a choisi l'unité de commande BOP (l'accumulateur).

Notre travail est une étude comparative de point de vue disponibilité entre deux accumulateurs.

Pour la partie calcul, nous avons utilisé les données d'une entreprise E.N.A.F.O.R. Nous avons divisé ce travail en quatre parties :

Chapitre I : dans cette partie, nous avons parlé de la maintenance en général, ses types, ses objectifs et son rôle etc.

Chapitre II : ce chapitre présente la fiabilité, la maintenabilité et la disponibilité et les lois liées à chacune.

Chapitre III : cette section est une description complète et précise d'unité de commande nommé l'accumulateur.

Chapitre IV : ce dernier chapitre est une partie de calcul comprenant étude comparative.

Chapitre I :
Généralités sur la Maintenance

I.1 Introduction :

La fonction maintenance a pour but d'assurer la disponibilité optimale des installations de production et de leurs annexes, impliquant un minimum économique de temps d'arrêt. Jugée pendant longtemps comme une fonction secondaire entraînant une perte d'argent inévitable, la fonction maintenance est en général, assimilée à la fonction dépannage et réparation d'équipements soumis à usage et vieillissement. La véritable portée de la fonction de la maintenance mène beaucoup plus loin : elle doit être une recherche incessante de compromis entre la technique, et l'économique. Il reste alors, beaucoup à faire pour que sa fonction productive soit pleinement comprise. Une organisation, une planification et des mesures méthodiques sont nécessaires pour gérer les activités de maintenance. [1]

I.2 Histoire de la maintenance :

Le terme « maintenance », forgé sur les racines latines Manus et tenere, est apparu dans la langue française au XIIe siècle. L'étymologiste Wace a trouvé la forme main-teneor (celui qui soutient), utilisé en 1169 : c'est une forme archaïque de « mainteneur ». [2]

I.3 Définition de la maintenance :

D'après l'AFNOR (NF X 60-010): La maintenance est un ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé. Bien maintenir, c'est assurer ces opérations au coût optimal. [3]

- * **Maintenir** : contient la notion de «prévention» sur un système en fonctionnement.
- * **Rétablir** : contient la notion de «correction» consécutive à une perte de fonction.
- * **État spécifié ou service déterminé** : implique la prédétermination d'objectif à atteindre, avec quantification des niveaux caractéristiques.
- * **Coût optimal** : qui conditionne l'ensemble des opérations dans un souci d'efficacité. [3]

I.3.1 Entretien ou maintenance :

- **Entretien** : c'est dépanner et réparer un parc matériel, afin d'assurer la continuité de la production, Entretien c'est subir le matériel.
- **Maintenir** : c'est choisir les moyens de prévenir, de corriger ou de rénover suivant l'usage du matériel, suivant sa criticité économique, afin d'optimiser le coût global de possession maintenir, c'est maîtriser. En fait, la plupart des services « entretien traditionnel » sont en mutation vers la maintenance.

I.3.2 Le rôle de la maintenance :

La maintenance joue un rôle très important dans une entreprise, contribue à augmenter la productivité et diminuer les coûts engendrés par les arrêts intempestifs de la production causée par les pannes des et des équipements. [4]

La maintenance est le fruit d'intervention technique systématique d'analyses et de méthodes. Les objectifs de la maintenance peuvent être classés en deux types :

A-Objectifs Financiers :

- Réduire au minimum les dépenses de maintenance.
- Assurer le service de maintenance dans les limites d'un budget.

B-Objectifs Opérationnels :

- Maintenir l'équipement dans les meilleures conditions possibles.
- Assurer la disponibilité maximale de l'équipement à un prix minimum.
- Augmenter la durée de vie des équipements.
- Entretien des installations avec le minimum d'économie, et les remplacer à des périodes prédéterminés.
- Assurer une performance de haute qualité, Assurer un fonctionnement sur, et efficace à tout moment.
- Augmenter le rendement des équipements. [4]

I.3.3 Types de maintenance :

Le choix entre les méthodes de maintenance s'effectue dans le cadre de la politique de la maintenance et doit s'opérer en accord avec la direction de l'entreprise.

Pour choisir, il faut donc connaître :

- Les objectifs de la direction.
- Les directions politiques de maintenance.
- Le fonctionnement et les caractéristiques du matériel.
- Le comportement du matériel en exploitation.
- Les conditions d'application de chaque méthode.
- Les coûts de maintenance.
- Les coûts de perte de production. [5]

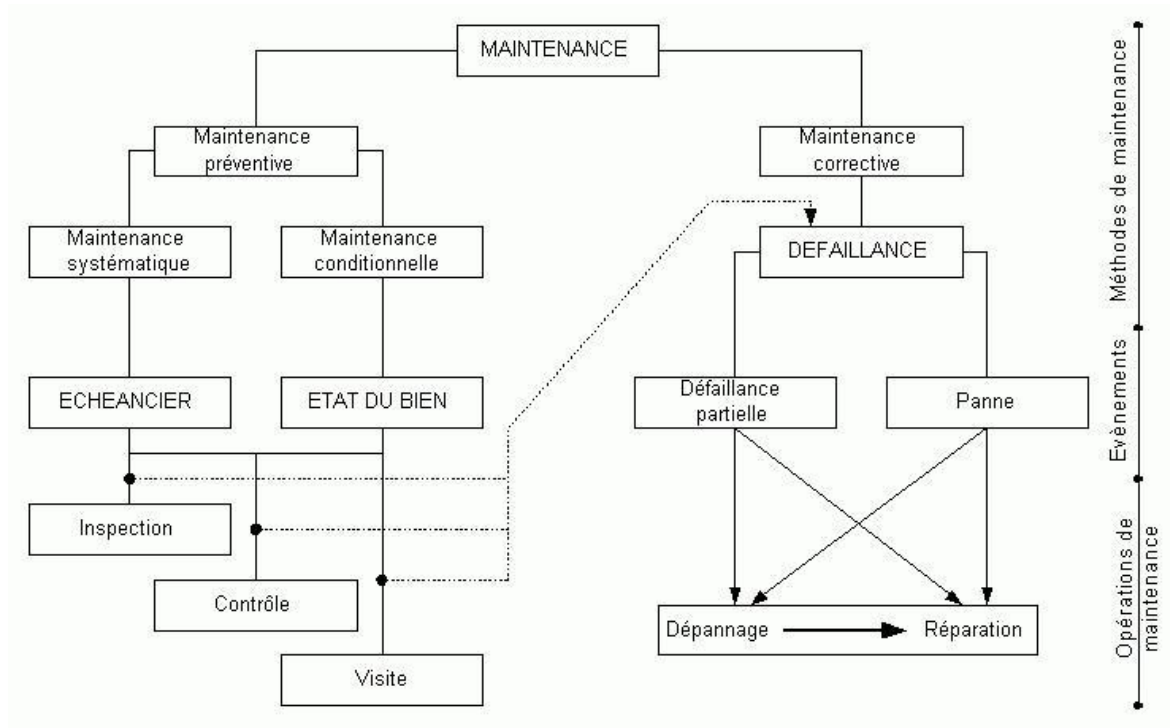


Figure I.1: L'organigramme de maintenance

I.3.3.1 La maintenance corrective :

Définition AFNOR (norme X 60-010) : «Opération de maintenance effectuée après défaillance ».

La maintenance corrective correspond à une attitude de défense (subir) dans l'attente d'une défaillance fortuite, attitude caractéristique de l'entretien traditionnel.

a- Opérations de la maintenance corrective :

Après apparition d'une défaillance, le maintenancier 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. [6]

b- Le temps en maintenance corrective :

Les actions de maintenance corrective étant très diverses, il est toujours difficile de prévoir la durée d'intervention :

- Elle peut être faible (de quelques secondes pour réarmer un disjoncteur ou changer un fusible à quelques minutes pour changer un joint qui fuit).
- Elle peut être très importante (de 0,5 à plusieurs heures) dans le cas du changement de plusieurs organes simultanément (moteur noyé par une inondation).
- Elle peut être majeure en cas de mort d'homme (plusieurs jours si enquête de police).

Le responsable maintenance doit donc tenir compte de ces distorsions et avoir à sa disposition une équipe « réactive » aux événements aléatoires. Pour réduire la durée des interventions, donc les coûts directs et indirects (coûts d'indisponibilité de l'équipement), on peut :

- Mettre en place des méthodes d'interventions rationnelles et standardisées (outillages spécifiques, échanges standards, logistique adaptée, etc..).
- Prendre en compte la maintenabilité des équipements dès la conception (trappe de visites accessibles, témoins d'usure visible, etc..). [5]

I.3.3.2 La maintenance préventive :

Maintenance effectuée selon des critères prédéterminés, dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu. Elle doit permettre d'éviter les défaillances du matériel en cours d'utilisation. L'analyse des coûts doit mettre en évidence un gain par rapport aux défaillances qu'elle permet d'éviter. [6]

a-Objectifs de la maintenance préventive :

- Augmenter la durée de vie du matériel.
- Diminuer la probabilité des défaillances en service.
- Diminuer les temps d'arrêt en cas de révision ou de panne.
- Prévenir et aussi prévoir les interventions coûteuses de maintenance corrective.
- Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions.
- Eviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant, etc.....
- Améliorer les conditions du travail du personnel de production.
- Diminuer le budget de maintenance.
- Supprimer les causes d'accidents graves. [6]

b- La maintenance préventive systématique :

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

Cette méthode nécessite de connaître :

- Le comportement du matériel.
- Les modes de dégradation.
- Le temps moyen de bon fonctionnement entre 2 avaries. [6]

Cas d'application :

- Equipements soumis à une législation en vigueur (sécurité réglementée) : appareils de levage, extincteurs, réservoirs sous pression, convoyeurs, ascenseurs, monte-charge, etc.....
- Equipements dont la panne risque de provoquer des accidents graves : tout matériel assurant le transport en commun des personnes, avions, trains, etc.....
- Equipement ayant un coût de défaillance élevé : éléments d'une chaîne de production automatisée, processus fonctionnant en continu (industries chimiques ou métallurgiques).
- Equipements dont les dépenses de fonctionnement deviennent anormalement élevées au cours de leur temps de service : consommation excessive d'énergie, éclairage par lampes usagées, allumage et carburation déréglés (moteurs thermiques), etc.....

c- La maintenance préventive conditionnelle :

On l'appelle aussi maintenance prédictive (terme non normalisé). C'est la maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé (auto diagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure, etc. ...).

La maintenance conditionnelle est donc une maintenance dépendante de l'expérience et faisant intervenir des informations recueillies en temps réel. Elle se caractérise par la mise en évidence des points faibles. Suivant le cas, il est souhaitable de les mettre sous surveillance et, à partir de là, de décider d'une intervention lorsqu'un certain seuil est atteint. Mais les contrôles demeurent systématiques et font partie des moyens de contrôle non destructifs. Tout le matériel est concerné ; cette maintenance préventive conditionnelle se fait par des mesures pertinentes sur le matériel en fonctionnement. [6]

Les paramètres mesurés peuvent porter sur :

- Le niveau et la qualité de l'huile.
- Les températures et les pressions.
- La tension et l'intensité du matériel électrique.
- Les vibrations et les jeux mécaniques.
- Le matériel nécessaire pour assurer la maintenance préventive conditionnelle devra être fiable pour ne pas perdre sa raison d'être. Il est souvent onéreux, mais pour des cas bien choisis, il est rentabilisé rapidement. [6]

d- Opérations de la maintenance préventive :

Ces opérations trouvent leurs définitions dans la norme NF X 60-010 et NF EN 13306.

- **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).
- **Contrôle** : vérification de la conformité à des données préétablies, suivie d'un jugement. Ce contrôle peut déboucher sur une action de maintenance corrective ou alors inclure une décision de refus, d'acceptation ou d'ajournement.
- **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. [5]

Les trois premières opérations sont encore appelées « opérations de surveillance ». Elles caractérisent parfaitement la phase d'apprentissage et sont absolument nécessaires si on veut maîtriser l'évolution de l'état réel d'un bien. On accepte donc de payer pour savoir

puis pour prévenir. Elles sont effectuées de manière continue ou à intervalles prédéterminés ou non, calculés sur le temps ou sur le nombre d'unités d'usage. [6]

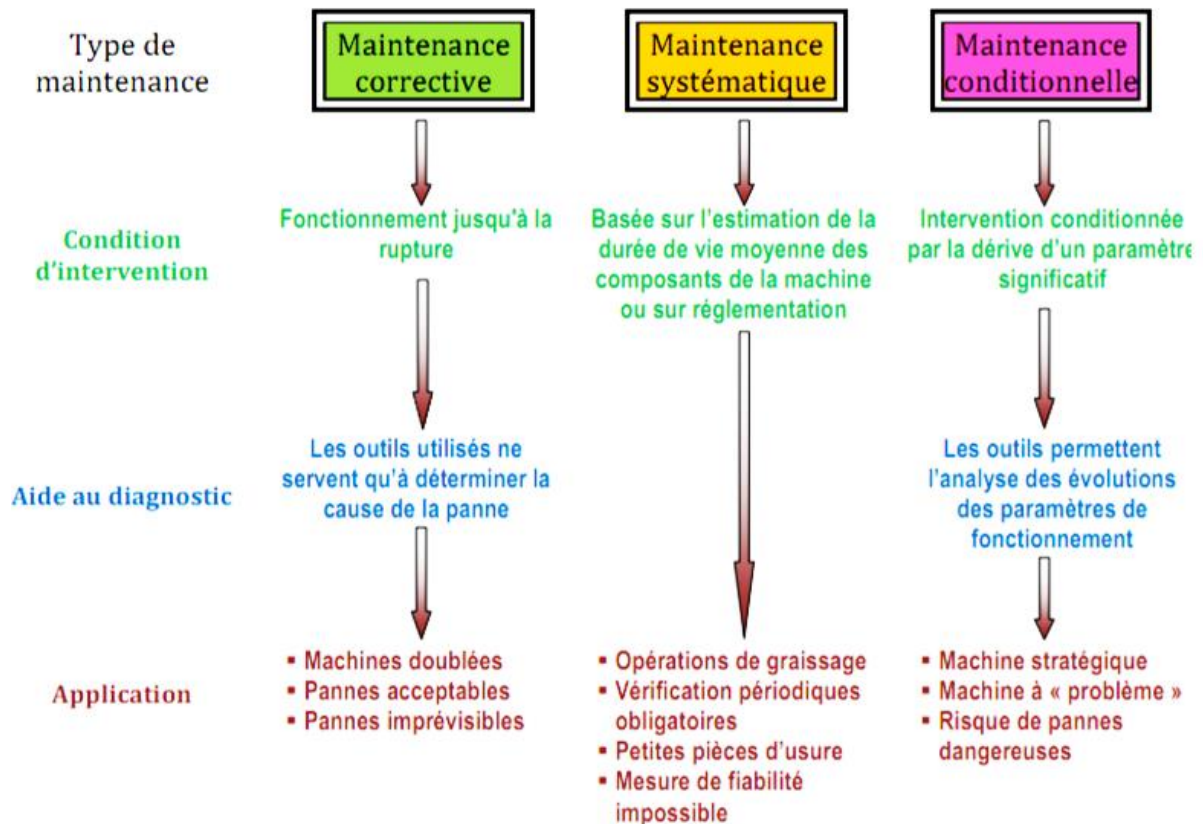


Figure I .2 : les types de maintenance

I.3.3.3 La maintenance améliorative :

L'amélioration des biens d'équipement est un « ensemble des mesures techniques, administratives et de gestion, destinées à améliorer la sûreté de fonctionnement d'un bien sans changer sa fonction requise » (norme NF EN 13306).

On apporte donc des modifications à la conception d'origine dans le but d'augmenter la durée de vie des composants, de les standardiser, de réduire la consommation d'énergie, d'améliorer la maintenabilité, etc.

C'est une aide importante si l'on décide ensuite de construire un équipement effectuant le même travail mais à la technologie moderne : on n'y retrouvera plus les mêmes problèmes.[5]

a-Objectifs de la maintenance améliorative :

La maintenance améliorative est un état d'esprit nécessitant un pouvoir d'observation critique et une attitude créative. Un projet d'amélioration passe obligatoirement par une étude économique sérieuse, l'amélioration doit être rentable. Tout le matériel est concerné, sauf bien sûr, le matériel proche de la réforme.

Les objectifs de la maintenance améliorative d'un bien sont :

- L'augmentation des performances de production.
- L'augmentation de la fiabilité.
- L'amélioration de la maintenabilité.
- La standardisation de certains éléments ou sous-ensemble,
- L'augmentation de la sécurité des utilisateurs. [5]

b- Opérations de la maintenance améliorative :

▪ **Rénovation :**

C'est l'inspection complète de tous les organes, la reprise dimensionnelle complète ou le remplacement des pièces déformées, la vérification des caractéristiques et éventuellement, la réparation des pièces et sous-ensembles défectueux. C'est donc une suite possible à une révision générale. Une rénovation peut donner lieu à un échange standard.

▪ **Reconstruction :**

« Action suivant le démontage du bien principal et remplacement des biens qui approchent de la fin de leur durée de vie et/ou devraient être systématiquement remplacés ». La reconstruction diffère de la révision en ce qu'elle peut inclure des modifications et/ou améliorations. L'objectif de la reconstruction est normalement de donner à un bien une vie utile qui peut être plus longue que celle du bien d'origine. La reconstruction impose le remplacement de pièces vitales par des pièces d'origine ou des pièces neuves équivalentes. La reconstruction peut être assortie d'une modernisation ou de modifications. Les modifications peuvent apporter un plus en terme de disponibilité (redondance), d'efficacité, de sécurité, etc..... Attention toutefois à une forme particulière de reconstruction : c'est la « cannibalisation » qui consiste à récupérer, sur le matériel mis au rebut (casse), des éléments en bon état, de durée de vie espérée inconnue, et de les utiliser en rechanges ou en pièces de rénovation. [5]

▪ **Modernisation :**

C'est le remplacement d'équipements, d'accessoires, des logiciels par des sous-ensembles apportant, grâce à des perfectionnements techniques n'existant pas sur le bien d'origine, une amélioration de l'aptitude à l'emploi du bien. Une modernisation peut intervenir dans les opérations de rénovation ou de reconstruction. [5]

I.4 Les niveaux de maintenance :

Pour faciliter principalement la gestion des personnels affectés à la maintenance, on définit :

Tableau I.1 : Les niveaux de maintenance

Niveaux	Type des travaux	Personne d'intervention	Moyens
1er niveau	Réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'organes accessibles sans aucun démontage d'équipement ou échange d'éléments accessibles en toute sécurité.	Pilote ou conducteur du système	Outillage léger défini dans les instructions d'utilisation.
2ème niveau	Dépannage par échange standard d'éléments prévus à cet effet, ou d'opérations mineures de maintenance préventive (rondes)	Technicien habilité	Outillage léger défini dans les instructions d'utilisation et pièces de rechange disponibles sans
3ème niveau	Identification et diagnostic de pannes, réparation par échange de composants fonctionnels, réparations mécaniques mineures.	Technicien spécialisé	Outillage prévu et appareils de mesure, banc d'essai, contrôle...
4ème niveau	Travaux importants de maintenance corrective ou préventive	Equipe encadrée par un technicien spécialisé	Outillage général et spécialisé, matériels d'essais, de contrôle...
5ème niveau	Travaux de rénovation, de reconstruction ou réparation importantes confiées à un atelier central	Equipe complète et polyvalente	Moyens proches de la fabrication

I.5 Méthodologie de la maintenance (quelques outils de base) :

Nous allons aborder certains aspects méthodologiques propres à l'exercice des métiers de la maintenance, et qui méritent une réflexion « isolée ». [7]

I.5.1 L'observation :

Éliminons les sens « action de se conformer à ce qui est prescrit » pour ne retenir que le sens « étude attentive d'un phénomène ». En maintenance, l'observation est le point de départ.

L'observation se rapporte aux symptômes. Elle se fait évidemment in situ, compliquée parfois par les mesures prises en urgence pour préserver un équipement :

- N'observer qu'une seule chose à la fois : isoler successivement les paramètres d'influence pour étudier séparément leurs effets.
- Observer sans juger : être objectif et impartial, éliminer les priori favorables à une thèse.
- Tout observer : ne rien éliminer a priori, même des faits qui semblent indépendants du phénomène recherché. Une anomalie sur une facture d'énergie peut permettre d'identifier un problème technique.
- Tout noter (par croquis, schémas, notes, photos, image vidéo, etc.) [7]

I.5.2 L'analyse :

L'analyse est la « décomposition d'un ensemble en élément aussi simple que possible ». Elle permet d'identifier les éléments d'un ensemble et de comprendre la nature de liaisons entre les éléments isolés d'une part, entre un élément et l'ensemble, d'autre part.

La méthode de cet ouvrage est de découvrir dans une première partie, des aspects de maintenance par analyses de situations. Nous découvrirons ainsi l'organigramme d'un service (analyse fiabiliste des comportements pathologiques) [7]

I.5.3 La communication :

La communication est la transmission d'informations, par des supports variés, entre un émetteur et un récepteur. Dans un service elle est le lien indispensable, entre l'action et la gestion (réflexion + décision). En maintenance le flux majeur concerne la liaison entre le site à maintenir (l'action) et le bureau de méthodes (la gestion). [7]

I.5.3.1 La communication au sein du service de maintenance :

Nous allons décrire un système de communication assez traditionnel dans les services maintenance, relatif à une intervention corrective « lourde » prise entre la demande d'intervention et sa clôture. Nous utilisons les abréviations suivantes :

- DT, demande de travail, ou DI, demande d'intervention, ouvrant un N° de référence, provenant du client interne.
- OT, ordre de travail, géré par l'ordonnancement.
- BT, bon de travail, accompagnant la préparation et retourné complété après intervention.
- DA, demande d'intervention d'approvisionnement.
- BSM, bon de sortie magasin. [7]

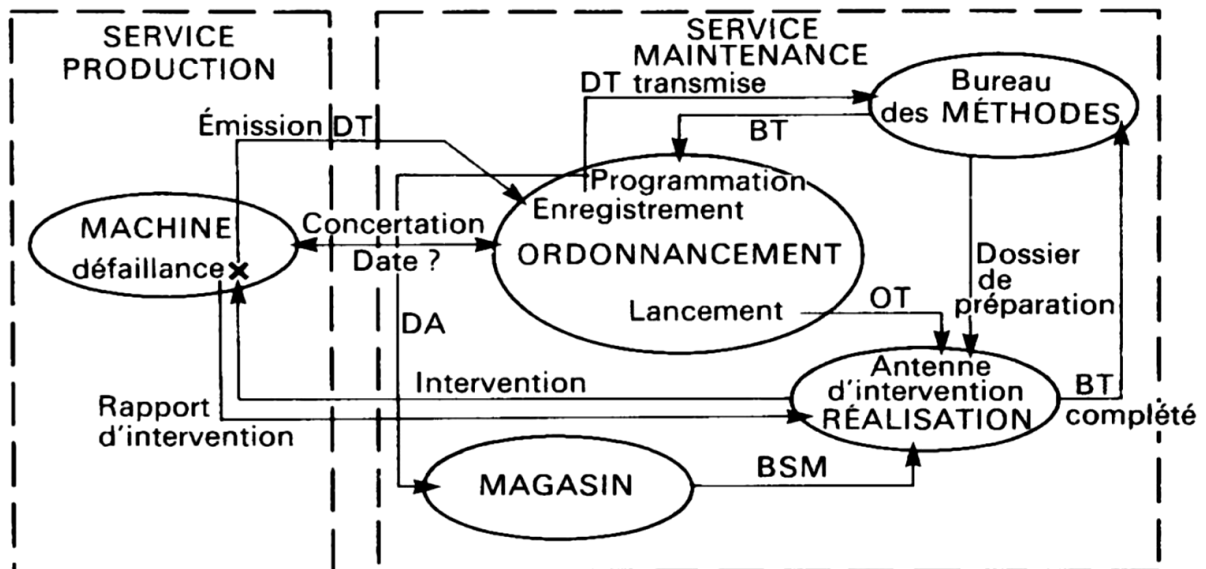


Figure I.3 : Quelques flux de communication interne en maintenance

I.6 Conclusion:

La maintenance est une fonction essentielle de l'entreprise ; ses objectifs vont au-delà de remettre en état l'outil de travail, mais surtout d'anticiper des événements qui interviennent dans un environnement d'incertitudes, et de contribuer à la performance globale du système de production.

