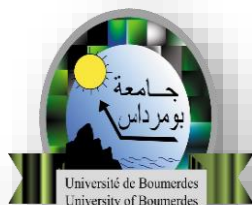


REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université M'Hamed Bougara Boumerdes
Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie



Département de Transport et Equipement des Hydrocarbures

Mémoire de fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Hydrocarbures

Option : Génie mécanique : Mécanique des chantiers pétroliers (MACP-17)

THEME

Contribution à l'amélioration de la qualité de freinage d'un frein à bandes par la méthode LSS

Réalisé par :

ZEBBOUDJ Rafik Abdelfatah

Jurée d'évaluation

Noms et Prénoms	Grades	Université/Affiliation
Examineur M.GACEB Mohamed	Professeur	UMBB
Examineur M. BLOUL Benattia	MC/A	UMBB
Examineur M. HARHOUT Riad	MA/A	UMBB
Promoteur : M. HALIMI Djamel	MC/B	UMBB

Boumerdès : 2021/2022

Dédicaces

Je dédie ce travail d'abord, à la plus merveilleuse personne sur terre, à ma chère mère, celle qui m'a soutenu, encouragé, et m'a appris à croire en moi et à mes espoirs.

En particulier, à mon père pour le soutien qu'il m'a apporté, tout le mérite lui revient d'avoir achevé ma thèse de Master.

À mes chères sœurs, à mon chère frère.

À ma grand-mère et mes tantes, qui n'ont épargné aucun effort pour m'élever.

A mes oncles, mes amis, et tous ceux qui m'ont supporté dans ce parcours.

Remerciement

En premier lieu, nous tenons à remercier notre ALLAH, notre créateur pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous a donné afin de réaliser ce modeste travail.

À Monsieur D. HALIMI, qu'il soit remercié d'abord pour avoir accepté de diriger ce travail, ensuite pour son aide et ses conseils qu'il n'a cessé de me prodiguer au long de la réalisation de mémoire.

Je profite l'occasion pour remercier tous les enseignants du département de Transport et Équipement des hydrocarbures et en particulier l'équipe des enseignants de MACP/17.

Enfin mes remerciements vont à tous ceux qui de près ou de loin m'ont aidé à l'élaboration de ce mémoire, soient profondément remerciés.

Résumé :

Le treuil est un équipement de levage fondamentale dans le procédé de forage, il accomplit des fonctions importantes et détermine la profondeur du forage dépendant de sa capacité.

Le système de freinage du treuil se compose de deux parties : un frein mécanique à bandes appelé le frein principal et un frein auxiliaire électromagnétique qui assiste à réduire la charge imposée sur le frein principal.

Ce mémoire explore L'amélioration de la qualité de freinage du frein à bandes pour le treuil OILWELL 840-E en utilisant la méthodologie de contrôle de qualité Lean six sigma afin d'améliorer la disponibilité et réduire le temps d'arrêt de production causé par l'usure sur ces freins.

Mots clés : Treuil, Frein mécanique à bandes, qualité de freinage, contrôle de qualité, Lean six sigma, disponibilité du dispositif, temps d'arrêt de production, usure.

المخلص :

الرافعة هي من معدات الرفع الاساسية وتعتبر قلب جهاز الحفر، وهي تقوم بعدة مهام اساسية وتحدد العمق الممكن الوصول اليه اعتمادا على سعتها.

نظام كبح الرافعة ينقسم الى جزئين، مكابح ميكانيكية ذات احزمة التي تعتبر المكابح الرئيسية، ومكابح ثانوية كهرومغناطيسية تساعد على تخفيف الحمل عن المكابح الرئيسية.

هدف هذه الاطروحة هو تحسين جودة المكابح الرئيسية لرافعة باستخدام منهجية رقابة الجودة المسماة لين ستة سيغما من اجل تحسين توفر التجهيز وتقليص وقت التوقف عن الإنتاج الذي سببه تدهور حالة الفرامل.

الكلمات المفتاحية: رافعة، مكابح ميكانيكية ذات احزمة، جودة المكابح، رقابة الجودة، لين ستة سيغما، توفر التجهيز، وقت التوقف عن الإنتاج.

Abstract:

The Drawworks is a fundamental drawworks equipment in the drilling procedure, it accomplishes important functions and determines the attainable depth based on its capacity.

The Drawworks's braking system is composed of two parts, mechanical band brakes referred to as the main brakes, and auxiliary electromagnetic brakes the reduce the load imposed on the main brakes.