CHAPITRE II :
Fiabilité, Maintenabilité et Disponibilité

INTRODUCTION:

Ce chapitre traite l'analyse des travaux complétés et du contrôle de la maintenance. L'exécution de la maintenance dans une entreprise industrielle est d'une importance capitale pour maintenir les équipements en état de bon fonctionnement. La maintenance, dans sa plus large définition, est l'ensemble de toutes les opérations de gestion, de programmation et d'exécution. Chacune de ces actions possède des objectifs permettant au gestionnaire de la maintenance de mesurer, comparer et d'évaluer l'état de l'efficacité du service. Ces actions sont nécessaires pour apporter les correctifs au fonctionnement de la maintenance et ainsi en rendre le service rentable et efficace, sens qu'il ne soit perçu comme une dépense.

II.1 Concepts Généraux de la Fiabilité :**II.1.1 Définition :**

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. [8]

II.1.2 Indicateurs de fiabilité (λ) et (MTBF) :

Précédemment le taux de défaillance λ 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. [9]

$$\lambda = \frac{\text{nombre total de défaillance pendant le service}}{\text{duree total de bon fonctionnement}} \quad (\text{II, 1})$$

II.1.3 Temps moyen de bon fonctionnement :

Le MTBF (Mean Time Between Failure) est souvent traduit comme étant la moyenne des temps de bon fonctionnement mais représente la moyenne des temps entre deux défaillances. En d'autres termes, Il correspond à l'espérance de la durée de vie t . [10]

$$MTBF = \int_0^{\infty} R(t) \quad (\text{II, 2})$$

Physiquement le MTBF peut être exprimé par le rapport des temps :

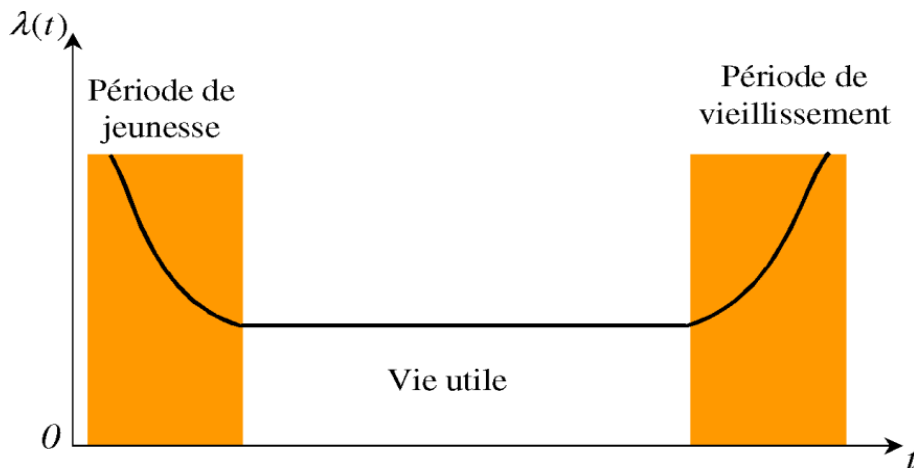
$$MTBF = \frac{\text{la somme des temps de fonctionnement entre les (n) défaillances}}{\text{nombre d'intervention de maintenance avec immobilisation}} \quad (\text{II, 3})$$

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \quad (\text{II, 4})$$

Par définition le MTBF est la durée de vie moyenne du système

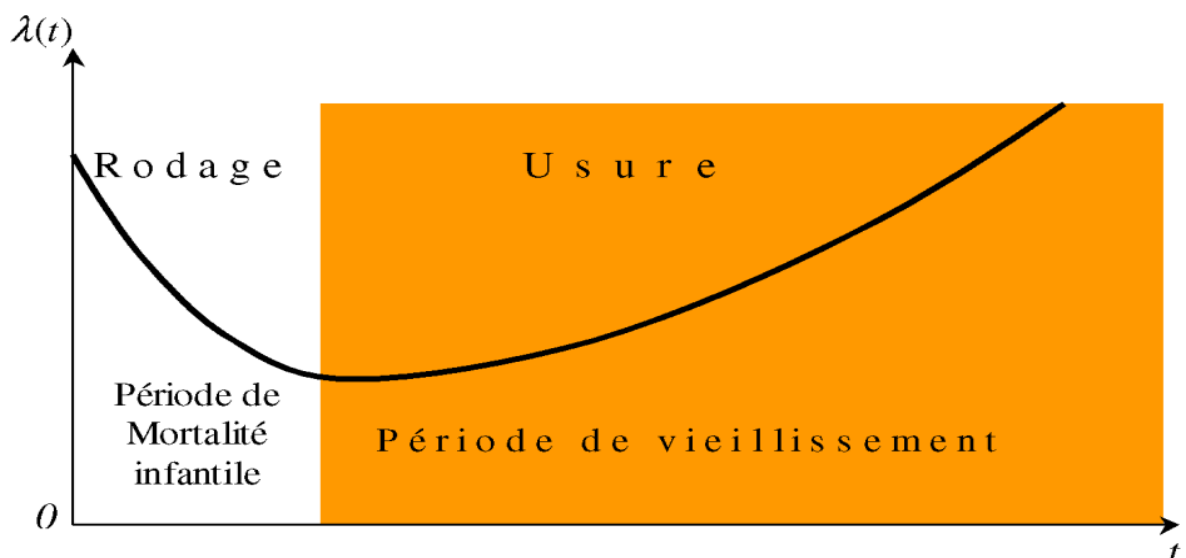
II.1.4 Les différentes phases du cycle de vie d'un produit :

L'évolution du taux de défaillance d'un produit pendant toute sa durée de vie est caractérisée par ce qu'on appelle en analyse de fiabilité la courbe en baignoire Figure(II.1). Le taux de défaillance est élevé au début (taux de défaillance décroissant), cette phase de vie est appelée période de jeunesse. Après, il se stabilise à une valeur qu'on souhaite aussi basse que possible pendant une période appelée période de vie utile (taux de défaillance constant). A la fin, il remonte lorsque l'usure et le vieillissement font sentir leurs effets, c'est la période de Vieillescence (taux de défaillance croissant): début de la fin de la vie du dispositif. Ensuite, il diminue assez rapidement. [11]



II.1.5 Taux de défaillance pour des composants mécaniques :

Les composants mécaniques sont soumis, dès le début de leur vie, au phénomène d'usure ou de vieillissement. Si on trace la courbe du taux de défaillance, en fonction du temps, on obtient une courbe qui ne présente pas le plateau de la figure (II.1) la période de vie utile (taux de défaillance constant) n'existe pas ou elle est réduite. Le taux de défaillance du dispositif est une fonction non linéaire du temps et ceci dans chaque phase de sa vie. [12] (Voir figure II.2):



Phase1:

La première phase définit la période de mortalité infantile. C'est une durée de vie en principe très courte Elle décrite par une décroissance progressive du taux de défaillance avec le temps dû à une amélioration des caractéristiques internes (caractéristiques de défauts) et des interfaces, par un rodage préalable des pièces. Par conséquent il n'est pas souhaitable de tester les composants mécaniques dans cette période de leur vie. [13]

Phase2: La dernière phase définit la période de vieillissement qui comporte la majorité de la vie du dispositif. Elle est caractérisée par une augmentation progressive du taux de défaillance. Les pièces mécaniques sont soumises à des phénomènes de vieillissement multiples qui peuvent agir en combinaison: corrosion, usure, déformation, fatigue, et finalement perte de résilience ou fragilisation. Contrairement aux composants électroniques les calculs de la fiabilité pour des composants mécaniques se font essentiellement dans la période de vieillissement, en utilisant des lois de Probabilité dont le taux de défaillance est fonction du temps telles que la loi Log-normale, Wei bull, ... etc. [14]

II.1.6 Objectifs et intérêts de la fiabilité en mécanique :

L'analyse de la fiabilité constitue une phase indispensable dans toute étude de sûreté de fonctionnement. A l'origine, la fiabilité concernait les systèmes à haute technologie (centrales nucléaires, aérospatial). Aujourd'hui, la fiabilité est devenue un paramètre clé de la qualité et d'aide à la décision, dans l'étude de la plupart des composants, produits et processus "grand public": Transport, énergie, bâtiments, composants électroniques, composants mécaniques.... De nombreux industriels travaillent à l'évaluation et l'amélioration de la fiabilité de leurs produits au cours de leur cycle de développement, de la conception à la mise en service (conception, fabrication et exploitation) afin de développer leurs connaissances sur le rapport Coût/Fiabilité et maîtriser les sources de défaillance. [8]

L'analyse de la fiabilité dans le domaine de la mécanique est un outil très important pour caractériser le comportement du produit dans les différentes phases de vie, mesurer l'impact des modifications de conception sur l'intégrité du produit, qualifier un nouveau produit et améliorer ses performances tout au long de sa mission.

II.1.7 Evolution des coûts en fonction de la fiabilité :

Le non fiabilité augmente les coûts d'après-vente (garanties, frais judiciaires). Construire plus Fiable, augmente les coûts de conception et de production. Le coût total prend en compte ces deux contraintes. [9]

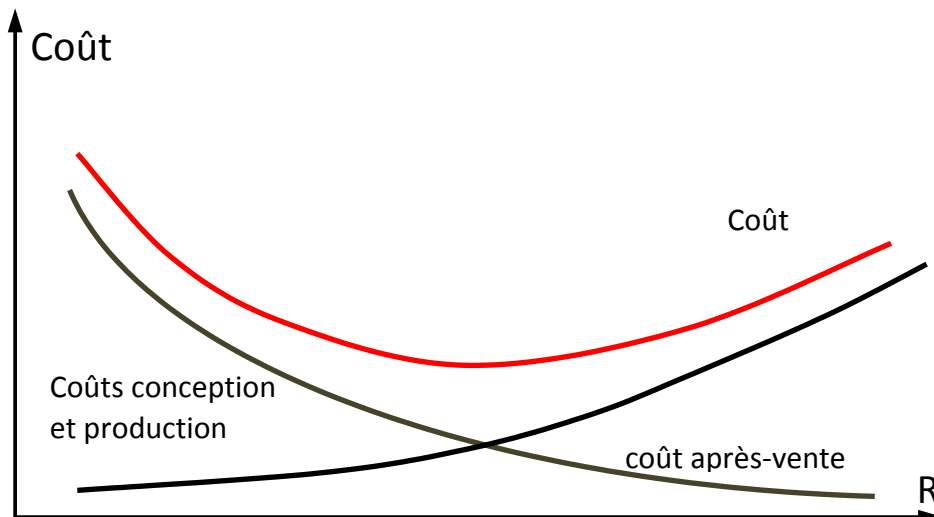


Figure II.3 : les couts de la fiabilité

La fiabilité d'une machine a tendance à diminuer avec le nombre de ses composants ou de leurs complexités. La maîtrise de la fiabilité devient donc plus délicate. Une très haute qualité pour chaque composant, n'entraîne pas nécessairement une grande fiabilité. Après assemblage, les interactions entre les composants diminuent la capacité de l'ensemble.[8]

Une grande fiabilité sous certaines conditions, n'implique pas une grande fiabilité sous d'autres conditions (exemple: une huile moteur de synthèse prévue pour des moteurs moderne (multisoupapes et turbo) ne convient pas forcément pour un moteur de conception plus rudimentaire (tondeuse, moteur usé, voiture ancienne).[9]

II.1.8 Fiabilité de système constitué de plusieurs composants :

. En série :

La fiabilité R_s d'un ensemble de n constituants connectés en série est égale au produit des fiabilités respectives R_A , R_B , R_C , R_n de chaque composant.

$$R_s = R_A * R_B * R_C * \dots * R_n$$

Si les “n” composants sont identiques avec une même fiabilité R la formule sera la suivante :

$$R(s) = R^n$$

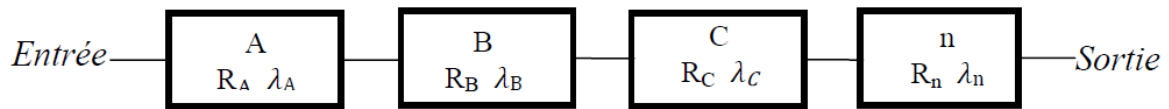


Figure II.4 : Composants en série.

$$R(s) = (e^{-\lambda_A t}) * (e^{-\lambda_B t}) * (e^{-\lambda_C t}) * \dots * (e^{-\lambda_n t}) \quad (II,5)$$

$$\text{Avec : } MTBF(s) = \frac{1}{\lambda_A + \lambda_B + \lambda_C + \dots + \lambda_n} \quad (II, 6)$$

Si en plus, les composants sont identiques: $\lambda_A = \lambda_B = \lambda_C = \dots = \lambda_n$

$$\text{Alors : } R(s) = (e^{-\lambda_n t}) \quad (II, 7) \quad \text{et } MTBF = \frac{1}{n \times \lambda} \quad (II, 8)$$

. En parallèle :

La fiabilité d’un système peut être augmentée en plaçant les composants en parallèle. Un dispositif constitué de n composants en parallèle ne peut tomber en panne que si les n composants tombent en panne au même moment. Si F_i est la probabilité de panne d’un composant [8], la fiabilité associée R_i est son complémentaire:

$$F_i = 1 - R_i$$

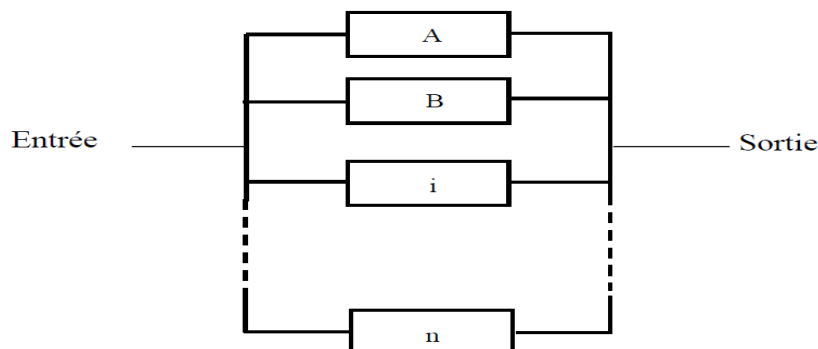


Figure II.5. Composants en parallèle.

Soit les “n” composants de la figure ci-dessous montés en parallèle. Si la probabilité de panne pour chaque composant repéré (i) est notée F_i alors:

$$R(s) = 1 - (1 - R)^n \quad (\text{II, 9})$$

Le cas particulier de deux dispositifs en parallèle si λ est constant R_S est obtenu par :

$$R_S = 1 - (1 - R_A) \cdot (1 - R_B) = R_A + R_B - R_A \cdot R_B = e^{-\lambda_A t} + e^{-\lambda_B t} - e^{-(\lambda_A + \lambda_B)t} \quad (\text{II, 10})$$

II.1.9 La relation entre la fiabilité et la maintenance :

Tous les équipements d’une installation industrielle sont soumis à des mécanismes de dégradation dus aux conditions de fonctionnement et/ou d’environnement : usure, fatigue, vieillissement. Face aux défaillances qui en résultent, on peut se contenter de pratiquer une maintenance corrective, mais on n’évite pas ainsi les conséquences des pannes que l’on subit. Une attitude plus défensive consiste à mettre en œuvre une maintenance préventive destinée à limiter, voire à empêcher, ces défaillances, mais on court alors le risque de dépenses excessives et d’indisponibilités inutiles. Devant cette situation, le responsable de maintenance ne doit plus se contenter de surveiller et de réparer, il doit envisager des stratégies. [14]

Une part de son travail consiste à prévoir les événements et à évaluer les différentes alternatives qui s’offrent à lui pour trouver la solution optimale, ou tout au moins pour s’en rapprocher. Les forces dont il dispose, limitées par ses moyens techniques et financiers, doivent être placées aux bons endroits. C’est dans ce contexte que la maintenance s’est dotée de méthodes qui considèrent à la fois, et plus ou moins, la technique et l’organisation. Les industries de processus ont générale appliquée des démarches alliant une évaluation des risques, une analyse du retour d’expérience, et une logique de sélection de tâches de maintenance. L’Optimisation de la Maintenance par la Fiabilité (OMF).

II.1.10 La loi de Weibull :

La loi de Weibull permet de modéliser en particulier de nombreuses situations d’usure de matériel, elle caractérise le comportement du système dans les trois phases de vie : période de jeunesse, période de vie utile et période d’usure ou vieillissement.[14]

Dans sa forme la plus générale, la distribution de Weibull dépend des trois paramètres suivant :

β : Paramètre de forme : ($\beta > 0$) ;

η : Paramètre d'échelle : ($\eta > 0$) ;

γ : Paramètre de position : ($\gamma > 0$).

Tableau II.1 : Principales propriétés de la loi de Weibull

Fiabilité	Densité de probabilité	Taux de défaillance
$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$ $(t > \gamma)$	$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$ $(t > \gamma)$	$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1}$

β : est le paramètre de forme du modèle. Nous constatons que : Si $\beta < 1$ le taux de défaillances est décroissant, nous avons donc des panne de jeunesse, si $\beta = 1$ le taux de défaillances est constant et si $\beta > 1$ e taux est croissant, panne de vieillesse ou maturité en mécanique. η : est le paramètre d'échelle et indique l'ordre de grandeur de la durée de vie moyenne. γ : est le paramètre de décalage, souvent il est égal à 0.

Le modèle de Weibull ne peut à lui seul représenter l'ensemble des cofacteurs influents sur la fiabilité de la macro composant, l'adjonction d'un modèle à hasard proportionnel sous forme de régression apporte une réponse qui devrait être plus adaptée.[10]

II.2 Concepts Généraux de la Maintenabilité :

II.2.1 Définition :

Dans des conditions données, la maintenabilité est l'aptitude d'un bien à être maintenu ou rétabli dans un état où il peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, en utilisant des procédures et des moyens prescrits.[8]

C'est aussi la probabilité de rétablir un système dans des conditions de fonctionnement spécifiées, en des limites de temps désirées, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, en utilisant des procédures et des moyens prescrits. [10]

A partir de ces définitions, on distingue :

- **La maintenabilité intrinsèque** : elle est « construite » dès la phase de conception à partir d'un cahier des charges prenant en compte les critères de maintenabilité (modularité, accessibilité, etc.).
- **La maintenabilité prévisionnelle** : elle est également « construite », mais à partir de l'objectif de disponibilité.
- **La maintenabilité opérationnelle** : elle sera mesurée à partir des historiques d'interventions.

L'analyse de maintenabilité permettra d'estimer la MTTR ainsi que les lois probabilistes de maintenabilité (sur les mêmes modèles que la fiabilité). [15]

Commentaires :

La maintenabilité caractérise la facilité à remettre ou de maintenir un bien en bon état de fonctionnement. Cette notion ne peut s'appliquer qu'à du matériel maintenable, donc réparable.

« Les moyens prescrits » englobent des notions très diverses : moyens en personnel, appareillages, outillages, etc. [8]

La maintenabilité d'un équipement dépend de nombreux facteurs :

Tableau II.2 : Les facteurs de la Maintenabilité

Facteurs liés à l'EQUIPEMENT	Facteurs liés au CONSTRUCTEUR	Facteurs liés à la MAINTENANCE
<ul style="list-style-type: none"> - Documentation - Aptitude au démontage - Facilité d'utilisation 	<ul style="list-style-type: none"> - Conception - qualité du service après-vente - facilité d'obtention des pièces de rechange - coût des pièces de rechange 	<ul style="list-style-type: none"> - préparation et formation des personnels - moyens adéquats - études d'améliorations (maintenance amélioratives)

Remarque:

On peut améliorer la maintenabilité en:

- Développant les documents d'aide à l'intervention
- Améliorant l'aptitude de la machine au démontage (modifications risquant de coûter cher)
- Améliorant l'interchangeabilité des pièces et sous ensemble.

II.2.2 Maintenabilité et Maintenance:

Pour un technicien de maintenance, la maintenabilité est la capacité d'un équipement à être rétabli lorsqu'un besoin de maintenance apparaît. L'idée de « facilité de maintenir » se matérialise par des mesures réalisées à partir des durées d'intervention.[10]

Il est évident que la maintenabilité intrinsèque est le facteur primordial pour que la maintenance soit performante sur le terrain. En effet, une amélioration ultérieure de la maintenabilité initiale n'est jamais chose facile.

Il est donc indispensable que la maintenance sache définir ses besoins et les intégrer au cahier des charges d'un équipement nouveau afin que celui-ci puisse être facilement maintenable.

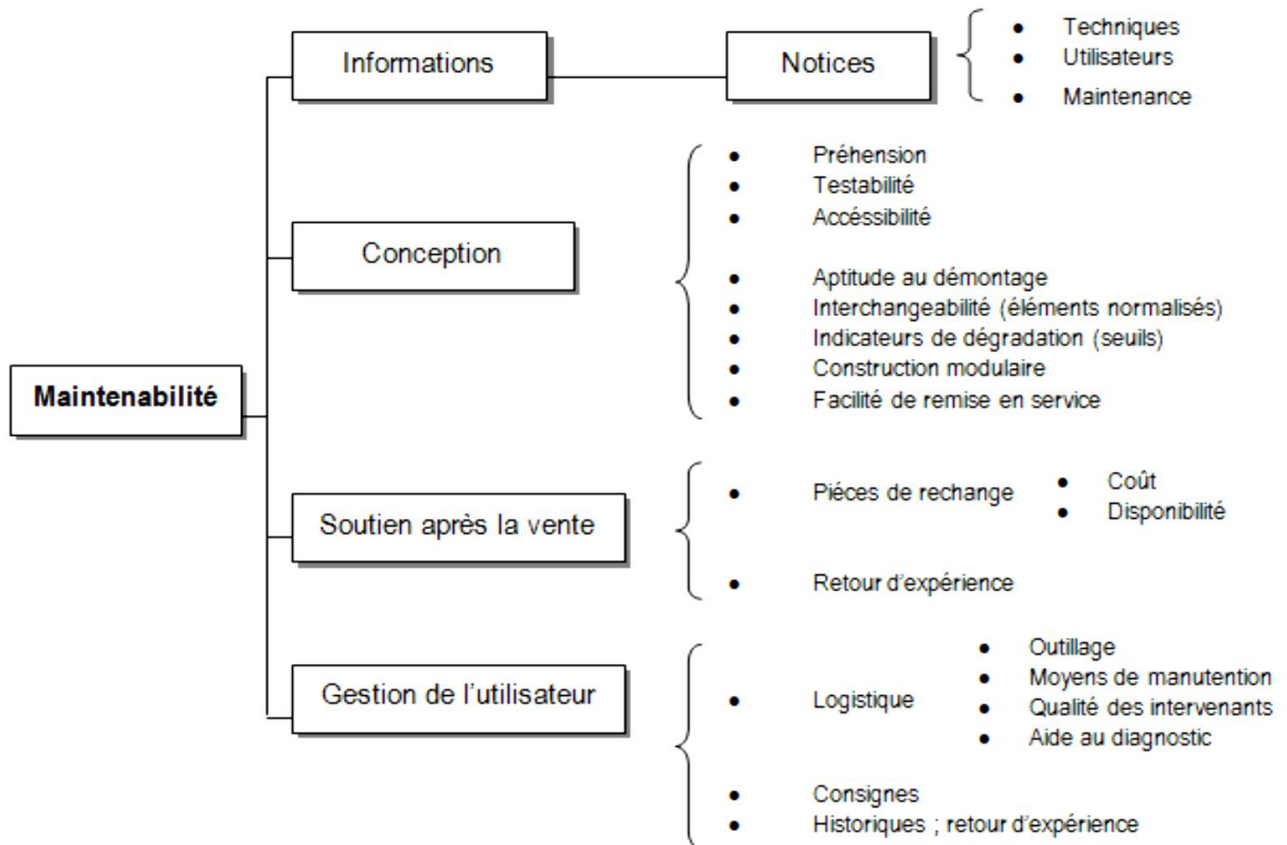


Figure II.7 : organigramme sur la maintenabilité

II.2.3 Analyse De La Maintenabilité Opérationnelle:

Comme pour la fiabilité, les analyses de Maintenabilité opérationnelle se justifient :

- Dans le cadre d'une évaluation précise de la disponibilité opérationnelle d'un équipement.
- Dans le cadre de la génération de standards de temps en interne afin d'améliorer l'ordonnancement ou de mieux maîtriser certains coûts directs.
- Dans le cadre de la rédaction de clauses de maintenabilité quantifiées pour de futurs équipements.
- Dans le cadre de la recherche d'amélioration permanente de l'efficacité des actions de maintenance.

Les analyses reposent sur le traitement d'échantillons de N durées d'intervention TTR collectées sur l'historique des interventions relatives à un équipement. Comme pour la fiabilité, ces données peuvent se rapporter à un système complet ou se limiter aux seules interventions sur un module sensible en particulier. [8]

II.2.4 Approche Mathématique de la maintenabilité M(t):

La maintenabilité peut se caractériser par sa MTTR (Mean Time To Repair) ou encore Moyenne des Temps Techniques de Réparation. [8]

$$MTTR = \frac{\Sigma \text{Temps d'intervention pour n pannes}}{\text{Nomre de panne}} \quad (\text{II, 13})$$

La figure ci-dessous schématise les états successifs que peut prendre un système réparable :

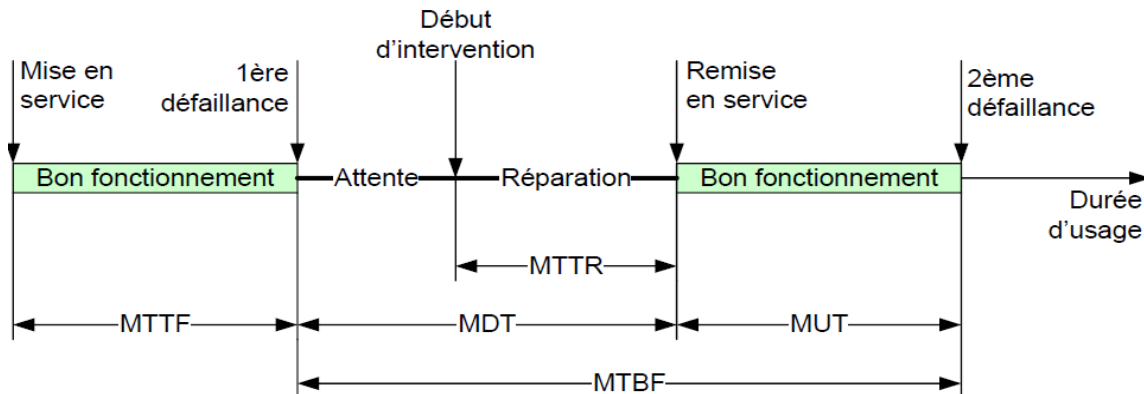


Figure II.8 : les états successifs que peut prendre un système réparable

II.3 Concepts Généraux de la Disponibilité :

Introduction

La politique de maintenance d'une entreprise est fondamentalement basée sur la disponibilité du matériel impliqué dans le système de production. Pour qu'un équipement présente une bonne disponibilité, il doit :

- Avoir le moins possible d'arrêts de production
- Etre rapidement remis en bon état s'il tombe en panne

II.3.1 Définition :

Aptitude d'une entité à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou pendant un intervalle de temps donné [16], en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires soit assurée. Les moyens autres que la logistique de maintenance (personnel, documentation, rechanges, etc....) n'affectent pas la disponibilité d'un bien. la disponibilité instantanée prévisionnelle (définie précédemment) la disponibilité moyenne : moyenne sur un intervalle de temps donné [t1, t2] de la disponibilité instantanée prévisionnelle, ou mesurée en phase opérationnelle par la durée de fonctionnement effectif divisée par la durée donnée.[14]

La disponibilité d'un équipement dépend de nombreux facteurs :

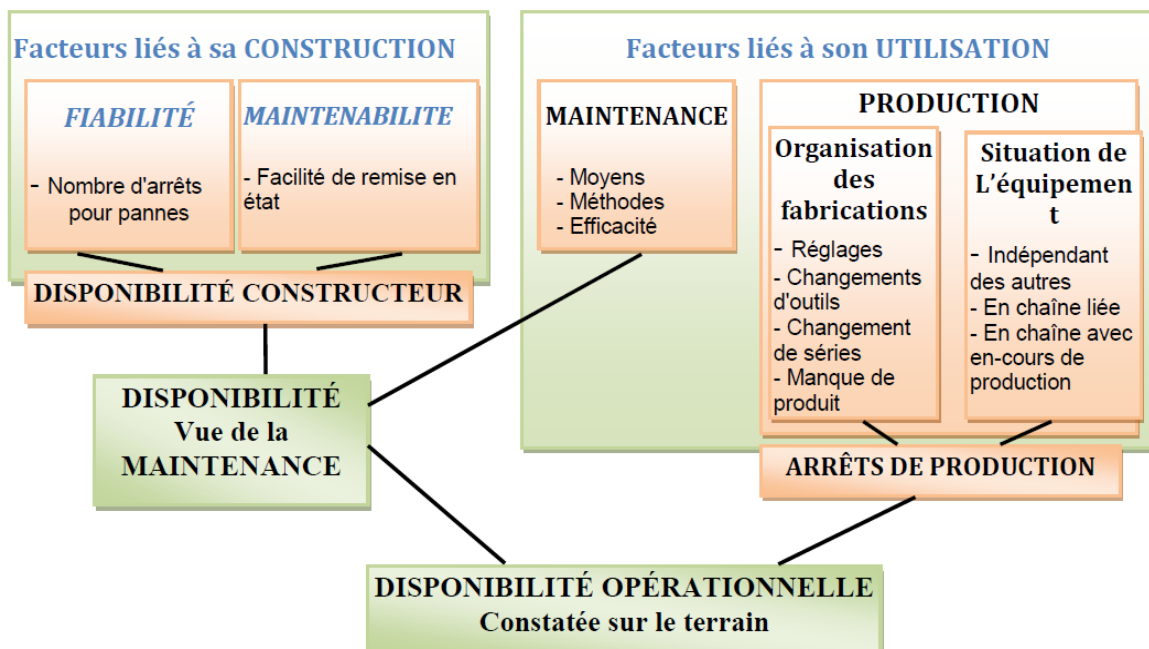


Figure II.9 : les facteurs de la disponibilité

II.3.2 Différents niveaux de la disponibilité :

II.3.2.1 Disponibilité intrinsèque théorique :

Cette disponibilité est évaluée en prenant en compte les moyennes des temps de bon fonctionnement et les moyennes de réparations, ce qui donne :

$$D_i = \frac{TBF}{TBF+TTR+TTE} \quad (\text{II, 18})$$

TBF : temps de bon fonctionnement (Time Between Failures).

TTR : temps technique de réparation (Time To Repaire).

TTE : temps technique d'exploitation.[10]

Remarque : Cette disponibilité correspond à des conditions idéales, c'est-à-dire avec un support logistique parfait.

II.3.2.2 Disponibilité moyenne :

La disponibilité moyenne sur un intervalle de temps donné peut-être évalué par les rapports suivants :

$$D_m = \frac{TCBF}{TCBF+TCI} \quad (\text{II, 19})$$

Où :

TCBF = temps cumulé de bon fonctionnement

TCI = Temps cumulé d'immobilisation [8]

Remarque :

Le temps cumulé d'immobilisation comprend les temps d'intervention et les temps logistique.

- En l'exprimant par rapport à des temps moyens, la disponibilité moyenne s'écrit :

$$D_m = \frac{\text{Tempmoyendedisponibilité}}{\text{Tempmoyendedisponibilité} + \text{Tempmoyendindisponibilité}} = \frac{TMD}{TMD+TMI} \quad (\text{II, 20})$$

En anglais: TMD = MUT (Mean up Time) et TMI = MDT (Mean Down Time).

II.3.2.3 Disponibilité opérationnelle :

Il s'agit de prendre en compte les conditions réelles d'exploitation et de maintenance. C'est la disponibilité du point de vue de l'utilisateur. Le calcul de D_o fait appel aux mêmes paramètres TBF, TTR et TTE sauf que ces 3 paramètres ne sont plus basés sur les conditions idéales de fonctionnement mais sur les conditions réelles (historiques d'exploitation).[8]

II.3.2.4 Disponibilité asymptotique:

Lorsque λ et μ sont indépendants des temps et quand (t) devient grand, on constate que $D(t)$ tend vers une valeur constante. Cette valeur est souvent dénommée disponibilité asymptotique et se note A_∞ elle est égale à : [10]

$$A_\infty = \frac{\mu}{\mu + \lambda} \quad (\text{II}, 21)$$

$$\text{Avec : } \lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (\text{II}, 22)$$

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \quad (\text{II}, 23)$$

II.3.2.5 Disponibilité instantanée : [10]

Pour un système avec l'hypothèse d'un taux de défaillance λ constant et d'un taux de réparation μ constant, on montre que la disponibilité instantanée a pour expression:

$$D(t) = \frac{\mu}{\mu + \lambda} + \frac{\lambda}{\mu + \lambda} e^{-(\mu + \lambda)t} \quad (\text{II}, 24)$$

II.4 Méthode ABC (diagramme de Pareto) :

II.4.1 Définition :

Le diagramme de Pareto est un outil statistique qui permet d'identifier l'importance relative de chaque catégorie dans une liste d'enregistrements, en comparant leur fréquence d'apparition. Un diagramme de Pareto est mis en évidence lorsque 20 % des catégories produisent 80 % du nombre total d'effets.[9]

II.4.2 Fonction :

Suggérer objectivement un choix, c'est-à-dire classer par ordre d'importance des éléments (produits, machines, pièces...) à partir d'une base de connaissance d'une période antérieure (historique de pannes par exemple). Les résultats se présentent sous la forme d'une courbe appelée courbe ABC dont l'exploitation permet de détecter les éléments les plus significatifs du problème à résoudre et de prendre les décisions permettant sa résolution. [10]

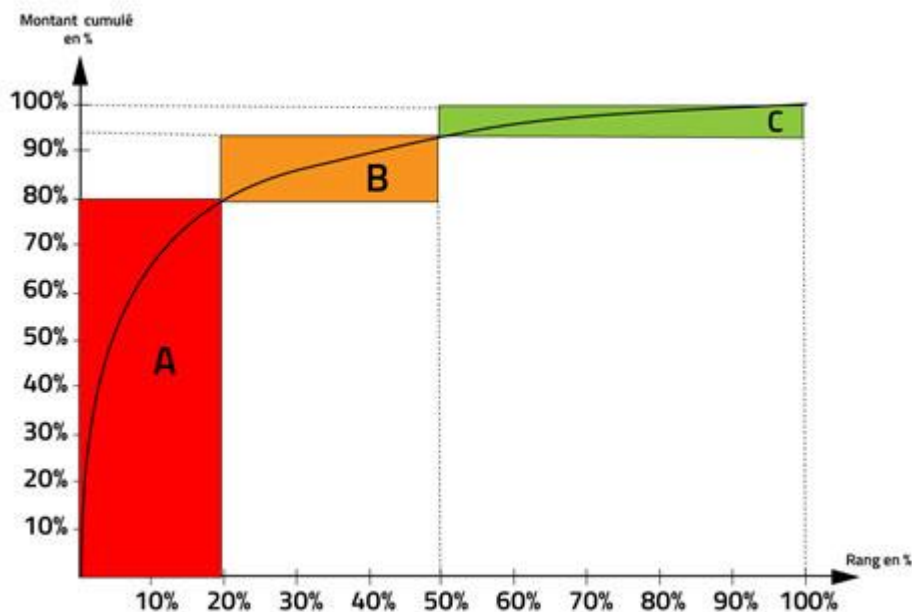


Figure II.10 : La courbe ABC

La méthode ABC est très proche de la technique du diagramme de Pareto, sauf que les trois catégories A, B et C se caractérisent par trois seuils :

A = accumulation à 80 %;

B = les 15 % suivants (95 % au total);

C = les 5 % restants (100 % au total). [10]

II.4.3 L'objectif de l'analyse ABC :

L'analyse ABC est une analyse permettant :

- D'établir la proportionnalité ou l'importance de chaque élément étudié dans l'ensemble des éléments.
- De trier et donc de classer les éléments les uns par rapport aux autres.
- De tirer les enseignements de cette proportionnalité.
- De déterminer l'importance relative de causes ou d'autres critères.
- De les classer par ordre d'importance.
- De dégager les axes prioritaires. [9]

Chapitre III :

L'unité de commande Hydraulique du BOP

III.1 Introduction :

Les trois quarts des besoins énergétiques mondiaux sont fournis par les hydrocarbures, dont les consommations ne cessent d'augmenter, de ce fait et depuis presque un siècle on ne s'arrête de développer et d'améliorer les méthodes et technique concernant leur extraction. Le forage est l'opération la plus délicate et la plus coûteuse du processus d'exploitation de cette énergie, mais en forant ces puits en terre ou en mer (offshore), on est confronté à des problèmes divers (mécaniques, hydrauliques tels que les coincements, les pertes de boue et les venues d'effluents). Il n'existe pas de procédure particulière de contrôle. Les méthodes et les moyens utilisés sont très divers et devront être soigneusement adaptés à chaque cas. Une venue incontrôlée (éruption) s'avèrera catastrophique en plus des pertes matérielles ou parfois des pertes de vies humaines. D'où la nécessité d'avoir un équipement adéquat et un personnel qualifié et entraîné pour affronter de tels problèmes. La pression hydrostatique appliquée sur la formation par la colonne de fluide de forage constitue le facteur principal provoquant l'éruption d'un puits. L'unité de commande hydraulique (kooomey) a pour rôle d'assurer la fermeture et l'ouverture de chaque fondation d'une façon efficace, rapide et facile et si nécessaire sans avoir à utiliser d'énergie extérieure.

III.2 Généralité :

Le système de commande du bloc obturateur de puits (BOP) est un dispositif hydraulique haut pression équipé des vannes de contrôle directionnelles pour contrôler les à-coups de Pression et éviter les éruptions lors des opérations de forage. Le système de commande fournit le fluide hydraulique sous pression pour opérer les Différents obturateurs de surface et les vannes annexes. La pression de fonctionnement du Système habituellement utilisée est de 3000 psi. Un poste de commande à distance permettant de réaliser toutes les fonctions sera installé sur le plancher de forage. Un ou plusieurs autres Postes permettant de réaliser un nombre réduit de fonctions peuvent être installés sur le chantier. [21]

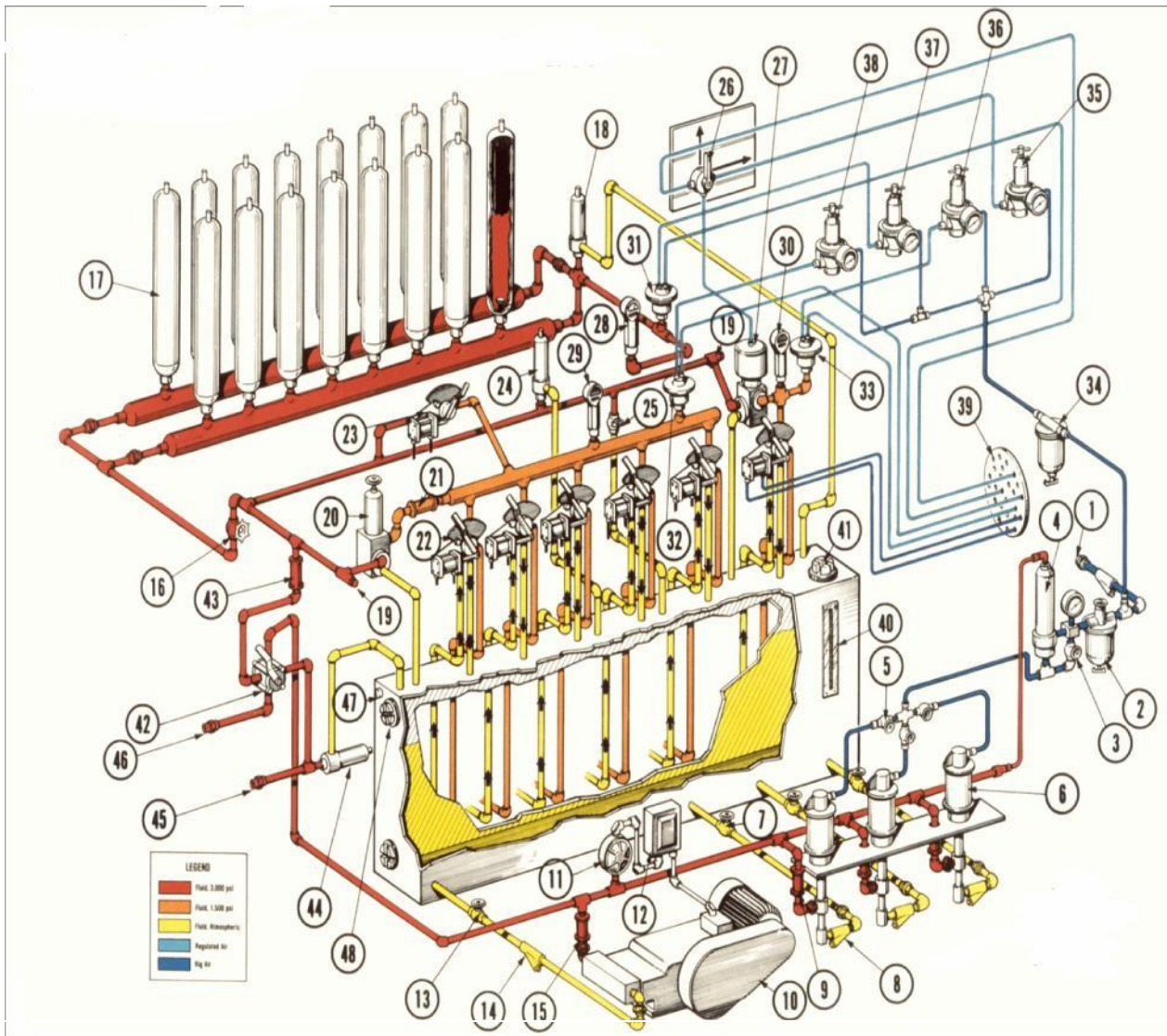
III.3 Module d'accumulateur :

La fonction principale du module accumulateur est de fournir l'approvisionnement en fluide Atmosphérique pour les pompes et de stocker le fluide opérationnel à haute pression pour le Contrôle de la cheminée du BOP. Il comprend: les accumulateurs, un réservoir, les tuyauteries d'accumulateur et un châssis principal pour le montage des pompes pneumatiques, de la pompe à moteur électrique, du collecteur de contrôle hydraulique et du module d'interface pour le contrôle à distance des fonctions du BOP. [18]



Figure(III.1): Module Accumulateur

III.3.1 Description d'une unité standard :



Fluid3.000psi

Fluid1.500 psi

FluidAtmospheric

RegulatedAir

RigAir

Figure(III.2): Schéma du module accumulateur KOOMY

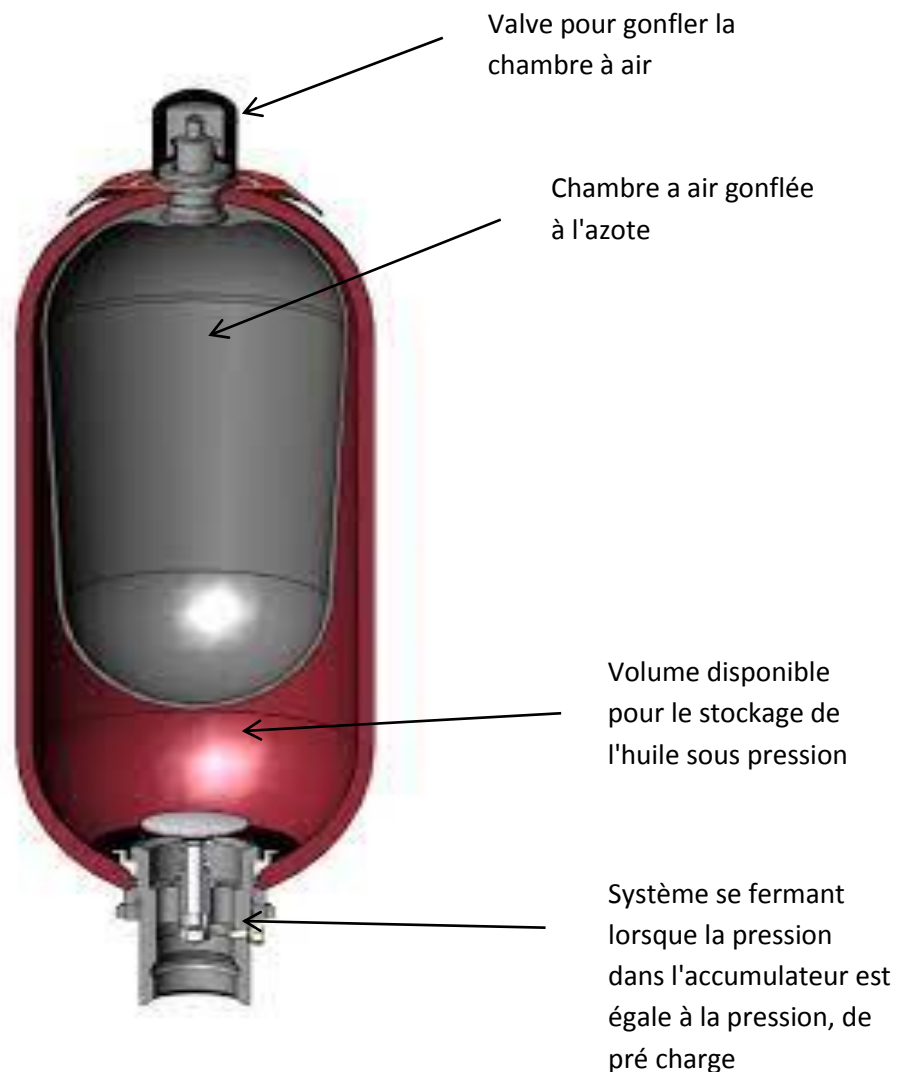
La Figure (III.2) Représente une unité standard avec ses différents composants.[21]

1. Arrivée d'air (pression de l'ordre de 120 psi).
2. Huiler
3. Vanne qui permet de passer la vanne d'admission automatique d'air n°4.
4. Vanne d'admission hydropneumatique automatique.
5. Vannes manuelles d'isolement des pompes pneumatiques
6. Pompes à air.
7. Vannes manuelles d'isolement de l'aspiration des pompes à air.
8. Filtre à huile équipée d'une crépine sur la ligne d'aspiration.
9. Clapet anti-retour.
10. Pompe triplex entraîné par moteur électrique.
11. Manoccontact : permet de régler les pressions de démarrage et d'arrêt de la pompe électrique
12. Coffret de démarrage contenant un commutateur à 3 positions (OFF, ON, AUTO).
13. Vanne manuelle d'isolement de l'aspiration de la pompe électrique.
14. Filtre à huile équipée d'une crépine sur la ligne d'aspiration.
15. Clapet anti-retour.
16. Vanne manuelle d'isolement des bouteilles.
17. Accumulateur. Le pré charge en azote doit être de 1000 psi \pm 10 %.
18. Soupape de sécurité, tarée entre 3300 et 3500 psi. Le retour est connecté au réservoir.
19. Filtre à huile sur le circuit haute pression.
20. Régulateur de pression : Il réduit la pression de 3000 psi à 1500 psi pour le circuit
21. Clapet anti-retour.
22. Distributeurs 4 voies - 3 positions.
23. Vanne: permet de passer la régulation 3000 - 1500 psi et d'envoyer directement dans le manifold le
Fluide hydraulique à la pression des accumulateurs (3000 psi).
24. Soupape de sécurité avec retour au réservoir de stockage du fluide hydraulique.

- 25. Vanne de purge de la partie HP. Elle est normalement en position fermée.
- 26. Sélecteur à 2 positions :
- 27. Régulateur de pression annulaire
- 28. Manomètre de pression de la partie "accumulateur".
- 29. Manomètre de pression de la partie "manifold".
- 30. Manomètre de pression de la partie "annulaire".
- 31-32-33. Transmetteurs pneumatiques de pression de l'accumulateur, du manifold et de l'annulaire vers les ovules panneaux de commande à distance.
- 34. Filtre à air.
- 35. Régulateur permettant de régler la pression d'air envoyée vers le régulateur 27.
- 36-37-38. Régulateurs à air pour les transmetteurs pneumatiques de l'annulaire, de l'accumulateur et du Manifold.
- 39. Platine de connexion du faisceau de télécommande pneumatique.
- 40. Indicateur de niveau de fluide hydraulique dans le réservoir.
- 41. Bouchon de remplissage et de mise à l'air du réservoir.
- 42. Vannes 4 voies - 3 positions.
- 43. Clapet anti-retour.
- 44. Soupape de sécurité sur la ligne auxiliaire avec retour au réservoir de stockage du fluide hydraulique.
- 45. Ligne auxiliaire qui peut être utilisée pour le skidding.
- 46. Ligne auxiliaire qui peut être utilisée pour tester des équipements en pression.
- 47. Retour vers le réservoir lors de l'utilisation d'une ligne auxiliaire.
- 48. Bouchon d'inspection du réservoir de stockage de fluide hydraulique.

III.3.2 Accumulateur d'énergie hydraulique :

L'accumulateur est un ensemble d'enceintes sous pression pour le stockage du fluide à haute pression. Ils sont disponibles dans des tailles, des types, des capacités et des pressions nominales variés. L'accumulateur à vessie cylindrique est le choix le plus courant de l'industrie pétrolière aujourd'hui et peut être déposée par le haut alors qu'elle est toujours montée sur le module accumulateur. Ils peuvent être réparés sur le terrain. Des accumulateurs chargement par le bas doivent être déposés du module accumulateur pour les travaux d'entretien ou réparation.[18]



Figure(III.3) : Schéma d'une bouteille de l'accumulateur

III.3.3 Réservoir :

Un réservoir rectangulaire est fourni pour le stockage du fluide atmosphérique d'approvisionnement pour les pompes à haute pression. Il contient des baffles, des orifices de remplissage et de purge, une jauge visuelle de niveau du fluide, des orifices d'inspection/remplissage et un trou pour permettre le nettoyage à l'homme.[18]

III.3.4 Tuyauteries de l'accumulateur :

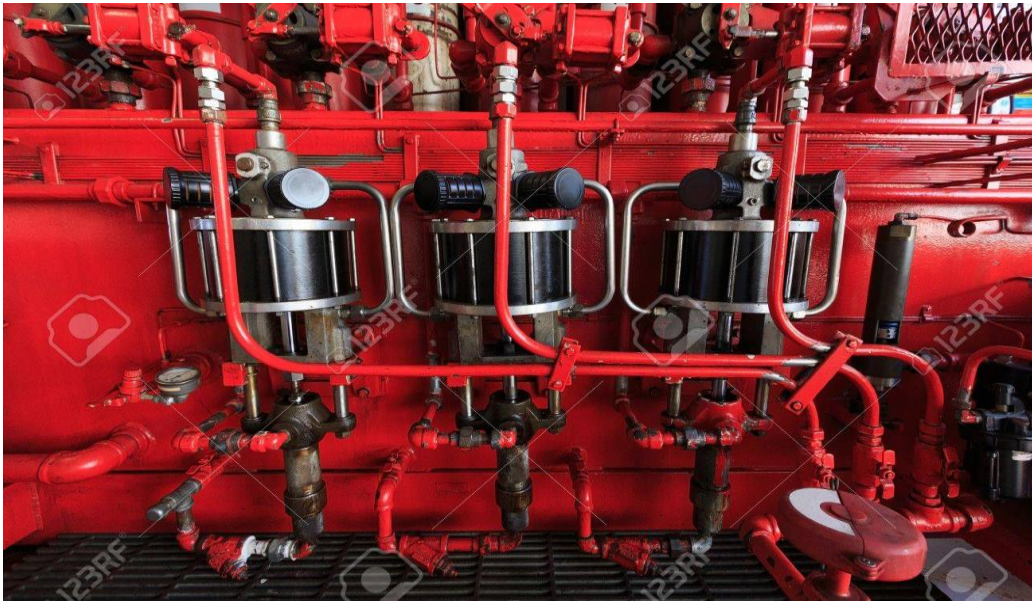
Les tuyauteries relient les conduites de décharge à haute pression des pompes à l'accumulateur et au collecteur de contrôle hydraulique. Elles se composent de tubes de 1" ou 1 1/2" et d'une soupape de décharge de 3 300 PSI pour protéger les accumulateurs contre des pressions excessives. Les accumulateurs de type cylindrique sont montés sur des collecteurs usinés pour minimiser les étranglements et les fuites le long des conduites. Quatre (4) collecteurs sont fournis, possédant chacun des vannes d'isolement et de purge.[18]

III.3.5 Châssis principal :

Le châssis principal est un assemblage structurel en acier soudé qui fournit la base sur laquelle sont montés tous les composants qui forment le module accumulateur (c'est-à-dire les accumulateurs), le réservoir, les ensembles de pompe, le collecteur de contrôle hydraulique.[18]

III.3.6 Module de pompage pneumatique :

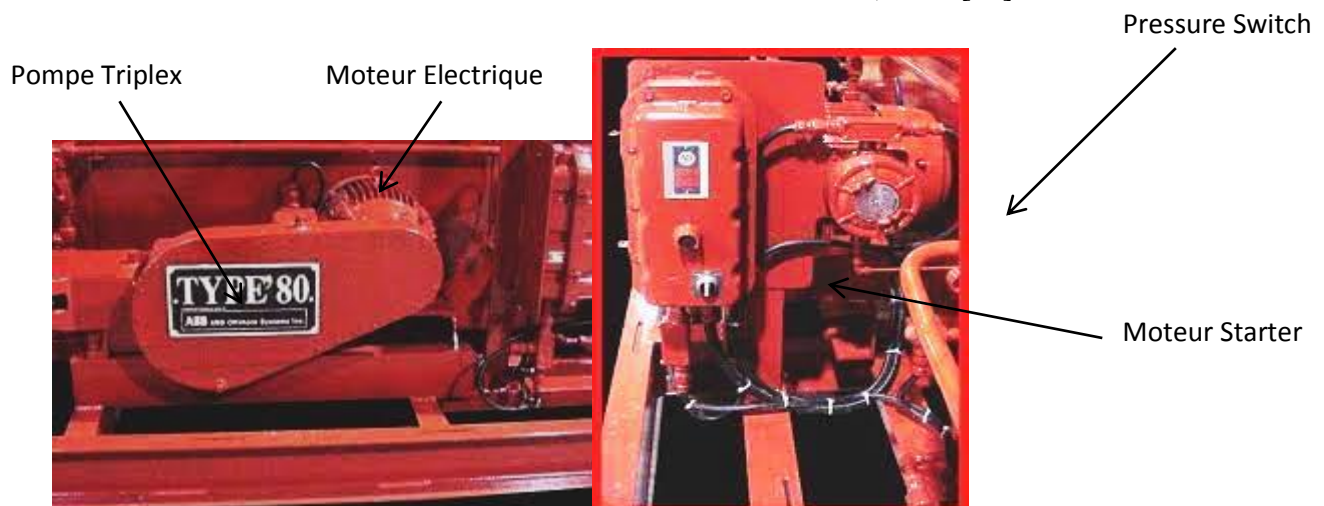
Le module de pompage pneumatique consiste en une ou plusieurs pompes hydrauliques à commande pneumatique reliées aux tuyauteries d'accumulateur pour fournir une source de fluide de travail à de hautes pressions pour le système de contrôle de BOP. Les pompes sont disponibles dans des tailles et des rapports variés. Un module de pompage pneumatique type se compose de deux (2) pompes hydrauliques à commande pneumatique de rapport avec moteur pneumatique de 8 1/2" de diamètre.[18]



Figure(III.4) : Module de Pompage Pneumatique

III.3.7 Module de pompage électrique :

Le module de pompage électrique consiste en une pompe alternative triplex à piston, entraînée par un moteur électrique antidéflagrant. Elle est reliée aux tuyauteries d'accumulateur pour fournir une source de fluide de travail à haute pression pour le système de contrôle de BOP. Une pompe alternative triplex comporte des cylindres de 1-1/2" et des pistons de 1-1/8". L'entraînement est assuré par un moteur électrique triphasé antidéflagrant de 15 CV avec une tension alternative de fonctionnement de 230/460V ,60Hz.[18]



Figure(III.5) : Module de Pompage Electrique

III.3.8 Collecteur de contrôle hydraulique :

Un collecteur de contrôle hydraulique se compose de deux (2) voir (Figure III.2) détendeurs hydrauliques et de sept (7) voir (Figure III.2) vannes de contrôle directionnelles qui dirigent l'écoulement du fluide de travail à haute pression pour permettre à l'opérateur de contrôler les fonctions de la cheminée du BOP les deux (2) détendeurs fournis sont utilisés pour contrôler l'obturateur annulaire et les fonctions de la cheminée du BOP. Ces détendeurs réduisent la pression d'accumulateur de 3000 Psi à une pression qui est compatible avec les limitations de fonctionnement des obturateurs. Les vannes de contrôle directionnelles sont d'une taille de 1". La vanne de contrôle directionnelle annulaire pourrait avoir une taille de 1" ou 1 1/2".. Le collecteur comporte également trois (3) manomètres pour surveiller les pressions de fonctionnement du système de contrôle, une vanne de purge et une vanne de contournement /commande manuelle interne du détendeur du collecteur pour permettre à l'opérateur de contourner le détendeur du collecteur et d'atteindre la pleine valeur de la pression système pour un fonctionnement en fermeture totale.[21]



Pression de manifold

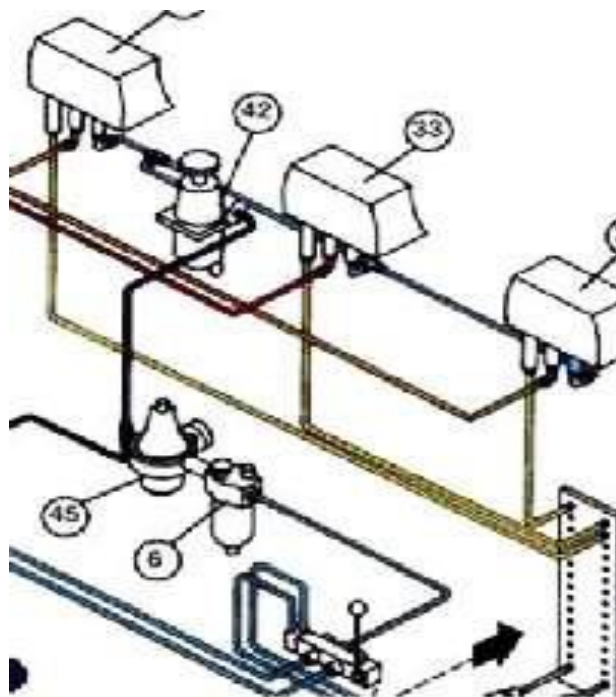
Pression d'accumulateur

Pression d'annulaire

Figure(III.6) : Collecteur de contrôle hydraulique

III.3.9 Module d'interface :

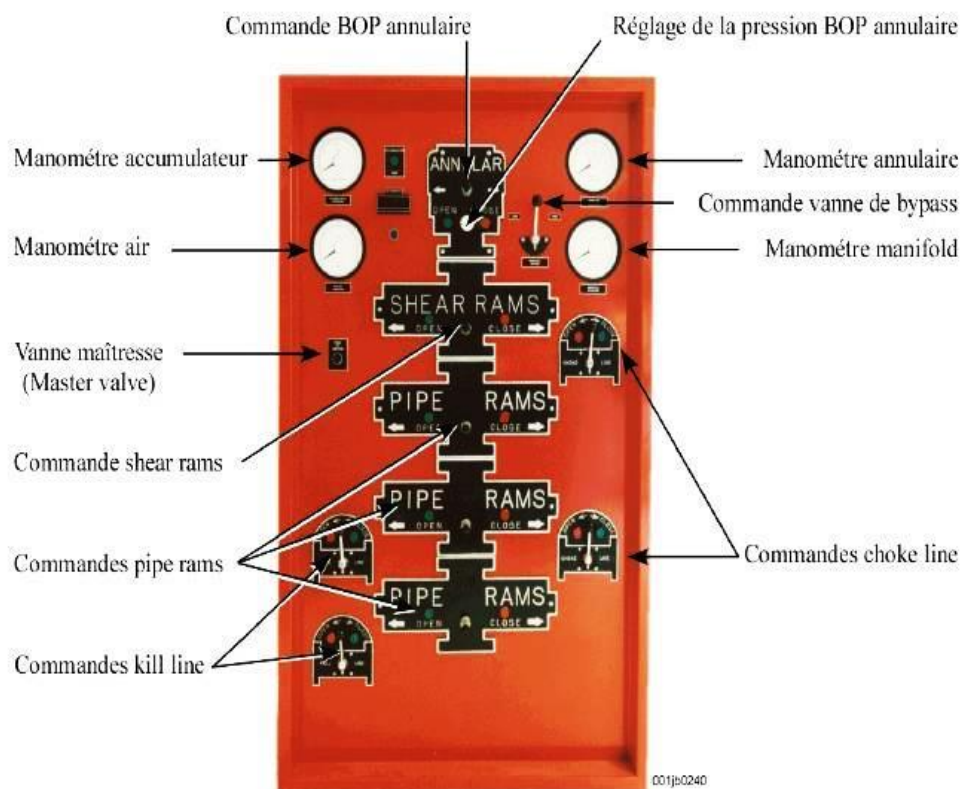
Un module d'interface est requis lorsqu'un ou plusieurs panneaux de télécommande pneumatique sont inclus dans le système de contrôle de BOP. La télécommande pneumatique n'est pas conseillée lorsque la distance au(x) panneau(x) de télécommande pneumatique dépasse 45 m (150 ft) pour les installations offshore ou lorsque le système doit répondre aux normes API RP 16E. Un module d'interface contient les composants qui doivent être ajoutés à l'ensemble accumulateur pour un fonctionnement avec télécommande pneumatique, c'est-à-dire : des vérins pneumatiques, la moitié fixe du boîtier de branchement pneumatique et tous les tubes et raccords en acier inoxydable requis. Pour des panneaux comportant une régulation à distance et des dispositifs de suivi de la pression, un actionneur à moteur pneumatique pour le détendeur annulaire et un ensemble de transmission de la pression sont inclus. Lorsque deux (2) voir (Figure.III.2) panneaux de contrôle sont inclus dans un système de contrôle de BOP, le module d'interface comprend également une moitié fixe supplémentaire de boîtier de branchement pneumatique et des vannes va-et-vient pneumatiques.[21]



Figure(III.7) : Module d'interface

III.3.10 Panneau de Commande pneumatique :

Le ou les panneaux de télécommande pneumatique offre un contrôle partiel ou total du système BOP, en plus des fonctions de suivi de la pression, l'option de télécommande permet à l'opérateur de placer le module accumulateur dans un endroit sûr de façon à ce qu'il puisse rester opérationnel dans une situation d'urgence. Le ou les panneaux de télécommande pneumatique peuvent être ajoutés à un système de contrôle, accroissant ainsi la sécurité des opérations de forage pour un coût minime. Il peut être fourni dans des tailles, des styles et des configurations variés pour répondre à des exigences spécifiques en matière d'espace et de fonctionnement. Les panneaux de télécommande pneumatique contiennent une vanne principale de contrôle qui doit être actionnée simultanément avec une fonction sélectionnée pour lancer le fonctionnement. Chaque panneau de télécommande pneumatique contient un nombre spécifié de vannes à contrôle pneumatique à axe élastique à quatre voies. Une source d'approvisionnement en air fournie par le client et un ou plusieurs modules d'interconnexion seront également requis.[18]



Figure(III.8) : Panneau de commande du foreur

III.4 Commandes hydrauliques des opérateurs [20] :**III.4.1 Principes généraux :**

Tous les BOP et les principales vannes de tête de puits sont à commande hydraulique et Fonctionnent suivant des vérins hydrauliques doubles effet; chaque fonction nécessite une conduite de l'ouverture et une deuxième sur la fermeture. Une réserve de fluide sous pression, disponible chaque instant pour assurer la fermeture ou l'ouverture des obturateurs. Il faut tenir compte (pour un empilage de tête de puits) :

- Du volume de fluide nécessaire pour réaliser un certain nombre de fonctions en cas d'urgence, cette séquence est imposée par le maître d'œuvre.
- De la pression à exercer pour obtenir une bonne étanchéité.
- Du temps nécessaire pour fermer tous les obturateurs. L'installation comprend :
- Plusieurs accumulateurs pneumatiques.
- Un ensemble de pompes hydrauliques.
- Un manifold de commande décrite.
- Un ou plusieurs manifolds de commande à distance.

III.4.2 Principe de fonctionnement d'une unité :

Pour simplifier l'étude du fonctionnement de l'unité, elle sera découpée en 5 sous-ensembles Principaux :

- Appareillage air
- Appareillage électrique
- Manifold mâchoires vannes
- Manifold annulaire
- partie accumulation.

III.4.3 Appareillage à air :

L'air de la sonde passe à travers un filtre puis un lubrificateur (2). voir (Figure III.2) Normalement, la vanne by pass (3) est fermée et l'air, passant par la vanne d'admission hydropneumatique (4), arrive à chaque pompe hydropneumatique (6).

Voir (Figure III.2) La vanne d'admission d'air (4) voir (Figure III.2), réglable manuellement, s'ouvre lorsque la pression hydraulique chute à 2700 psi (en général) et se ferme à 3000 psi. Si l'on désire gonfler les accumulateurs à plus de 3000 psi il suffit d'ouvrir la vanne by pass(3) sans oublier de la refermer lorsque la pression voulu est atteinte. Si une pompe à air (6) est défaillante, on peut l'isoler par la vanne (5) ce qui permet de réparer sans arrêter l'unité. Le fluide hydraulique stocké à pression atmosphérique dans le bac est aspiré par les pompes à air et traverse une conduite équipée d'une vanne (7) et d'un filtre (8) puis refoulées 3000 psi vers les bouteilles d'accumulateur.

Voir la (Figure III.2) Un clapet anti retour (9) équipe la ligne de refoulement 3000 psi.

III.4.4 Appareillages électriques :

La pompe (10) a la même utilisation que la pompe hydropneumatique vue précédemment. Les conduites de fluide sont équipées normalement sur la ligne d'aspiration, d'une vanne (13) d'un filtre (14) et sur la ligne de refoulement à 3000 psi d'un clapet anti-retour (15). voir (Figure III.2) La baisse de pression est enregistrée par le mancontact (11) qui actionne un contacteur électrique (12). Normalement ce contacteur doit être sur la position auto. La position manuelle sera choisie si l'on veut dépasser la pression de 3000 psi.

III.4.5 Ensemble d'accumulation :

Le système d'accumulation est protégé par le clapet de sécurité (18), taré à 3300 psi ou 3500 psi. Les vannes d'isolement (16) doivent être ouvertes sauf lors des déménagements.

Le fluide à 3000 psi arrive dans 2 régulateurs de pression :

- Le régulateur (27) pour le manifold de l'obturateur annulaire.
- le régulateur (20) pour le manifold des autres obturateurs et les vannes de commandes à distance.
- la vanne by pass (23) qui permet d'éviter le régulateur (20) et d'envoyer directement la pression des bouteilles dans le manifold.
- Le manomètre (28) indique en permanence la pression dans les bouteilles

De plus, le circuit possède :

- un clapet de sécurité taré à 5500 psi (24), qui protège le système si la vanne 16 est fermée.

- une vanne de purge (25), vers le bac réservoir. Voir (Figure III.2)

III.4.6 Manifolds [21] :

III.4.6.a Manifold mâchoires vannes :

Le fluide sous pression de 3000 psi arrive dans le régulateur de pression (20) d'où il ressort à 1500 psi.

Le manifold, possède :

- 1- Un manomètre (29), où l'on doit lire 1500 psi .
- 2- Un sélecteur (26) pour opérer les fonctions, soit de l'unité, soit du plancher.
- 3- Une vanne by pass (23) pour appliquer en cas d'urgence directement 3000 psi dans le manifold.
- 4- Différentes vannes 4 vois (22) connectées chacune aux BOP.

III.4.6.b Manifold obturateur annulaire :

Système très semblable à l'autre manifold où le fluide sous pression 3000 psi arrive dans un régulateur de pression (27) qui permet de régler de 0 à 3000 psi suivant les opérations (forage - venue – stripping - etc.). Voir (Figure III.2)

La commande du régulateur alliée au sélecteur (26) permet de régler la pression annulaire, soit de l'unité, soit du panel du driller au plancher. Certains régulateurs sont « Fail safe » c'est-à-dire qu'ils conservent leur réglage en cas de rupture de la télécommande.

Sur le côté de l'unité, il existe 3 transmetteurs de pression qui transforment la pression hydraulique en pression pneumatique pouvant être lues à différents endroits du chantier.

III.5 Contrôles de l'unité d'Accumulateur [21] :

Ils sont au nombre de 7 et l'ensemble des opérations (temps, volume, etc....) doivent être Notés sur une feuille de contrôle spéciale.

1. Contrôle du temps de mise en charge des bouteilles.
2. Contrôle de la pression de démarrage et d'arrêt des pompes.
3. Contrôle du niveau d'huile du réservoir.
4. Contrôle du pré charge des bouteilles.
5. Contrôle du temps de fermeture du puits avec chaque système de pompes (Bouteilles isolées).
6. Contrôle de la capacité de fermeture des obturateurs avec les bouteilles seulement.
7. Contrôle du temps de fermetures.

III.6 Généralités sur les équipements de sécurité du puits de forage [17.19] :

Pour lutter contre les éruptions on utilise un ensemble d'équipements d'obturation du puits et une unité de commande hydraulique (Kooomey).

III.6.1 Les équipements d'obturation :

L'ensemble des équipements d'obturation comprend :

- Le tubage et son dispositif de suspension
- Les obturateurs à mâchoires
- L'obturateur annulaire
- Le choke line avec ses deux vannes manuelle et automatique
- Le manifold de duses
- Une Kill-line munie également de deux vannes manuelles et éventuellement automatiques : elle permet de pomper dans l'espace annulaire avec les obturateurs fermes.

A Tous ses élément cites ci-dessus on ajoutera les obturateurs internes qui regroupent toutes les vannes et clapets permettant la fermeture de l'intérieur de la garniture.

a. le tubage et tête de tubage. La base ou le point de départ de tout assemblage d'obturation est le tubage. L'ensemble n'est jamais meilleur que le tubage sur lequel il est monte. Notamment la pression d'éclatement du tubage doit être homogène avec la pression de travail des obturateurs.

b. les obturateurs à mâchoires Les obturateurs à mâchoires ferment l'espace annulaire a l'extérieur d'un train de tige par déplacement des mâchoires à partir d'une position de retrait (supérieur au passage nominal du tubage) jusqu'à une position fermée autour de tiges. Les mâchoires vont par paires et rendent étanche l'espace au-dessous d'elles.

Les obturateurs à mâchoires sont caractérisés par :

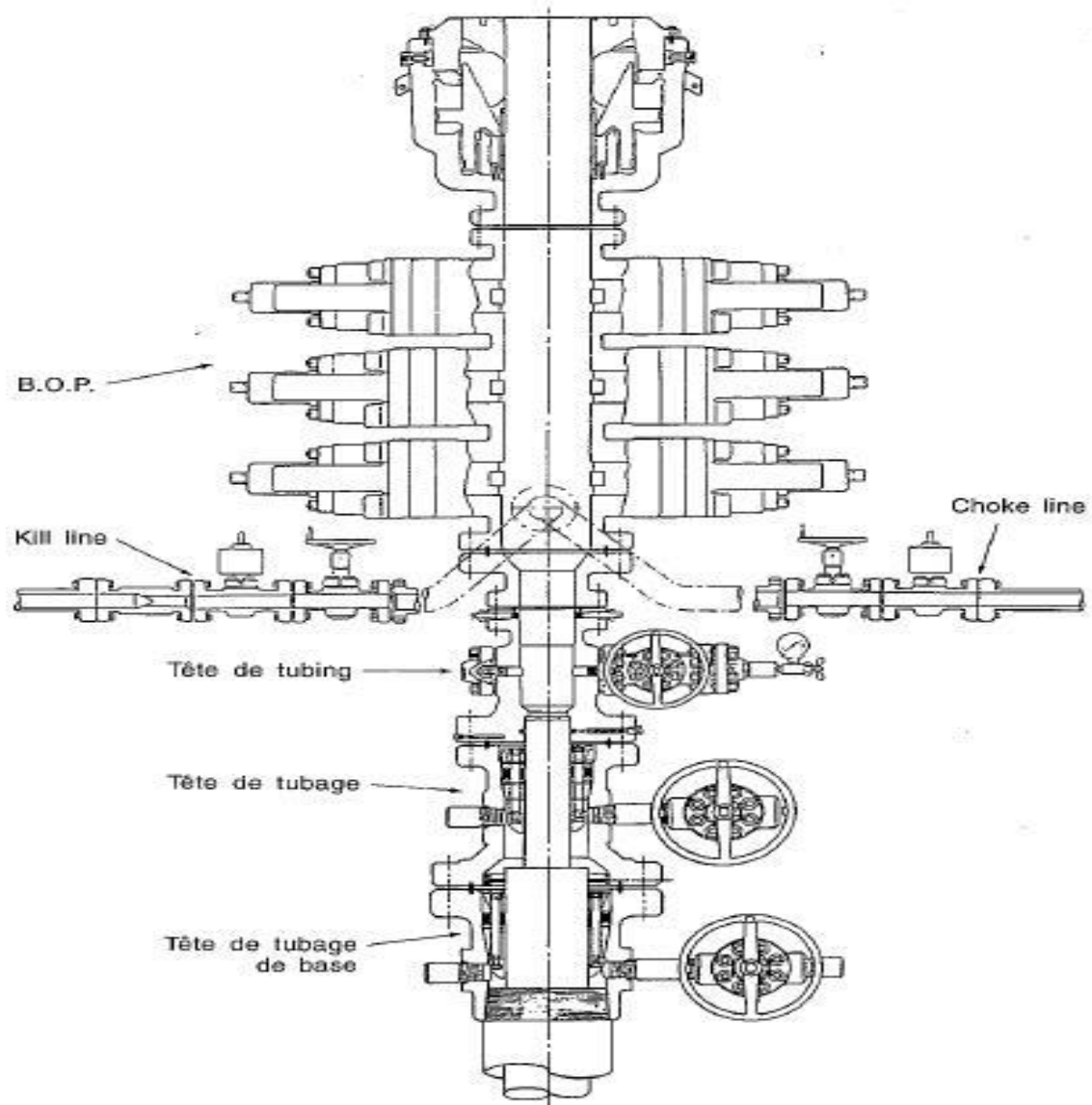
- leur série qui indique la pression de service.
- Leur dimensions nominale qui indique on générale le diamètre de passage intérieur.
- Les rapports d'ouverture et de fermeture qui indique respectivement le rapport pression sous le BOP a la pression agissant sur les pistons au moment de l'ouverture et de la fermeture.

- Les volumes d'huile nécessaires à la fermeture et à l'ouverture.
- Les dimensions extérieurs et le poids.

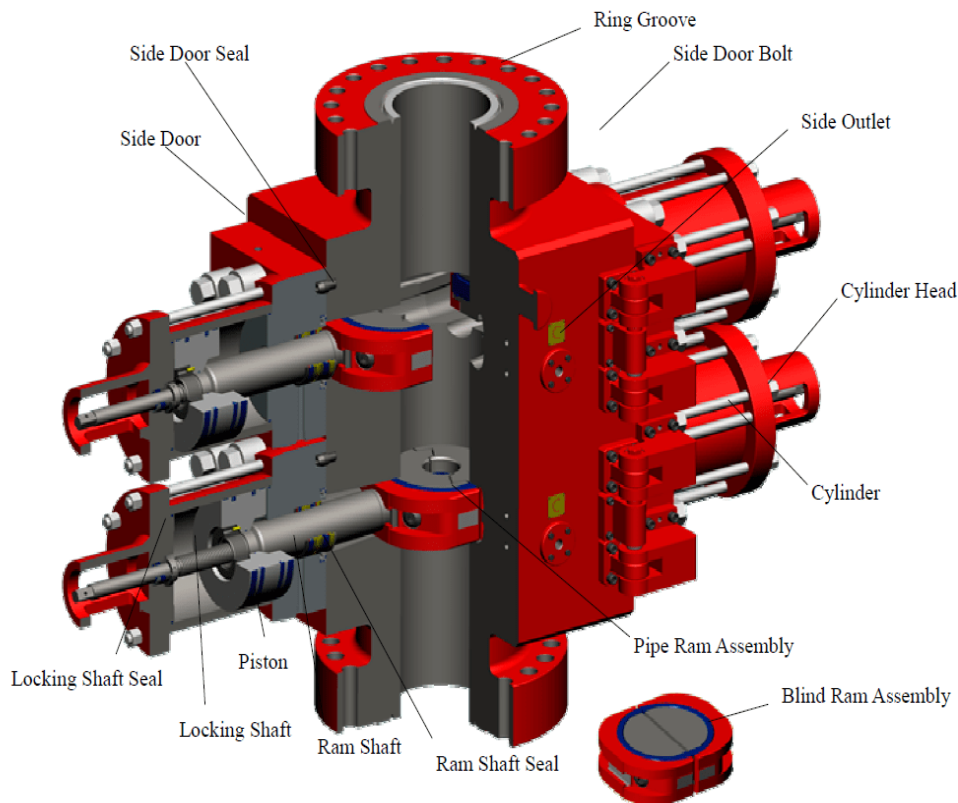
Les différentes marques sont :

- CAMERON
- HYDRIL
- SHAFFER

Le principe de fonctionnement étant généralement le même pour tous les BOP à mâchoire.



Figure(III.9) : La tête de puits



Figure(III.10) : Obturateur double a mâchoire BOP

III.6.2 Différents types de mâchoires :

III.6.2.1 Mâchoire à fermeture totale:

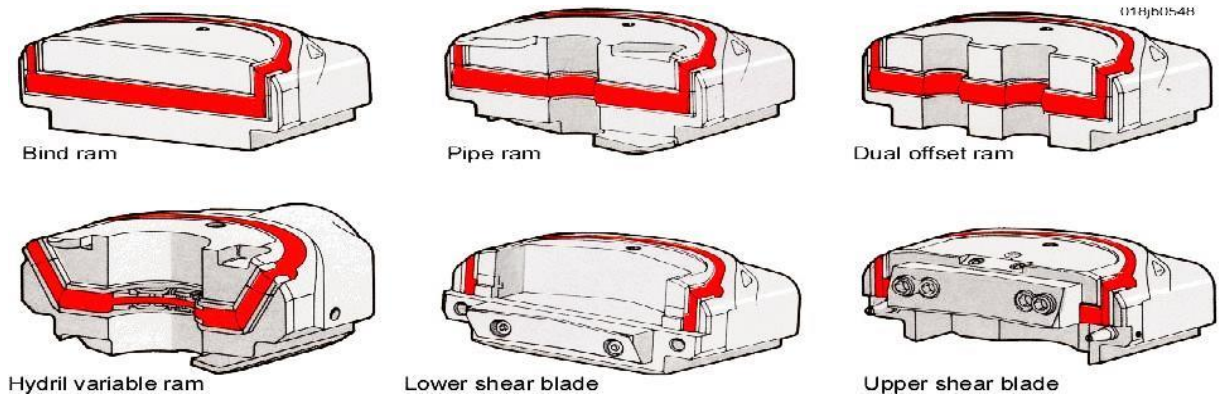
Elles permettent soit de fermer le puits en l'absence de train de tige (Blind rams, Fig. I.8) soit de cisailer celles –ci et faire étanchéité (shear-blind rams). [17]

III.6.2.2 Mâchoire à fermeture sur tige (pipe rams):

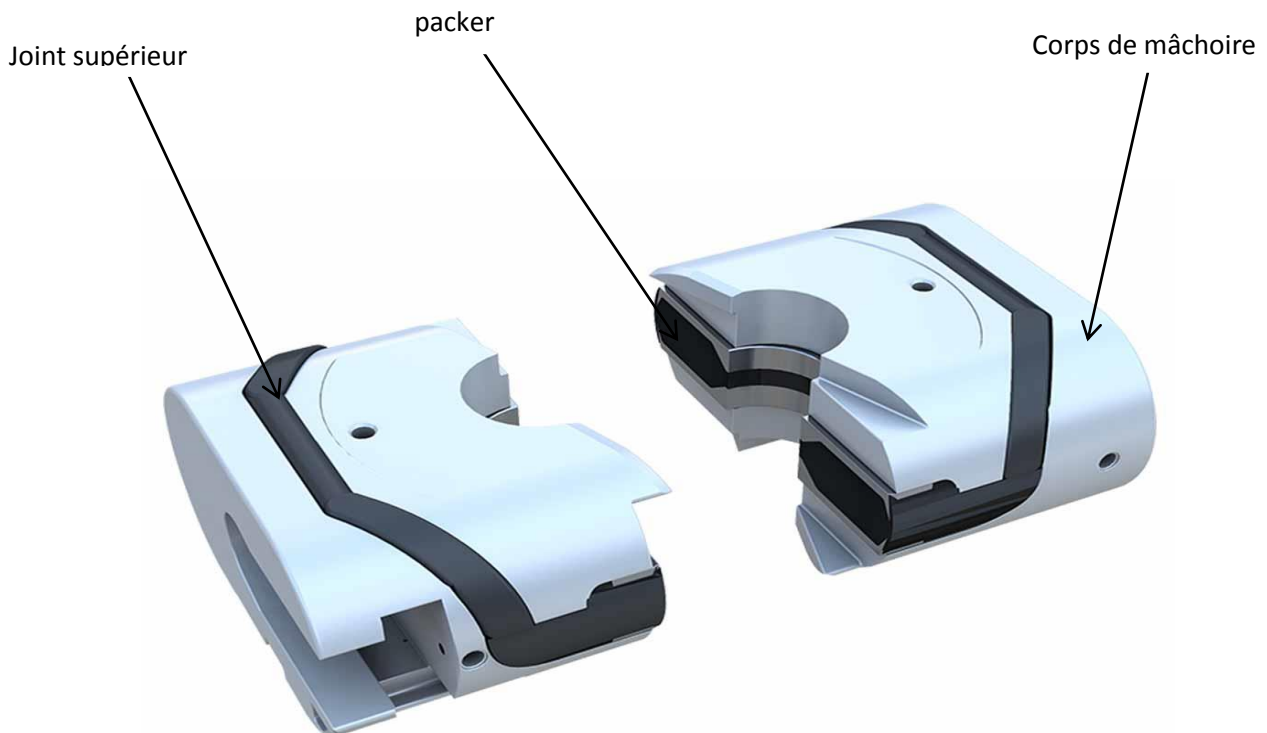
Elles sont muni d'ouverture semi-circulaire, correspondant au diamètre extérieur des tiges, pour lesquelles elles sont prévu (Figure III.11, 12). Il est absolument essentiel que les mâchoires d'un obturateur correspondant exactement aux dimensions des tiges, des tubages ou des tubings qui sont en service.[17]

III.6.2.3 Mâchoire à fermeture variable :

Elles permettent de fermer sur différents diamètres de tige (Figure III .11)



Figure(III.11) : Différents types de rams



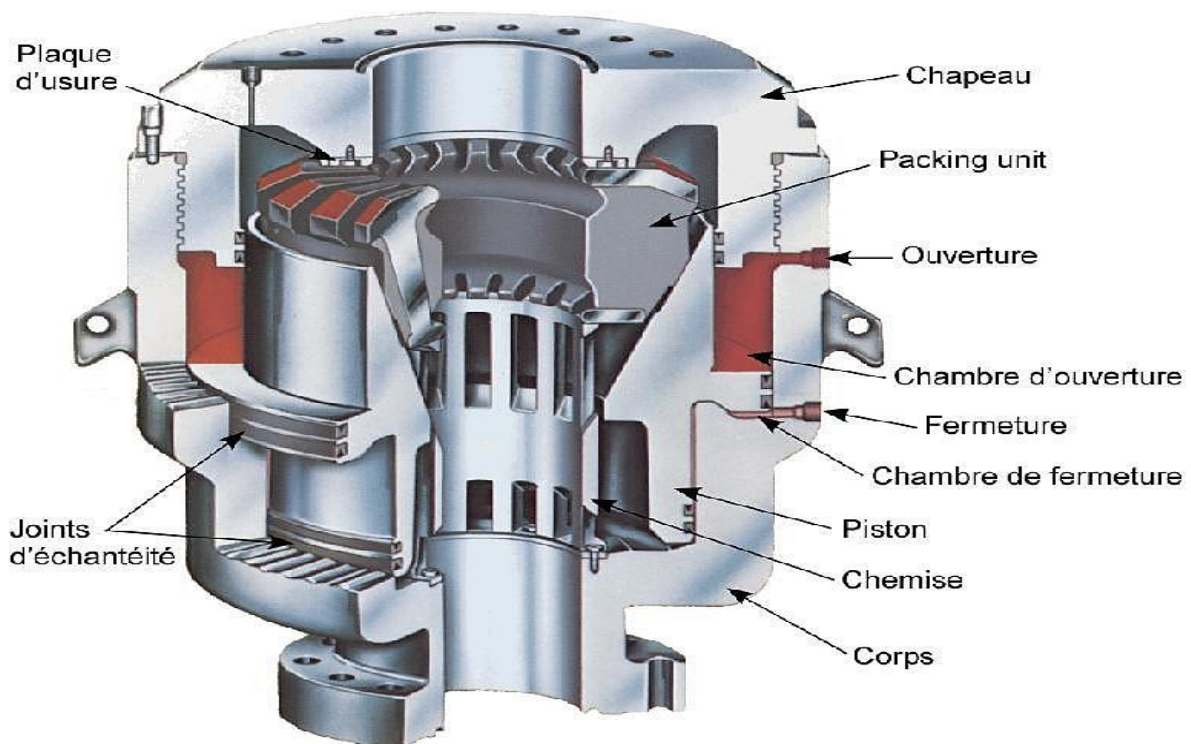
Figure(III.12) : Pipe rams

III.6.2.4 Les obturateurs annulaires [19] :

Les obturateurs annulaires ou a membranes emploie une garniture en caoutchouc synthétique, qui fait étanchéité sur la garniture de forage, quand elle est comprimée par un piston mobile commandé hydrauliquement. A l'inverse des obturateurs à mâchoires, les obturateurs annulaires assurent une étanchéité sur des diamètres et des formes différentes, par exemple tige ou masse-tiges tige d'entraînement, et peuvent dans une certaine mesure permettre un mouvement non seulement de bas en haut mais également de rotation lente. Il est à noter que la fermeture complète de l'obturateur annulaire, sans garniture de forage dans le trou, est possible mais n'est pas recommandée car elle provoque une détérioration rapide de la garniture en caoutchouc. La pression hydraulique de fermeture d'un obturateur annulaire est au maximum de 1500psi, dans la pratique on a intérêt à utiliser des pressions hydrauliques faibles de manière à éviter une fatigue trop rapide de la garniture. En cas de manœuvre de la garniture de forage au travers de l'obturateur fermé il est recommandé, pour la même raison, de maintenir une pression minimum.

Les marques les plus répandues sont :

- CAMERON
- HYDRIL
- SHAFFER



Figure(III.13) : Obturateurs annulaires

III.6.3 Circuit manifold [17] :**III.6.3.1 Manifold de dusses :**

Le manifold de dusses permet durant le contrôle d'appliquer une contre pression dans le puits à l'aide d'une duses réglable et de diriger le retour vers les bacs, le séparateur, la torche ou le bourbier. Etant donné les risques de bouchage et d'usure durant le contrôle, le manifold de dusses doit être équipé au moins de deux dusses réglables afin de permettre d'isoler une ligne défaillante et de basculer sur une autre pour continuer le contrôle sa pression de travail en amont des Duse doit être égale ou supérieure à celle des obturateurs par contre, la pression de la partie en avale et généralement d'une série inférieure.

III.6.3.2 Choke line :

La choke line est la conduite qui relie l'empilage des obturateurs au manifold de Duse. Elle doit avoir une pression de travail égale à celle des obturateurs et un diamètre intérieur supérieur ou égal à 3" pouces pour réduire l'effet des pertes de charges, minimiser le risque de bouchage et l'usure durant le contrôle. La connexion à l'empilage des obturateurs s'effectue au moyen de deux vannes en série. Il est recommandé qu'une de ces vannes soit commandée à distance pour une ouverture rapide du circuit de contrôle.

III.6.3.3 Kill line :

La Kill line est la conduite qui relie l'empilage au circuit de pompage, elle doit avoir une pression de travail égale à celle des obturateurs et un diamètre intérieur minimum de 2".Elle offre la possibilité de pomper sous les obturateurs. La conduite contient deux vannes en série et un clapet anti-retour qui permet de protéger le stand pipe (tête de tubage) et les pompes de forage contre toute pression venant du puits encas de venue.

Chapitre IV:
Etude comparative entre deux types
d'accumulateurs de pression (koomy -
STEW&STEVENS)

Chapitre IV Etude comparative entre deux types d'accumulateurs de pression (koomy - STEW&STEVENS)

Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons comparer les deux accumulateurs de pression type 1 KOOMEY- T15080-3S et type 2 STEW&STEVENS- SSB160-3511, dans la première partie on va présenter les différentes actions preventive faites sur chacun de ces accumulateurs suivi par une évaluation sur les deux, de côté de temps et le coût d'arrêt. Par la suite on va présenter aussi les différents actions correctives sur les deux accumulateurs de pression gardant la même manière de la première partie, les résultats de cette évaluation est présentée et discutée afin de choisir le matériau le plus adéquat de côté de temps, technique et économique. Cette étude est faite sur un plan de maintenance de 36 mois.

IV.1 Les actions de maintenance préventives faite :

Il y'a plusieurs actions de maintenance préventive pour augmenter la durée de vie des équipements, Augmenter de la productivité et diminuer le temps de réparation tel que :

Tableau IV.1 : la maintenance préventive d'un accumulateur

Responsable de travail	Description Opérations	Fréquence d'entretien
		Chaque 03 Mois (2160 hrs)
Mécanicien	Vérifiez le niveau du fluide hydraulique.	✓
Mécanicien	Vérifiez l'état de la pompe triplex.	✓
Mécanicien	Vérifiez l'état de la chaîne et du pignon.	✓
Mécanicien	Vérifiez les presse-étoupe.	✓
Mécanicien	Purger la pression hydraulique de toutes les bouteilles.	✓
Mécanicien	Vérifiez la pression de précharge d'azote.	✓
Mécanicien	Effectuer une inspection approfondie des bouteilles	✓
Mécanicien	Vérifier le fonctionnement des vannes de régulation	✓
Mécanicien	Vérifier le fonctionnement des vérins pneumatiques	✓
Mécanicien	Graisser toutes les vannes de régulation.	✓
Mécanicien	Vérifiez le fonctionnement des régulateurs.	✓
Mécanicien	Teste le système de secours en air.	✓
Electricien	Effectuer un contrôle électrique	✓

Chapitre IV Etude comparative entre deux types d'accumulateurs de pression (koomy - STEW&STEVENS)

IV.1.1 Les actions de maintenance préventives d'un accumulateur de type (KOOMEY- T15080-3S)

Le tableau au-dessous (Tableau IV.2) montre la quantité et le temps d'arrêt puis le coût d'arrêt qui représente l'intervention de chaque opération de maintenance préventive.

Par exemple : l'intervention de l'ajout d'huile Tiska 32 prend un temps d'intervention de 6.75 h avec un montant de 15.691,07 DZD.

Tableau IV.2 : la durée d'intervention par heure (h) et le montant (DZD)

Equipement	Chantier	Description de l'intervention	Quantité	Durée d'intervention (Hrs)	Montant DA
Equipement 1	Chantier 13	Ajout D'huile Tiska 32	1 FUT	6,75	15.691,07
Equipement 1	Chantier 13	vidange de l'accumulateur unit koomey.	400L	1	52.305,97

On va traduire ce tableau par deux histogrammes, Figure IV.1 représente Le temps d'arrêt en fonction de l'action de maintenance préventive et, Figure IV.2 représente le coût d'arrêt en fonction de l'action de maintenance préventive.

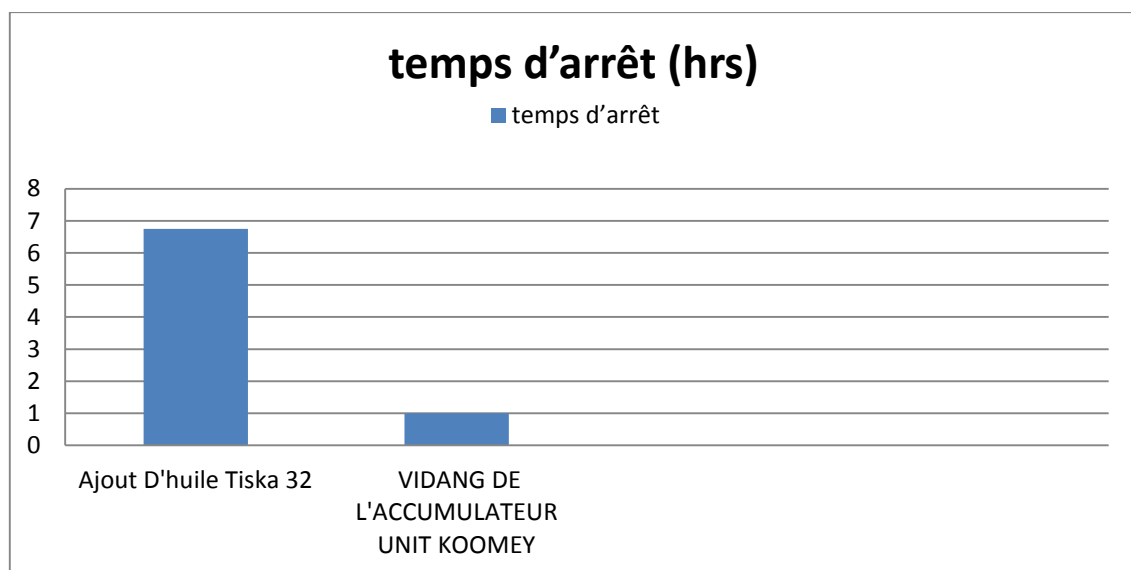


Figure IV.1: Le temps d'arrêt en fonction de l'action de maintenance préventive

(KOOMEY- T15080-3S)

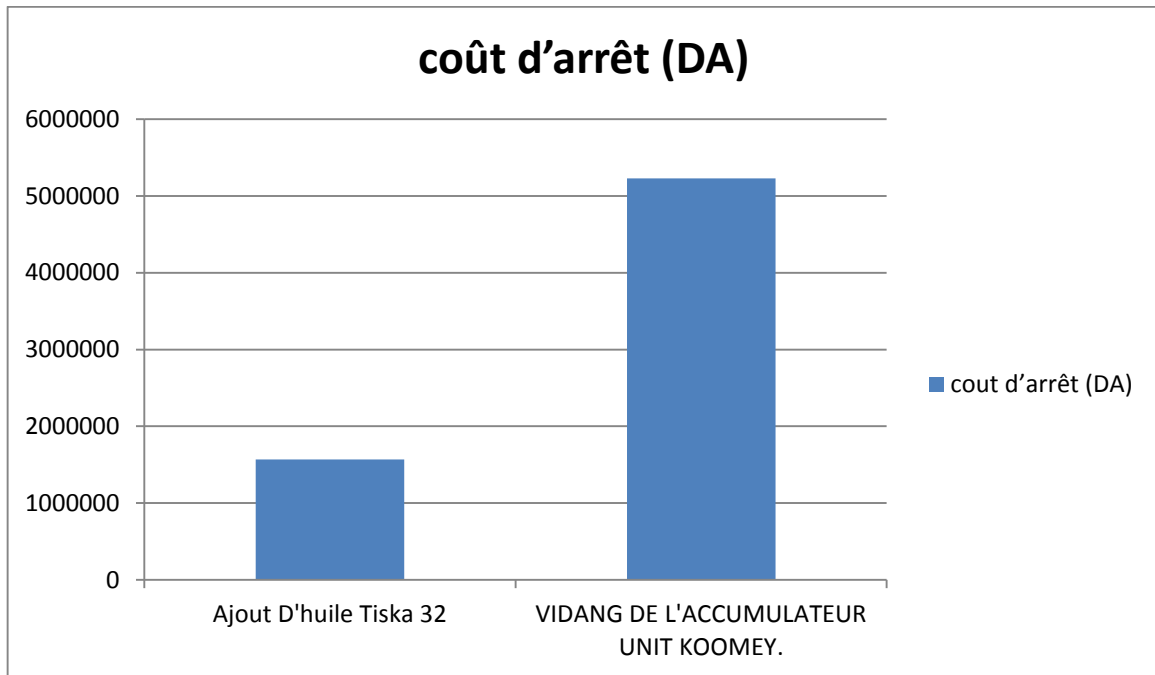


Figure IV.2: Le coût d'arrêt en fonction de l'action de maintenance préventive

(KOOMEY-T15080-3S)

Sur les histogrammes montrés ci-dessus on n'observe que l'accumulateur KOOMEY-T150803S a été subis à deux actions préventives avec :

- Un temps d'arrêt important dans l'intervalle de 1 à 7 heures (tout dépend de type d'opération) ce qui signifie un arrêt des opérations de forage ainsi que un manque de sécurité en cas d'éruption dans le chantier pétrolier.
- Un cout d'arrêt élevé dans l'opération de vidange par rapport à celle de l'ajoute de l'huile sans compter les couts supplémentaires tel que (manœuvre, transport).

Chapitre IV Etude comparative entre deux types d'accumulateurs de pression (koomy - STEW&STEVENS)

IV.1.2 Les actions de maintenance preventive d'un accumulateur de type (STEW&STEVENS- SSB160-3511) :

Dans le tableau au-dessous (Tableau IV.3) le temps d'intervention et le montant avec la quantité sont montrés avec une description de l'intervention de l'équipement (STEW&STEVENS- SSB160-3511).

On a 9 équipements dans les mêmes chantiers avec des différentes interventions et chacun avec son propre montant et temps d'intervention.

Par exemple : l'intervention de vidange koomy 2128 prendre un temps d'intervention de 1 h avec une quantité de 1FUT et montant de 27.285,65 DZD.

Tableau IV.3 : la durée d'intervention (h) et le montant (da) (STEW&STEVENS- SSB160-3511)

Equipement	Chantier	Description de l'intervention	Quantité	Durée d'intervention (Hrs)	Montant DA
Equipement 2	Chantier 02	vidange koomy _2128	1FUT	1	27.285,65
Equipement 2	Chantier 02	vidange koomy _2128	1FUT	0.5	26.445,86
Equipement 2	Chantier 02	vidange accumulateur control unit_2128	1FUT	1	24.304,82
Equipement 2	Chantier 02	vidange accumulateur control unit_2128	1FUT	0.5	24.304,82
Equipement 2	Chantier 02	vidange koomy pour enafor _2128	200L	1	24.300,71
Equipement 2	Chantier 02	rajout d'huile pour koomy_2128	1FUT	0.5	24.289,57
Equipement 2	Chantier 02	rajout de huile Tiska 32p/ koomy _2128	100L	1	12.144,78
Equipement 2	Chantier 02	vidange de koomy _2128	200L	2	24.289,54
Equipement 2	Chantier 02	rajout de 01fut Tiska pour koomey _2128	1FUT	1.5	24.924,92

Chapitre IV Etude comparative entre deux types d'accumulateurs de pression (koomy - STEW&STEVENS)

On va traduire ce tableau par deux histogrammes, Figure IV.3 représente Le temps d'arrêt en fonction de l'action de maintenance préventive et, Figure IV.4 représente le coût d'arrêt en fonction de l'action de maintenance préventive.

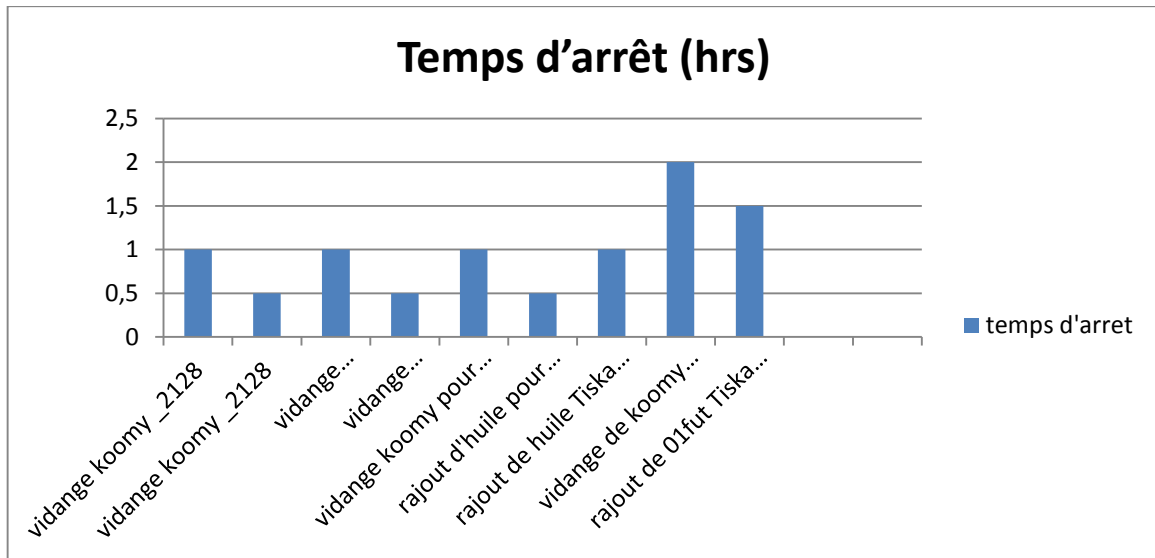


Figure IV.3 : Le temps d'arrêt en fonction de l'action de maintenance préventive

(STEW&STEVENS- SSB160-3511)

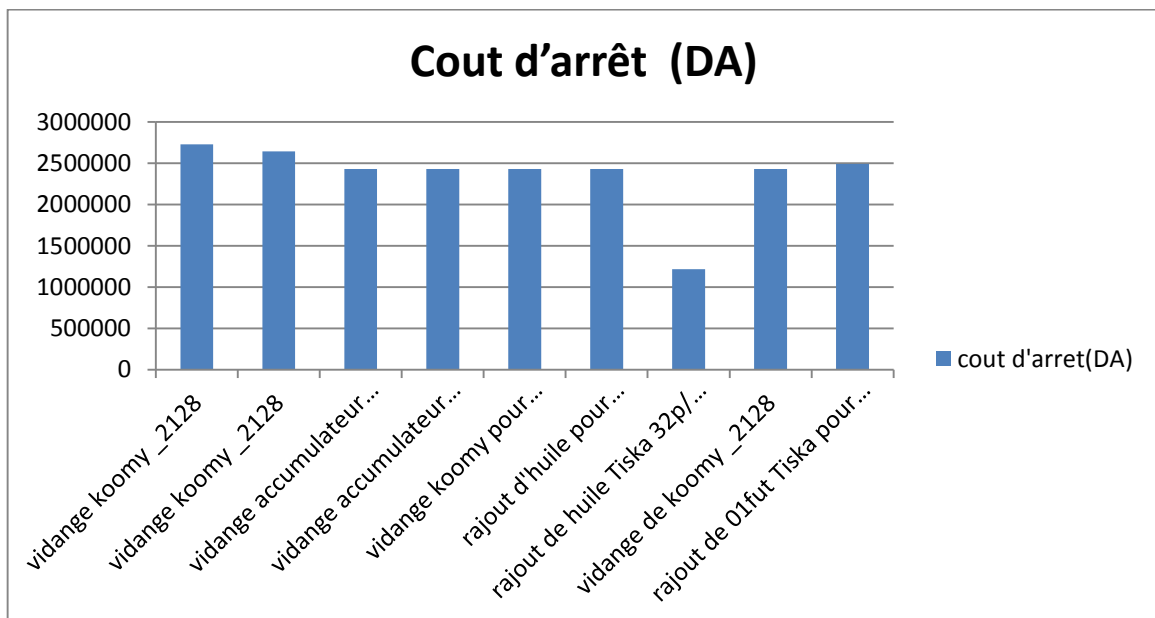


Figure IV.4: Le cout d'arrêt en fonction de l'action de maintenance préventive

(STEW&STEVENS- SSB160-3511)

Chapitre IV Etude comparative entre deux types d'accumulateurs de pression (koomy - STEW&STEVENS)

Sur les histogrammes montrés ci-dessus on observe que l'accumulateur STEW&STEVENS- SSB160-3511 a été subis a plusieurs actions préventives avec :

- Un temps d'arrêt important dans l'intervalle de 1 à 2 heures (tout dépend de type d'opération) ce qui signifie un arrêt des opérations de forage ainsi que un manque de sécurité en cas d'éruption dans le chantier pétrolier.
- Un coût d'arrêt très élevé dans l'opération de vidange par rapport à celle de l'ajoute de l'huile sans compter les couts supplémentaires tel que (manouvre, transport ...).

IV.2 Les actions de maintenance corrective faite :

IV.2.1 Les actions de maintenance corrective d'un accumulateur de type (KOOMEY- T15080-3S) :

Le tableau au-dessous (Tableau IV.4) montre la quantité et le temps d'arrêt puis le coût d'arrêt qui représente l'intervention de chaque opération de maintenance corrective.

On a 9 équipements dans les mêmes chantiers avec des différentes interventions et chacun avec son propre montant et temps d'intervention.

Par exemple : l'intervention de hydraulique, air presse transmetteur prendre un temps d'intervention de 2 h avec une quantité de 1PC et montant de 85.857,41 DZD

Tableau IV.4 : la durée d'intervention (h) et le montant (da) (KOOMEY- T15080-3S)

Equipement	Chantier	Description de l'intervention	Qty	Durée d'intervention (Hrs)	Montant DA
Equipement 1	Chantier 13	KIT,REPAIR 1 IN FOUR WAY VALVE 1330-4199	1	2	44.914,50
Equipement 1	Chantier 13	VALVE, 1 INCH TYPE SELECTOR	1	1	54.776,34
Equipement 1	Chantier 13	GAUGE, 6 INCH 3000 PSI	1	2	13.869,03
Equipement 1	Chantier 13	VALVE, 1 INCH TYPE SELECTOR	2	1	109.552,66
Equipement 1	Chantier 13	SELECTOR, VALVE 5000PSI 1"	1	1	29.151,28
Equipement 1	Chantier 13	KIT, COMPLET REPAIR (3014-0199)	1	2	38.604,98
Equipement 1	Chantier 13	REPAIR, KIT	1	2	39.850,15
Equipement 1	Chantier 13	BAG,AND GAS VALVE ASSY (1000-9102)	1	1	10.098,60
Equipement 1	Chantier 13	HYDRAULIQUE, AIR PRESS TRANSMITTER	1	2	85.857,41

Chapitre IV Etude comparative entre deux types d'accumulateurs de pression (koomy - STEW&STEVENS)

On va traduire ce tableau par deux histogrammes au-dessous, Figure IV.5 représente Le coût d'arrêt en fonction de l'action de maintenance corrective et, Figure IV.6 représente le temps d'arrêt en fonction de l'action de maintenance corrective.

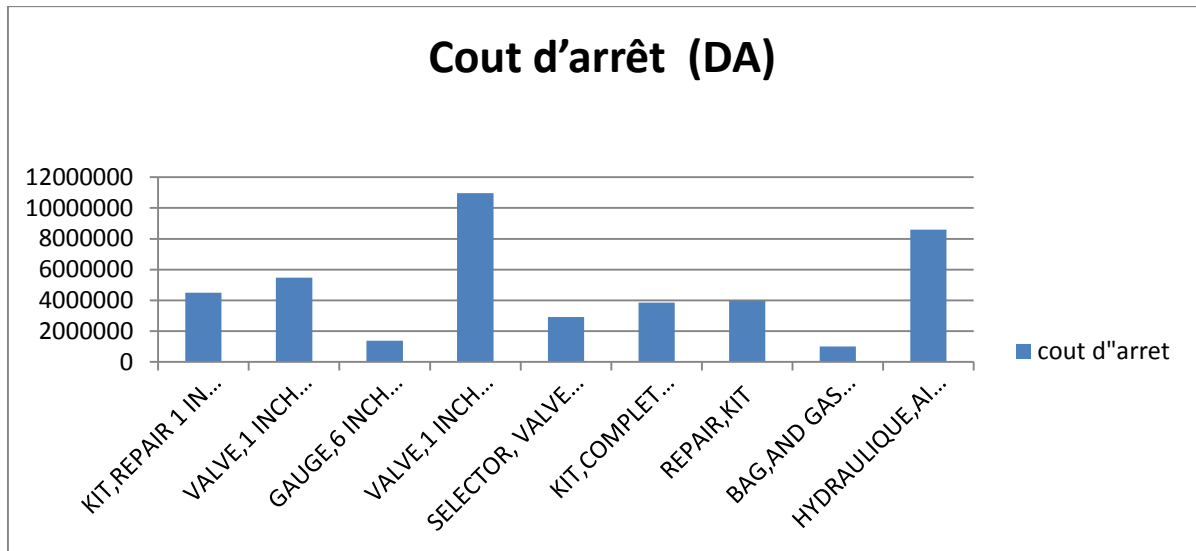


Figure IV.5: Le cout d'arrêt en fonction de l'action de maintenance corrective

(KOOMEY- T15080-3S)

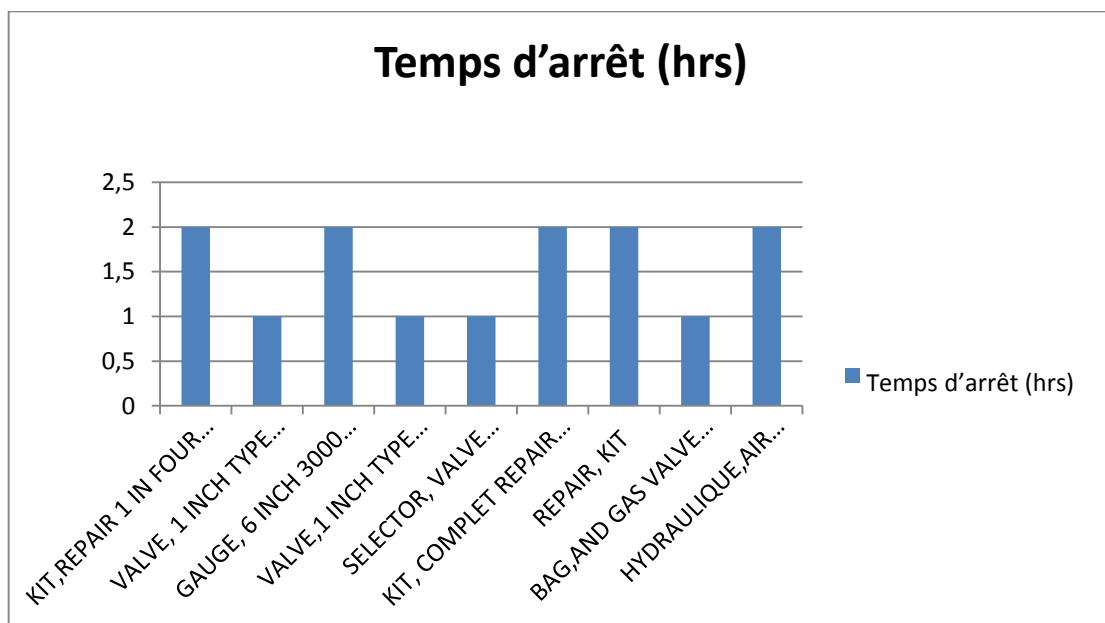


Figure IV.6: Le temps d'arrêt en fonction de l'action de maintenance corrective KOOMEY-

T15080-3S)

Chapitre IV Etude comparative entre deux types d'accumulateurs de pression (koomy - STEW&STEVENS)

Sur les histogrammes montrés ci-dessus on observe que l'accumulateur KOOMEY-T15080-3S a été subis a plusieurs actions correctives avec :

- Un temps d'arrêt important dans l'intervalle de 1 à 2 heures (tout dépend de type d'opération) avec plusieurs opérations d'intervention corrective ce qui signifie un arrêt des opérations de forage ainsi que un manque de sécurité en cas d'éruption dans le chantier pétrolier.
- Un coût d'arrêt très élevé dans les opérations d'intervention corrective sans compter les coûts supplémentaires tels que (manœuvre, transport).

IV.2.2 Les actions de maintenance corrective d'un accumulateur de type (STEW&STEVENS- SSB160-3511) :

Le tableau au-dessous (Tableau IV.5) montre la quantité et le temps d'arrêt puis le coût d'arrêt qui représente l'intervention de chaque opération de maintenance corrective. On a 2 équipements dans les mêmes chantiers avec des différentes interventions et chacun avec son propre montant et temps d'intervention.

Par exemple : l'intervention de valve, 1 inch type selector prendre un temps d'intervention de 0.5 h avec une quantité de 2PC et montant de 109.552,67 DZD.

Tableau IV.5 : la durée d'intervention (h) et le montant (da) (STEW&STEVENS- SSB160-3511)

Equipement	Chantier	Description de l'intervention	Quantité	Durée d'intervention (Hrs)	Montant DA
Equipement 2	Chantier 02	valve, 1 inch type selector	2	0.5	109.552,67
Equipement 2	Chantier 02	réparation sur koomy _2128	1	2	7.107,19

On va traduire ce tableau par deux histogrammes au-dessous, (Figure IV.7) représente Le coût d'arrêt en fonction de l'action de maintenance corrective et, (Figure IV.8) représente le temps d'arrêt en fonction de l'action de maintenance corrective.

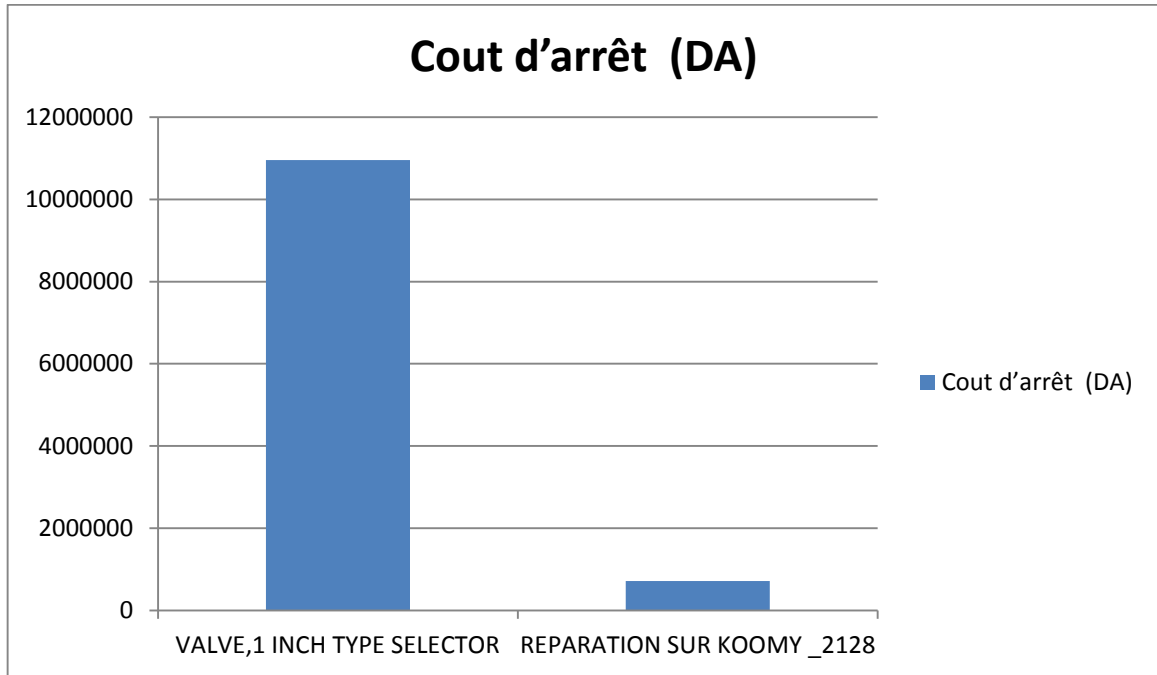


Figure IV.7: Le coût d'arrêt en fonction de l'action de maintenance corrective

(STEW&STEVENS- SSB160-3511)

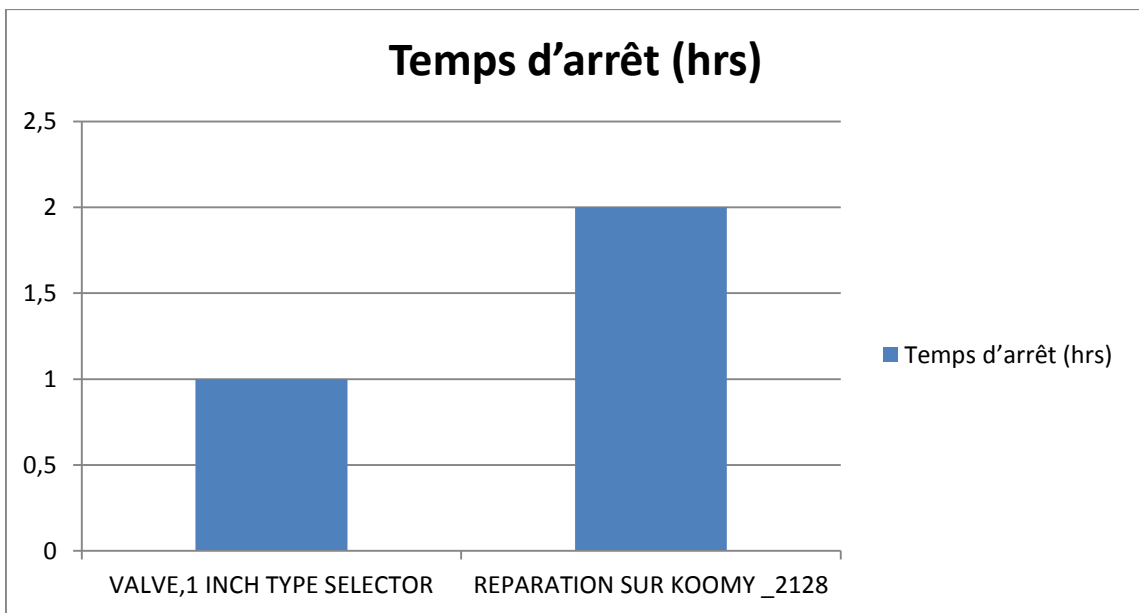


Figure IV.8: Le Temps d'arrêt en fonction de l'action de maintenance corrective

(STEW&STEVENS- SSB160-3511)

Chapitre IV Etude comparative entre deux types d'accumulateurs de pression (koomy - STEW&STEVENS)

Basé Sur les deux histogrammes montrés ci-dessus on observe que l'accumulateur STEW&STEVENS- SSB160-3511 a été subis a deux actions correctives avec :

- Un temps d'arrêt important dans l'intervalle de 1 à 2 heures (tout dépend de type d'opération) avec deux opérations d'intervention corrective ce qui signifie un arrêt des opérations de forage ainsi que un manque de sécurité en cas d'éruption dans le chantier pétrolier.
- Un coût d'arrêt élevé dans les opérations d'intervention corrective sans compter les couts supplémentaires tel que (manouvre, transport ...).

IV.3 comparaison entre les deux types de maintenance en termes de temps d'arrêt et cout pour les deux types d'accumulateur :

IV.3.1 les deux types de maintenance en termes de temps d'arrêt et cout total pour l'accumulateur (KOOMEY- T15080-3S) :

On remarque dans les deux histogrammes au-dessous, (Figure IV.9) représente Le Temps d'arrêt total en fonction de l'action de maintenance Préventive et corrective et, (Figure IV.10) représente le coût d'arrêt total en fonction de l'action de maintenance Préventive et corrective. Et l'accumulateur de pression KOOMEY- T15080-3S a consommé un coût et un temps d'arrêt intéressant dans la méthode de maintenance corrective qui retourne avec un grand effet pour la production de la machine.

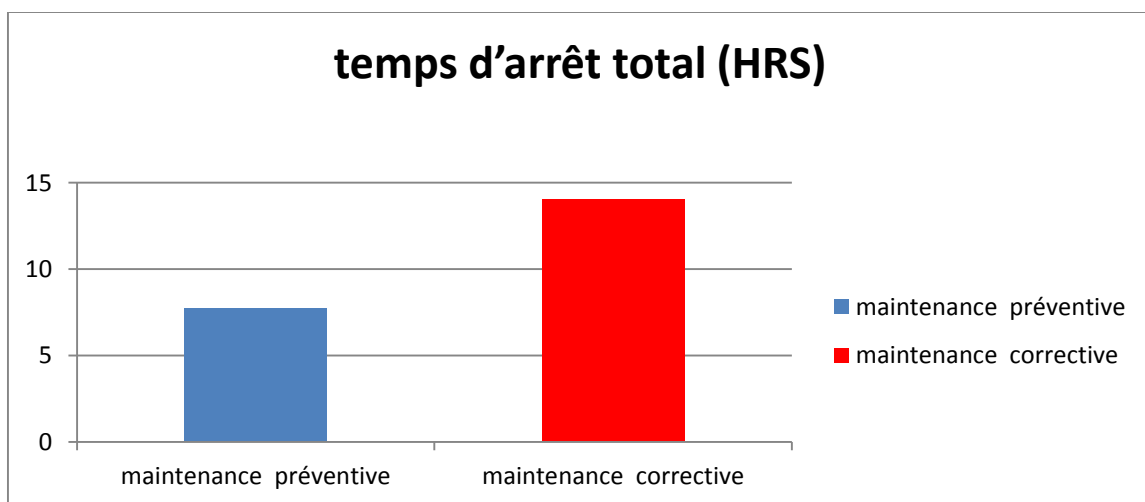


Figure IV.9: Le Temps d'arrêt total en fonction de l'action de maintenance

Préventive et corrective (KOOMEY- T15080-3S)

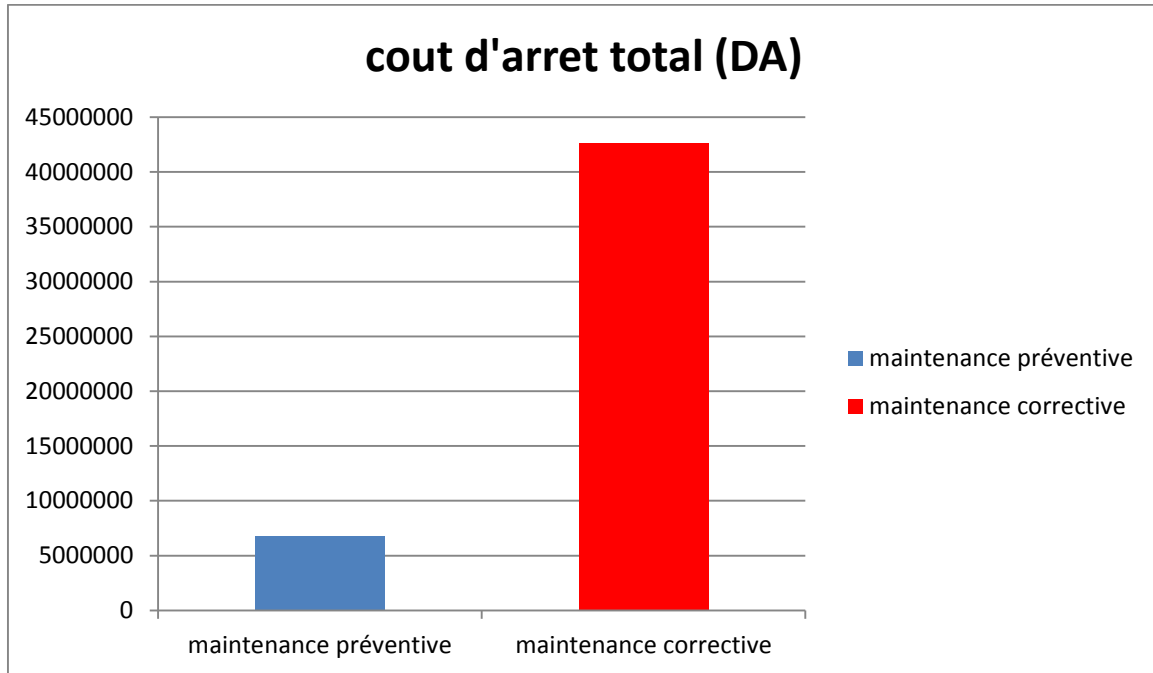


Figure IV.10: Le cout d'arrêt total en fonction de l'action de maintenance

Préventive et corrective (KOOMEY- T15080-3S)

Basé sur les deux histogrammes au-dessous on observe que :

- Le temps d'arrêt total d'accumulateur de pression KOOMEY- T15080-3S (Figure IV.9) est important dans les actions de maintenance corrective par rapport aux actions de maintenance préventive.
- Le coût d'arrêt total d'accumulateur de pression KOOMEY- T15080-3S (Figure IV.10) est très cher dans les actions de maintenance corrective par rapport aux actions de maintenance préventive.

IV.3.2 les deux types de maintenance en termes de temps d'arrêt et cout total pour l'accumulateur (STEW&STEVENS- SSB160-3511) :

On remarque dans les deux histogrammes au-dessous, (Figure IV.11) représente Le Temps d'arrêt total en fonction de l'action de maintenance Préventive et corrective et, (Figure IV.12) représente le coût d'arrêt total en fonction de l'action de maintenance Préventive et corrective. Et l'accumulateur de pression STEW&STEVENS- SSB160-3511 a consommé un coût et un temps d'arrêt intéressant dans la méthode de maintenance préventive qui retourne avec un grand effet pour la production de la machine.

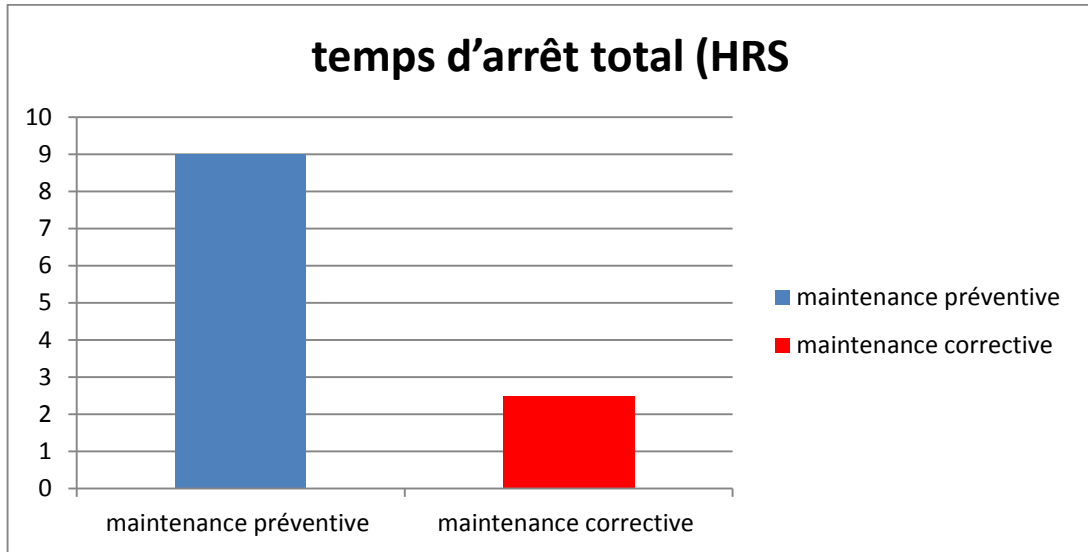


Figure IV.11: Le temps d'arrêt total en fonction de l'action de maintenance Préventive et corrective (STEW&STEVENS- SSB160-3511)

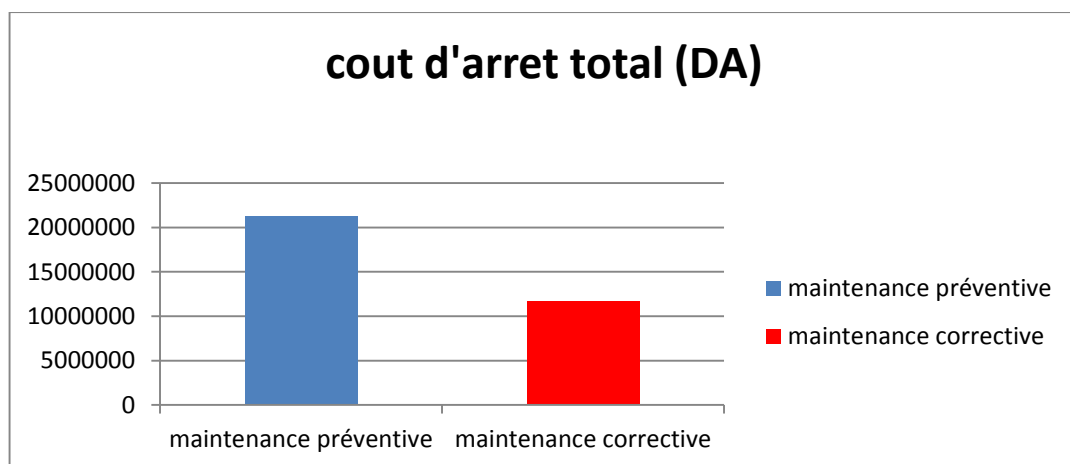


Figure IV.12: Le cout d'arrêt total en fonction de l'action de maintenance Préventive et corrective (STEW&STEVENS- SSB160-3511)

Basé sur les deux histogrammes ci-dessus on observe que :

- Le temps d'arrêt total d'accumulateur de pression STEW&STEVENS- SSB160-3511 est important dans les actions de maintenance préventive par rapport aux actions de maintenance corrective

Chapitre IV Etude comparative entre deux types d'accumulateurs de pression (koomey - STEW&STEVENS)

- Le cout d'arrêt total d'accumulateur de pression STEW&STEVENS- SSB160-3511 est très cher dans les actions de maintenance préventive par rapport aux actions de maintenance corrective

IV.4 Calcul de la disponibilité

IV.4.1 Calcul de la disponibilité pour l'accumulateur de pression (koomey- t15080-3s) :

La disponibilité est représenté par la loi suivant : $D = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR}$

$$MTBF = \Sigma TBF / N = 25464 / 11 = 2314.9$$

$$MTTR = \Sigma TTR / N = 21,75 / 11 = 1,97727273$$

$$\text{Application : } D = \frac{2314.9}{2314.9 + 1,97727273} = 0.9991465786$$

IV.4.1.a Disponibilité instantané :

$$D(t) = \frac{\mu}{\mu + \lambda} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t}$$

$$\text{Ou : } \lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{2314.9} = 0,00043198$$

$$\text{Et : } \mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{1,97727273} = 0.5057471257$$

IV.4.1b Les calcul de disponibilité D(i) :

Dans le tableau on a calculé la fonction de disponibilité D(t) de (koomey- t15080-3s) pour tracer la courbe [D(t), TBF]

Le tableau au-dessous (Tableau IV.6) montre le temps de bonne fonctionnement et le temps de réparation puis la disponibilité qui est représenté par la loi de la disponibilité.

On a 11 panne dans les mêmes chantiers avec des différentes date de défaillance et chacun avec son propre temps de bon fonctionnement et le temps de réparation afin de calculer la disponibilité.

Chapitre IV Etude comparative entre deux types d'accumulateurs de pression (koomy - STEW&STEVENS)

Tableau IV.6 : tableau de TBF en fonction de la disponibilité D(t)

Date	TBF (jr)	TBF (hrs)	TTR (hrs)	MTBF	λ	μ	$A = \frac{\mu}{\mu + \lambda}$	$B = \frac{\lambda}{\lambda + \mu}$	D(t)
27/10/2008	399	9576	2						0.99914658
30/11/2009	183	4392	1						0.99914658
01/06/2010	1	24	2						0.99914658
02/06/2010	94	2256	1						0.99914658
04/09/2010	113	2712	1						0.99914658
26/12/2010	2	48	2						0.99914658
28/12/2010	1	24	2						0.99914658
29/12/2010	1	24	1						0.99914658
30/12/2010	86	2064	2						0.99914658
26/03/2011	181	4344	6,75						0.99914658
23/09/2011			1	2314,90909	0,00043198	0,50574713	0,99914658	0,00085342	
		25464	21,75						
		MTTR	1,97727273						

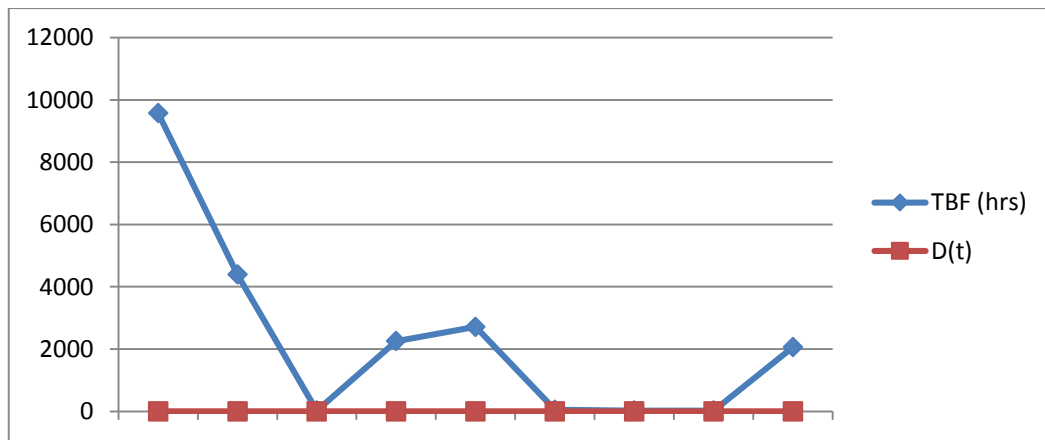


Figure IV.13: La Courbe de disponibilité instantanée en fonction de TBF

- ❖ On remarque que la disponibilité est stable dans tous les points dans la courbe ci-dessus en contrepartie la courbe de TBF et instable.

IV.4.2 Calcul de la disponibilité pour l'accumulateur de pression (STEW&STEVENS- SSB160-3511):

$$MTBF = \Sigma TBF / N = 20400 / 11 = 1854.545455$$

$$MTTR = \Sigma TTR / N = 11,5 / 11 = 1.045454545$$

$$\text{Application : } D = \frac{1854.545455}{1854.545455 + 1.045454545} = 0.9994365921$$

IV.4.2.a Disponibilité instantané :

$$D(t) = \frac{\mu}{\mu + \lambda} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t}$$

$$\text{Ou : } \lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{1854.545455} = 0,00053922$$

$$\text{Et : } \mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{1.045454545} = 0,95652174$$

IV.4.2.b Les calcul de disponibilité D(i) :

Dans le tableau on a calculé la fonction de disponibilité D(t) de (STEW&STEVENS-SSB160-3511) pour tracer la courbe [D(t), TBF]

Le tableau au-dessous (Tableau IV.7) montre le temps de bonne fonctionnement et le temps de réparation puis la disponibilité qui est représentée par la loi de la disponibilité.

On a 11 panne dans les mêmes chantiers avec des différentes dates de défaillance et chacun avec son propre temps de bon fonctionnement et le temps de réparation afin de calculer la disponibilité.

Chapitre IV Etude comparative entre deux types d'accumulateurs de pression (koomy - STEW&STEVENS)

Tableau IV.7 : tableau de TBF en fonction de la disponibilité D(t)

Date	TBF (jrs)	TBF (hrs)	TTR	MTBF	λ	μ	$A = \frac{\mu}{\mu + \lambda}$	$B = \frac{\lambda}{\lambda + \mu}$	D(t)
07/04/2010	2	48	1						0.99943659
09/04/2010	229	5496	0,5						0.99943659
24/11/2010	1	24	1						0.99943659
25/11/2010	43	1032	0,5						0.99943659
07/01/2011	57	1368	1						0.99943659
05/03/2011	243	5832	0,5						0.99943659
03/11/2011	43	1032	1						0.99943659
16/12/2011	169	4056	2						0.99943659
02/06/2012	38	912	1,5						0.99943659
10/07/2012	25	600	0,5						0.99943659
04/08/2012			2						0.99943659
		20400	11,5	1854,54545	0,00053922	0,95652174	0,99943659	0,00056341	
		MTTR	1,04545455						

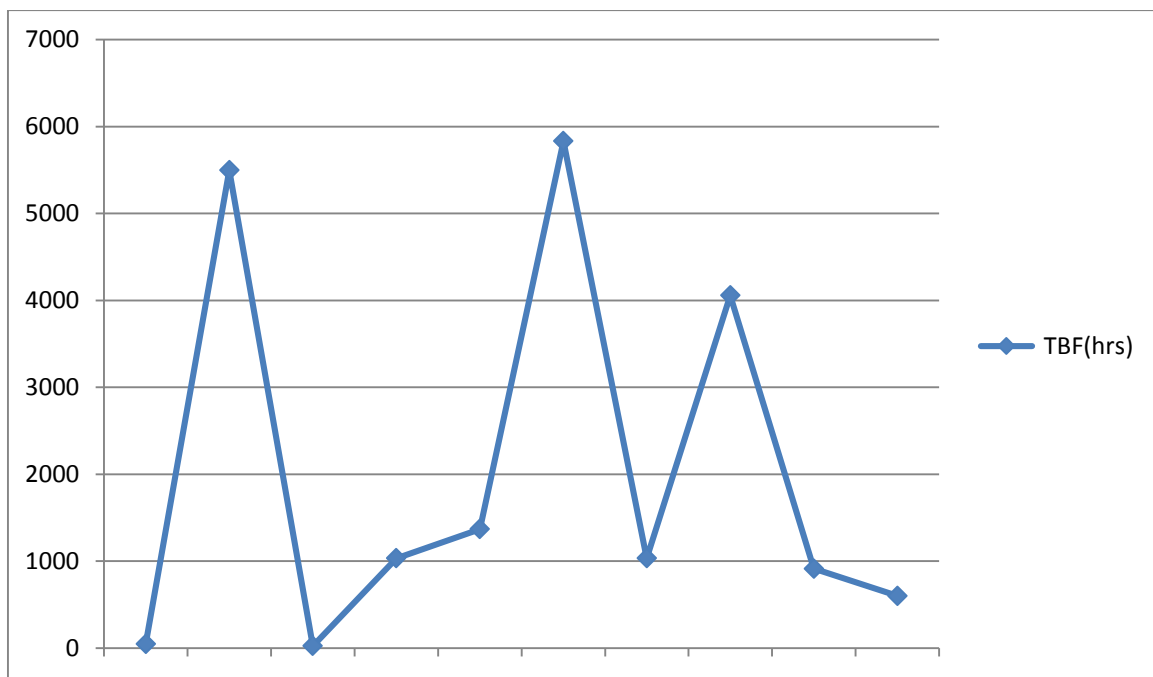


Figure IV.14: La Courbe de TBF

- ❖ On remarque que la disponibilité est stable dans tous les points de l'axe X par contre la courbe de TBF est instable et toujours différent entre l'intervalle de (6000 – 1000).

Chapitre IV Etude comparative entre deux types d'accumulateurs de pression (koomy - STEW&STEVENS)

IV.5 Etude économique d'accumulateur de pression (KOOMEY-T15080-3S / STEW&STEVENS- SSB160-3511) pour 12/12 mois :

IV.5.1 Les calculs concernant l'accumulateur de pression (KOOMEY-T15080-3S) :

➤ **Calcul du coût annuel des interventions de maintenance corrective:**

Le coût d'une de ces interventions est :

Coût d'arrêt de production + Coût de maintenance

Coût d'arrêt de production : Coût de l'heure d'arrêt de production x Nombre d'heures d'arrêt de production

Coût de maintenance : (Coût de l'heure de maintenance x Nombre d'heures de maintenance) + coût des pièces remplacées

Les données :

- **Nombres d'heures d'une intervention** = 02 heures
 - **Coût de location de l'appareil de forage journalier** = 2700000 DZD / jour = 112500 DZD / heure
 - **Coût de manœuvre (technicien maintenance)** = 100000 DZD / mois = 277,77 DZD / heure
 - **Coût de manœuvre (chef maintenance)** = 150000 DZD / mois = 416,66 DZD / heure
 - **Coût des pièces remplacées** = 109.552,66 DZD
- Actuellement l'historique montre que nous avons 02 pannes en moyenne par an à cause de cette vanne donc :

- **Nombre moyen de défaillances annuelles** = 02 pannes /1 an

➤ **Calcul de Coût de maintenance :**

$$(277,77 + 416,66) \times 02 + 109.552,66 = 110941,52 \text{ DZD}$$

Chapitre IV Etude comparative entre deux types d'accumulateurs de pression (koomy - STEW&STEVENS)

- **Coût d'arrêt de production :**

$$112500 \text{ DZD} \times 02 = 225000 \text{ DZD}$$

- **Calcul de coût d'une intervention :**

$$225000 \text{ DZD} + 110941,52 \text{ DZD} = 335941,52 \text{ DZD}$$

- **coût annuel de la maintenance corrective pour cette vanne est donc de :**

Coût d'une intervention x Nombre moyen de défaillances annuelles

$$335941,52 \text{ DZD} \times 02 = 671883,04 \text{ DZD}$$

- **Calcul du ratio de la disponibilité opérationnelle du bien**

$$\text{Ratio de disponibilité} = \frac{\text{Temps effectif de disponibilité}}{\text{Temps d'ouverture}}$$

$$\text{Ratio de disponibilité} = \frac{(12 \times 30 \times 24) - 04}{12 \times 30 \times 24} = 0,99953$$

- **Calcul du coût annuel des interventions de maintenance préventive systématique :**

Nombre de jours dans une année = 365 jours

Nombre des heures dans un jour = 24 h

Le système fonctionne 12 mois par année

$$\text{Calcul du temps d'ouverture annuel} = 365 \times 24 \times \frac{12}{12} = 8760 \text{ h.}$$

- **Calcul de la fréquence de remplacement des Vannes en maintenance préventive systématique :**

Durée de vie moyenne de la vanne / Temps d'ouverture entre 1 campagnes de maintenance préventive systématique

$$\frac{8760 \text{ h}}{8760 \text{ h}} = 1 \text{ an}$$

➤ **Coût d'une intervention de maintenance préventive systématique :**

01 vannes x coût de l'intervention = 01 x 335941,52 DZD = 335941,52 DZD

Le coût annuel de l'intervention est donc de :

Coût d'une intervention de maintenance préventive systématique / Périodicité des interventions de maintenance préventive systématique

$$\frac{335941,52 \text{ DZD}}{1 \text{ an}} = 335941,52 \text{ DZD}$$

➤ **Le type de maintenance la moins onéreuse est donc :**

Maintenance préventive systématique

L'histogramme au-dessous, (Figure IV.15) représente Le Coût annuel de l'intervention en fonction de l'action de maintenance Préventive systématique et la maintenance corrective, on remarque que le Coût de la maintenance préventive systématique est moins cher que le Coût de la maintenance corrective pour l'accumulateur de pression de type (KOOMEY-T15080-3S)

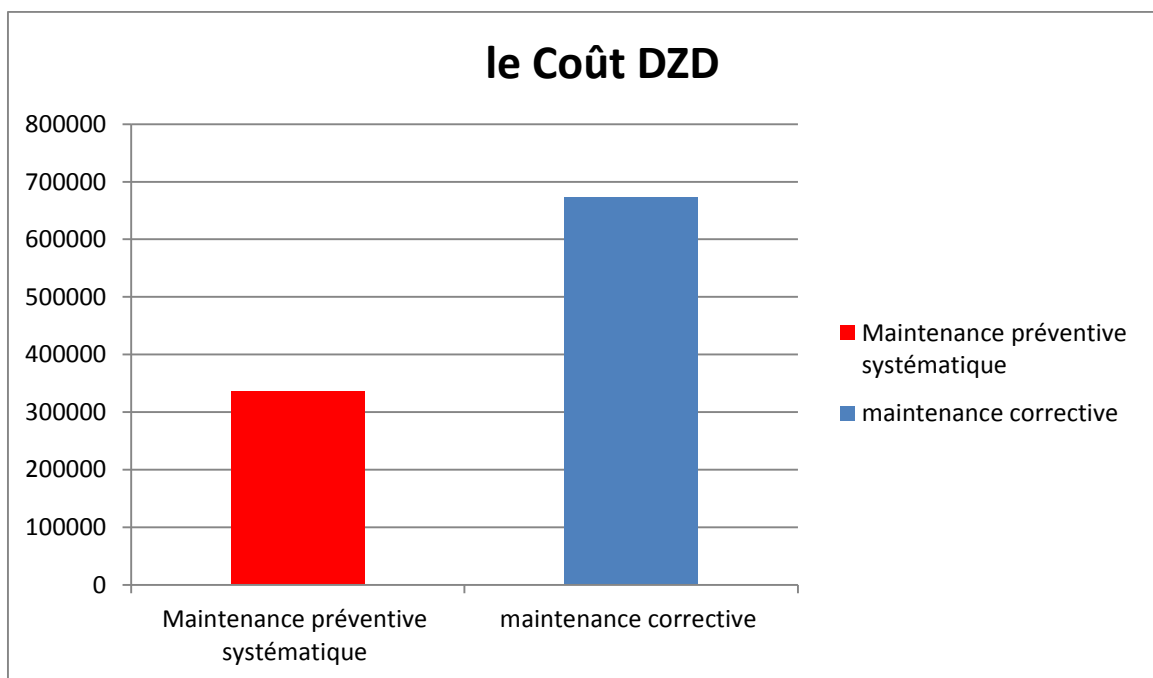


Figure IV.15 : maintenance la moins onéreuse (KOOMEY- T15080-3S)

Chapitre IV Etude comparative entre deux types d'accumulateurs de pression (koomy - STEW&STEVENS)

IV.5.2 Les calculs concernant l'accumulateur de pression (STEW&STEVENS- SSB160-3511) :

➤ Calcul du coût annuel des interventions de maintenance corrective:

Le coût d'une de ces interventions est :

Coût d'arrêt de production + Coût de maintenance

Coût d'arrêt de production : Coût de l'heure d'arrêt de production x Nombre d'heures d'arrêt de production

Coût de maintenance : (Coût de l'heure de maintenance x Nombre d'heures de maintenance) + coût des pièces remplacées

Les données :

- **Nombres d'heures d'intervention** = 1 heure
- **Coût de location de l'appareil de forage journalier** = 2700000 DZD / jour = 112500 DZD / heure
- **Coût de manœuvre (technicien maintenance)** = 100000 DZD / mois = 277,77 DZD / heure
- **Coût de manœuvre (chef maintenance)** = 150000 DZD / mois = 416,66 DZD / heure
- **Coût des pièces remplacées** = 109.552,66 DZD
Actuellement l'historique montre que nous avons 01 panne en moyenne par an à cause de cette vanne donc :
- **Nombre moyen de défaillances annuelles** = 01 pannes / 1 an

➤ Calcul de Coût de maintenance :

$$(277,77 + 416,66) \times 01 + 109.552,66 = 110247,09 \text{ DZD}$$

➤ Coût d'arrêt de production :

$$112500 \text{ DZD} \times 01 = 112500 \text{ DZD}$$

➤ Calcul de coût d'une intervention :

$$112500 \text{ DZD} + 110247,09 \text{ DZD} = 222747,09 \text{ DZD}$$

Chapitre IV Etude comparative entre deux types d'accumulateurs de pression (koomy - STEW&STEVENS)

- **Coût annuel de la maintenance corrective pour cette vanne est donc de :**

Coût d'une intervention x Nombre moyen de défaillances annuelles

$$222747,09 \text{ DZD} \times 01 = 222747,09 \text{ DZD}$$

- **Calcul du ratio de la disponibilité opérationnelle du bien**

$$\text{Ratio de disponibilité} = \frac{\text{Temps effectif de disponibilité}}{\text{Temps d'ouverture}}$$

$$\text{Ratio de disponibilité} = \frac{(12 \times 30 \times 24) - 01}{12 \times 30 \times 24} = 0,99988$$

- **Calcul du coût annuel des interventions de maintenance préventive systématique :**

Nombre de jours dans une année = 365 jours

Nombre des heures dans un jour = 24 h

Le système fonctionne 12 mois par année

$$\text{Calcul du temps d'ouverture annuel} = 365 \times 24 \times \frac{12}{12} = 8760 \text{ h.}$$

- **Calcul de la fréquence de remplacement des Vannes en maintenance préventive systématique :**

Durée de vie moyenne de la vanne / Temps d'ouverture entre 1 campagnes de maintenance préventive systématique

$$\frac{8760 \text{ h}}{8760 \text{ h}} = 1 \text{ an}$$

- **Coût d'une intervention de maintenance préventive systématique :**

$$01 \text{ vannes} \times \text{coût de l'intervention} = 01 \times 222747,09 \text{ DZD} = 222747,09 \text{ DZD}$$

Le coût annuel de l'intervention est donc de :

Coût d'une intervention de maintenance préventive systématique / Périodicité des interventions de maintenance préventive systématique

Chapitre IV Etude comparative entre deux types d'accumulateurs de pression (koomy - STEW&STEVENS)

$$\frac{222747,09 \text{ DZD}}{1 \text{ an}} = 222747,09 \text{ DZD}$$

➤ **Le type de maintenance la moins onéreuse est donc :**

Maintenance préventive systématique

=

Maintenance corrective

L'histogramme au-dessous, (Figure IV.15) représente Le Coût annuel de l'intervention en fonction de l'action de maintenance Préventive systématique et la maintenance corrective, on remarque que le Coût de la maintenance préventive systématique et égale le Coût de la maintenance corrective pour l'accumulateur de pression de type (STEW&STEVENS- SSB160-3511).

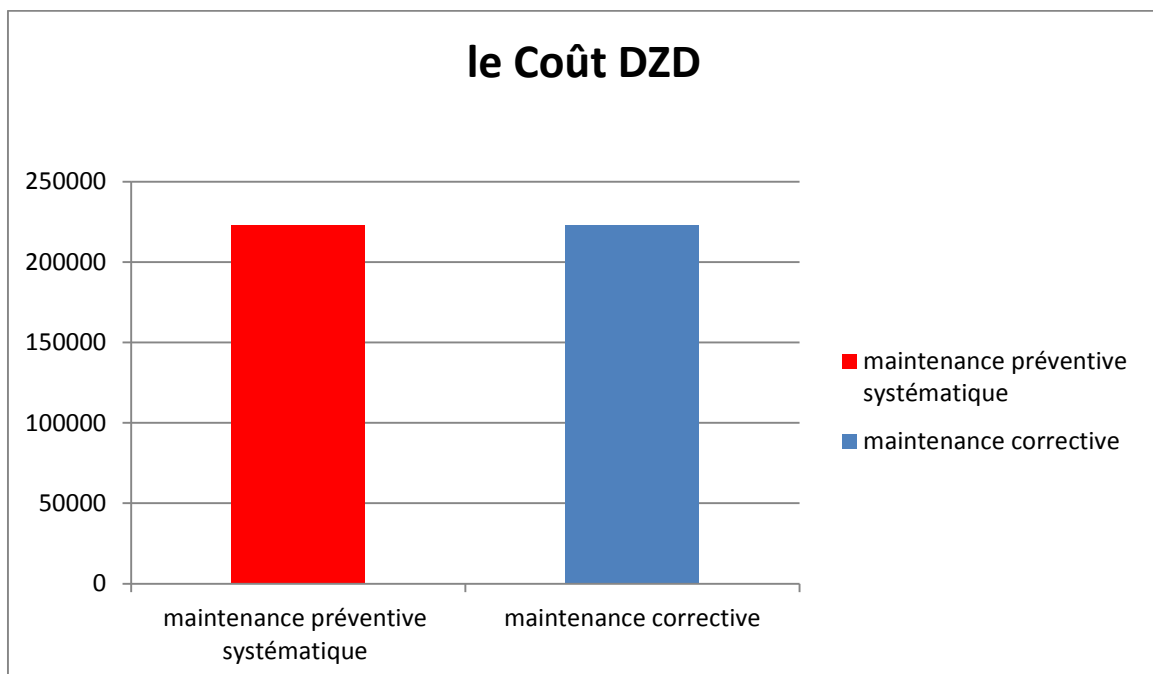


Figure IV.16 : maintenance la moins onéreuse (STEW&STEVENS- SSB160-3511)

IV.6.conclusion :

Pour pouvoir connaître le bon choix de l'unité de commande hydraulique de BOP et connaître la meilleure méthode de maintenance de côté temps et Coût, le quatrième chapitre est réservé pour une étude comparative entre deux accumulateurs de pression de type (STEW&STEVENS- SSB160-3511) et (KOOMEY- T15080-3S) qui ont les mêmes spécifications techniques, et basé sur les résultats des différents calculs faits sur les deux on conclure que :

- La maintenance préventive est la moins onéreuse dans l'accumulateur de pression de type (KOOMEY- T15080-3S).
- La maintenance préventive et la maintenance corrective sont égales dans l'accumulateur de pression de type (STEW&STEVENS- SSB160-3511).
- Ce qui signifie que la maintenance préventive est utile dans les chantiers pétroliers afin de minimiser les Coût et gagner de temps afin de minimiser le temps de non production.

CONCLUSION

A l'heure actuelle, la plupart des entreprises, et notamment les industries pétrolières sont de plus en plus sensibilisées à l'importance des coûts induits par les défaillances accidentelles des systèmes de production. Alors que la maintenance, jusqu'à très récemment, était considérée comme génératrice de dépenses, elle peut contribuer d'une manière significative à la performance globale de l'entreprise.

La stratégie de maintenance est basée sur deux types principaux qui sont la maintenance préventive et la maintenance corrective, pour choisir la bonne méthode de maintenance.

Lors du choix de la méthode de maintenance, il faut savoir tous les calculs concernant la maintenance, on a présenté la disponibilité et la maintenabilité et la fiabilité.

Une venue incontrôlée (éruption) s'avèrera catastrophique en plus des pertes matérielles ou parfois des pertes de vies humaines dans l'opération de forage sur les chantiers pétroliers, d'où on choisit l'unité de commande hydraulique de BOP l'équipement le plus adéquat et entraîné pour affronter de tels problèmes on a défini l'équipement avec une description générale.

Pour pouvoir connaître le bon choix de l'unité de commande hydraulique de BOP et connaître la meilleure méthode de maintenance de côté temps et Coût, le quatrième chapitre est réservé pour une étude comparative entre deux accumulateurs de pression de type (STEW&STEVENS- SSB160-3511) et (KOOMEY- T15080-3S) qui ont les mêmes spécifications techniques, et basé sur les résultats des différents calculs faits sur les deux on conclut que :

- La maintenance préventive est la moins onéreuse dans l'accumulateur de pression de type (KOOMEY- T15080-3S).
- La maintenance préventive et la maintenance corrective sont égales dans l'accumulateur de pression de type (STEW&STEVENS- SSB160-3511).
- Ce qui signifie que la maintenance préventive est utile dans les chantiers pétroliers afin de minimiser les Coûts et gagner du temps afin de minimiser le temps de non production.

Recommandation

Afin de garder les vies des êtres humains en sécurité dans le chantier pétroliers et éviter tout venue incontrôlable qui peut causer une catastrophe, et plus en plus de choisir la bonne unité de commande hydraulique qui répond aux besoins de ce chantier afin de minimiser les dépenses on recommande que :

- Le matériau choisi doit être répond aux critères technique.
- Assurer la formation de staff technique afin de savoir manipuler les matériaux en tout sécurité.
- Respecter les procédures opérationnelles de la maintenance préventive recommandée par le constructeur afin de réussir cette opération.
- Un diagnostic permanent est nécessaire pour contrôler la performance de matériau.

Bibliographie

- [1] : MAHFOUD BRAHIM Analyse de la fonction maintenance a l'unité TSS– sider Annaba (2016 /2017)
- [2] : F. Manchy : maintenance, méthode et organisation 2003.
- [3] Concepts-et-strat -de-maintenance (course hero)
- [4] : Mme BELLOUFI Master maintenance industrielle. 2012/2013
- [5] Définition des principaux concepts de la Maintenance Ch2
- [6] : Université Lille 1 : département de génie mécanique : stratégie de maintenance.
- [7] Mémoire OUALI Ahmed / BOULIFA Ismail Optimisation de la maintenance préventive (Cas des bandes de frein d'un treuil De forage NATIONAL OILWELL 840E) 2017/2018
- [8] : Fiabilité ; maintenabilité ; disponibilité par Pr. Ahmed BELLAOUAR et M.A Salima BELOULMI ; université Constantine 1 année académique 2013 /2014.
- [9] : Amira Messaoud et Boulechfar Aissam.Mémoire de fin d'étude de master " Optimisation et amélioration de la maintenance par la fiabilité Cas d'une turbine d'une centrale électrique ", Université Mohammed Seddik Ben Yahia - Jijel promotion 2019
- [10] : Mr Salah Oussama et Meddour Abdessalem ; Utilisation de la GMAO pour la planification de la maintenance préventive ; mémoire de master année 2017/2018.
- [11] DI.CHO et M. PARLAR, Servey of maintenance models for multi unit système, europe&n journal of operation resaerch) vol 51 n 01 pp 1-23 (1991).
- [12] WJ OWEN et WJ .PADGETT, Accelerated test models for system strength based on birnbaum-saunders distributions Lifetime Data Analysis, vol 5 PP 133-147.(1999)
- [13] R. DOYLE, Mechanical reliability. In IEEE Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium, Tutorial notes, USA (1991)

[14] : Mebarkia DJALAL mémoire de magistère : Recherche d'une solution optimale d'exploitation et de maintenance des gazoducs algériens tenant compte de la fiabilité des équipements des différentes lignes . Université Mohamed Boughara Boumerdes ; année 2012 /2013.

[15] M. Nacereddine, B. Farid Abdel Mouemine, Gestion de la maintenance intégrée de la machine à tubes RM 6 B au niveau de l'entreprise "IRRAGRIS" BBA, Mémoire d'ingénieur d'état en électromécanique, Université de M'sila, 2006

[16] M.-L. LEEMIS, Probabilistic models and statistical methods inreliability. In IEEE Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium, Tutorial notes, USA. (1994).

[17] Jean-Paul NGUYEN "Technique d'exploitations pétrolières – Le forage " Institut Français de Pétrole. Edition technip 1993.

[18] Mr.A.BOUFRIOUA "Formation mécanique de sonde, Equipements de surface " Edition1, NAFTOGAZ, Janvier 2006.

[19] A. ILSKI, V. KASSIANOV, V. POROCHINE "Machines mécanismes et installations de forage "Edition Moscou 1993.

[20] "OPERATION AND MAINTENANCA MANUEL & MANUFACTURING DATA BOOK": for BOP Control System (ABB Offshore System Inc.). Année 2003

[21] mémoire de fin d'étude ETUDE ET MAINTENANCE D'UNE UNITE DE COMMANDE HYDRAULIQUE DE BOP Année Universitaire : 2016 /2017

Annexe

Annexe 1 :

Les interventions :

Equipement	Type d'équipement	Fabricant d'équipement	Chantier	N° Ordre d'intervention	Date d'intervention	Description de l'intervention	Durée d'intervention (Hrs)
Equipement 12	CAD2200775BS	CAD	Chantier 12	10014773	09/11/2006	INTERVENTION / ACCUMULATEUR CONTROL UNIT	1
Equipement 06	T15080-3S	KOOMEY	Chantier 06	10016433	28/12/2006	Ajout D'huile Tiska 32	6,75
Equipement 07	CAD2200775BS	CAD	Chantier 07	10023571	21/07/2007	AJOUT OIL TISKA P / KOOMEY 2000010767	1
Equipement 13	T15080-3S	KOOMEY	Chantier 13	10039461	27/10/2008	CHANGEMENT REPAIR KIT P/ FLUSHING PUMP.	2
Equipement 05	T15080-3S	KOOMEY	Chantier 05	10044310	06/03/2009	Réparation KOOMEY _ENF24	4
Equipement 10	CAD2200775BS	CAD	Chantier 10	10054423	23/11/2009	INTERVENTION SUR KOOMEY	3,5
Equipement 13	T15080-3S	KOOMEY	Chantier 13	10054632	30/11/2009	VIDANGE DE L'ACCUMULATEUR UNIT KOOMEY.	1
Equipement 12	CAD2200775BS	CAD	Chantier 12	10059173	28/03/2010	INTERVENTION SUR KOOMEY #06	2
Equipement 02	SSB160-3511	STEW&STEVENS	Chantier 02	10059632	07/04/2010	vidange koomy _2128	1
Equipement 02	SSB160-3511	STEW&STEVENS	Chantier 02	10059685	09/04/2010	vidange koomy _2128	0,5
Equipement 13	T15080-3S	KOOMEY	Chantier 13	10061863	31/05/2010	Intervention sur le Koomey Enf 26.	4
Equipement 01	TB160-11BT3X	KOOMEY	Chantier 01	10064904	15/08/2010	Préscharge en Azote pour koomey_2120	1,3
Equipement 13	T15080-3S	KOOMEY	Chantier 13	10065409	03/09/2010	intervention sur L'accumulateur Unit 26	0,25
Equipement 02	SSB160-3511	STEW&STEVENS	Chantier 02	10068550	24/11/2010	VIDANGE ACCUMULATEUR CONTROL UNIT_2128	1
Equipement 08	CAD2200775BS	CAD	Chantier 08	10068846	30/11/2010	Intervention Accumulateur CAD ENF#34	12
Equipement 13	T15080-3S	KOOMEY	Chantier 13	10070002	25/12/2010	REPARATION SUR LE KOOMEY ENF # 26.	7
Equipement 02	SSB160-3511	STEW&STEVENS	Chantier 02	10070459	07/01/2011	VIDANGE ACCUMULATEUR CONTROL UNIT_2128	0,5
Equipement 02	SSB160-3511	STEW&STEVENS	Chantier 02	10072523	05/03/2011	VIDANGE KOOMY POUR ENAFOR _2128	1

Equipement 13	T15080-3S	KOOMEY	Chantier 13	10073206	24/03/2011	Réparation Sur L'accumulateur de control	2
Equipement 13	T15080-3S	KOOMEY	Chantier 13	10079855	23/09/2011	Réparation sur l'accumulateur	1
Equipement 05	T15080-3S	KOOMEY	Chantier 05	10079946	25/09/2011	Réparation Sur Koomey ENF24	2
Equipement 02	SSB160-3511	STEW&STEVENS	Chantier 02	10081433	03/11/2011	RAJOUT D'HUILE POUR KOOMY_2128	0,5
Equipement 02	SSB160-3511	STEW&STEVENS	Chantier 02	10083104	16/12/2011	RAJOUT DE HUILE TISKA 32P/ KOOMY_2128	1
Equipement 12	CAD2200775BS	CAD	Chantier 12	10084819	30/01/2012	Repair on PTRL 5 valve koomey #06	1
Equipement 02	SSB160-3511	STEW&STEVENS	Chantier 02	10089218	02/06/2012	VIDANGE DE KOOMY_2128	2
Equipement 02	SSB160-3511	STEW&STEVENS	Chantier 02	10090643	09/07/2012	REPARATION SUR KOOMY_2128	2
Equipement 02	SSB160-3511	STEW&STEVENS	Chantier 02	10091423	03/08/2012	RAJOUT DE 01FUT TISKA POUR KOOMEY_2128	1,5
Equipement 11	CAD2200775BS	CAD	Chantier 11	10092753	09/09/2012	CONTROLE DES BOUTEILLES KOOMEY.	2
Equipement 05	T15080-3S	KOOMEY	Chantier 05	10104044	17/08/2013	Réparation Koomey	2
Equipement 04	TB80-11BT3	KOOMEY	Chantier 04	10109563	04/02/2014	Réparation valve TR4 sur le Koomey ENF 5	1
Equipement 04	TB80-11BT3	KOOMEY	Chantier 04	10111828	02/04/2014	Réparation sur LE KOOMEY ENF 05	2
Equipement 03	SSB160-3511	STEW&STEVENS	Chantier 03		30/09/2009	REPARATION TRANSMITEUR DE PRESSION	0,5
Equipement 09	E 80	ABB	Chantier 09		08/10/2015	repair on pump sprag hose	1,5

Annexe 2 :

Les articles consommés :

Equipement	N° ordre d'intervention	Désignation article consommé	Date de consommation	Qt	Uqt	Montant DA
Equipement 01	10064904	GAZ, AZOTE BOUTEILLE DE 7 M3	20/08/2010	2	PC	1.913,38
Equipement 02	10059632	OIL, TISKA 155 (TISKA 100)	07/04/2010	1	FUT	27.285,65
Equipement 02	10059685	OIL, TISKA-32	09/04/2010	1	FUT	26.445,86
Equipement 02	10068550	VALVE, 1 INCH TYPE SELECTOR	24/11/2010	2	PC	109.552,67
Equipement 02	10068550	OIL, TISKA-32	25/11/2010	1	FUT	24.304,82
Equipement 02	10070459	OIL, TISKA-32	07/01/2011	1	FUT	24.304,82
Equipement 02	10072523	OIL, TISKA-32	05/03/2011	200	L	24.300,71
Equipement 02	10081433	OIL, TISKA-32	03/11/2011	1	FUT	24.289,57
Equipement 02	10083104	OIL, TISKA-32	16/12/2011	100	L	12.144,78
Equipement 02	10089218	OIL, TISKA-32	02/06/2012	200	L	24.289,54
Equipement 02	10090643	REPAIR, KIT	10/07/2012	1	SET	7.107,19
Equipement 02	10091423	OIL, TISKA-32	04/08/2012	1	FUT	24.924,92
Equipement 04	10111828	ANNULAR REGULATOR ASSY PTRL 5-1500-10	02/04/2014	1	PC	231.759,30
Equipement 05	10044310	REPAIR, KIT	06/03/2009	2	PC	79.700,30
Equipement 05	10044310	OIL, TISKA-32	06/03/2009	1	FUT	21.982,97
Equipement 05	10079946	OIL, TISKA-32	25/09/2011	1	FUT	24.289,88
Equipement 05	10079946	MAMELON, XH-1INCHX10INCH	25/09/2011	3	PC	590,85
Equipement 05	10079946	MAMELON, XXH-1INCHX2INCH	25/09/2011	3	PC	1.322,01
Equipement 05	10079946	MAMELON, XH-1INCHX2INCH	25/09/2011	4	PC	229,76
Equipement 05	10079946	ELBOW,STREET-GALVANIZED-90DEG-1INCH	25/09/2011	7	PC	455
Equipement 05	10079946	MAMELON, XH-1INCHX4INCH	25/09/2011	5	PC	356,95
Equipement 05	10079946	MAMELON, XH-1INCH-CLOSE	25/09/2011	4	PC	206,8
Equipement 05	10079946	COUDE MALE F/ METALIQUE 32MM	25/09/2011	8	PC	2.400,00
Equipement 05	10079946	PUMP, MDL, MODEL : # UA 8536-TB , ASSY.	25/09/2011	1	PC	717.687,05
Equipement 05	10079946	ROD, 2,50X3,50 OK 48,04	25/09/2011	1	PAQ	877,15
Equipement 05	10104044	GAUGE,6 INCH 0-6000 PSI 1/4" NPT	17/08/2013	1	PC	13.829,04
Equipement 05	10104044	REPAIR, KIT	17/08/2013	1	SET	25.609,97
Equipement 06	10016433	OIL, TISKA-32	28/12/2006	1	FUT	15.691,07
Equipement 07	10023571	OIL, TISKA-32	21/07/2007	1	FUT	16.416,99
Equipement 07	10023571	OIL, TISKA-32	21/07/2007	1	FUT	16.417,00
Equipement 08	10068846	REPAIR KIT COMPLETE PUMP MOTOR	01/12/2010	1	PC	432,65
Equipement 10	10054423	REPAIR,KIT F/AIR CYLINDER	23/11/2009	2	SET	290,94

Equipement 10	10054423	KIT, REPAIR-3X2 AIR CYLINDER	23/11/2009	1	PC	10,58
Equipement 10	10054423	KIT, MOTOR AIR	23/11/2009	1	PC	29.265,26
Equipement 12	10014773	SWITCH, PRESSURE	09/11/2006	1	PC	31.858,52
Equipement 12	10059173	REPAIR,KIT F/PTRL5 ANNULAR DIVERTER REGU	28/03/2010	1	SET	81.256,71
Equipement 12	10084819	REPAIR,KIT F/PTRL5 ANNULAR DIVERTER REGU	30/01/2012	1	SET	24.969,04
Equipement 13	10039461	REPAIR,KIT FOR 3030-0100 (3030-0199)	27/10/2008	1	PC	10.367,99
Equipement 13	10054632	OIL,TISKA-32	30/11/2009	400	L	52.305,97
Equipement 13	10061863	KIT,REPAIR 1 IN FOUR WAY VALVE 1330-4199	01/06/2010	1	PC	44.914,50
Equipement 13	10061863	VALVE, 1 INCH TYPE SELECTOR	02/06/2010	1	PC	54.776,34
Equipement 13	10065409	GAUGE, 6 INCH 3000 PSI	04/09/2010	1	PC	13.869,03
Equipement 13	10070002	VALVE, 1 INCH TYPE SELECTOR	26/12/2010	2	PC	109.552,66
Equipement 13	10070002	SELECTOR, VALVE 5000PSI 1"	28/12/2010	1	PC	29.151,28
Equipement 13	10070002	KIT, COMPLET REPAIR (3014-0199)	29/12/2010	1	PC	38.604,98
Equipement 13	10070002	REPAIR, KIT	30/12/2010	1	PC	39.850,15
Equipement 13	10073206	BAG,AND GAS VALVE ASSY (1000-9102)	26/03/2011	1	PC	10.098,60
Equipement 13	10079855	HYDRAULIQUE, AIR PRESS TRANSMITTER	23/09/2011	1	PC	85.857,41

Annexe 3 :

Les Opération maintenance préventive :

N° Opération	Responsable de travail	Description Opérations	Fréquence d'entretien
			Chaque 03 Mois
10	Mécanicien	Vérifiez le niveau du fluide hydraulique.	X
20	Mécanicien	Vérifiez l'état de la pompe triplex.	X
30	Mécanicien	Vérifiez l'état de la chaîne et du pignon.	X
40	Mécanicien	Vérifiez les presse-étoupe.	X
50	Mécanicien	Purger la pression hydraulique de toutes les bouteilles.	X
60	Mécanicien	Vérifiez la pression de précharge d'azote.	X
70	Mécanicien	Effectuer une inspection approfondie des bouteilles	X
80	Mécanicien	Vérifier le fonctionnement des vannes de régulation	X
90	Mécanicien	Vérifier le fonctionnement des vérins pneumatiques	X
100	Mécanicien	Graisser toutes les vannes de régulation.	X
110	Mécanicien	Vérifiez le fonctionnement des régulateurs.	X
120	Mécanicien	Teste le système de secours en air.	X
130	Electricien	Effectuer un contrôle électrique	X