This dissertation explores improving braking quality for the mechanical band brakes for the OILWELL 840-E Drawworks using the Lean six sigma methodology for quality control and waste management, in order to improve the system's availability and reduce the loss of production time caused by wear on the main brakes.

Keywords: Drawworks, mechanical band brakes, braking quality planning, quality control, waste management, Lean six sigma, system's availability, loss of production time, wear.

Sommaire

Résumé :	1
:الموجز	2
Abstract:	3
Liste des tableaux	7
Liste des figures	8
Introduction générale	9
Chapitre I : Généralités sur l'appareil de forage	10
Introduction	2
1.1 Classification des appareils de forage	2
1.2 Les fonctions d'un appareil de forage	3
1.3 Fonction levage	3
1.3.1 Le mât	4
1.3.2 Le mouflage	4
1.3.3 Le moufle fixe [crown block]	5
1.3.4 Moufle mobile [travelling block]	5
1.3.5 Crochet de levage	6
1.3.6 Le treuil (Draw works)	6
1.3.7 Le câble de forage	6
1.3.8 Matériels annexes de levage (outils de plancher)	7
1.4 Fonction de rotation	7
1.4.1 Table de rotation	7
1.4.2 La tête d'injection (Swivell)	8
1.5 Fonction pompage	9
1.5.1 Pompes de forage	9
1.5.2 Matériels annexes de la fonction pompage	9
1.6 Fonction motrice et transmission	9
1.6.1 Sources d'énergie	9
1.6.2 Systèmes de transmissions de puissance	10
1.7 Fonction de sécurité	10
1.7.1 Obturateurs de tête de puits	10
1.7.2 Obturateurs à mâchoires (rams BOP)	11
1.1.1 Module accumulateurs	11
1.8 Top drive	12
Conclusion	13
2 Chapitre II : Description du treuil OILWELL840-E et sa maintenance	14
Introduction	15
2.1 Spécifications	15
2.1.1 Nomenclature OILWELL 840-E	15
2.1.2 Caractéristiques	15
2.1.3 Chaîne cinématique	16

2.2	Composition	16
2.2.1	Le châssis du treuil	16
2.2.2	Le tambour de manœuvre	17
2.2.3	Système de freinage.....	19
2.2.4	Système de transmission de mouvement	21
2.2.5	Les arbres.....	21
2.2.6	Les cabestans	25
2.2.7	Le tambour de curage	26
2.2.8	Circuit pneumatique	27
2.2.9	Circuit de refroidissement	29
2.3	Fonctionnement du treuil OILWELL 840-E.....	30
2.3.1	La procédure de sélection de vitesses du treuil OILWELL 840-E.....	31
2.4	Exploitation et maintenance du treuil OILWELL 840-E	31
2.4.1	Installation du treuil.....	31
2.4.2	Avant l'installation du treuil	31
2.4.3	Instructions de prédémarrage	32
2.4.4	Exploitation du treuil.....	32
2.4.5	Maintenance du treuil	33
2.5	Conclusion.....	37
3	Chapitre 3 : Lean six sigma comme un outil de control de qualité	38
3.1	Introduction	39
3.2	Historique	39
3.3	Lean	40
3.3.1	Élimination des déchets	40
3.3.2	Concepts de Lean	41
3.4	Six Sigma.....	44
3.4.1	L'équipe d'un projet Six Sigma.....	44
3.4.2	Outils et techniques Six Sigma.....	46
3.5	Lean Six Sigma et la maintenance des équipements des hydrocarbures	50
3.6	Lean six sigma et la politique de contrôle de qualité ISO9001	50
3.6.1	La politique de contrôle de qualité ISO9001	50
3.6.2	Combinaison de LSS avec ISO9001	50
	Conclusion.....	51
4	Chapitre IV : Application de Lean six sigma pour la planification de maintenance des freins à bandes	53
4.1	Introduction	53
4.2	Définir :.....	53
4.2.1	Introduction	53
4.2.2	Récapitulatif	54
4.3	Mesure :	56
4.3.1	Contribution des bandes dans les interventions sur les freins	56
4.3.2	Fonction de distribution par méthode de Weibull :	57
4.3.3	Étude de la distribution des TBF des bandes :.....	59

4.4	Analyse :	60
4.4.1	Méthode ISHIKAWA :	60
4.4.2	Analyse fonctionnel externe :	61
4.4.3	Analyse fonctionnelle interne	64
4.4.4	AMDEC :	66
4.5	Améliorations	73
4.5.1	ISHIKAWA	73
4.5.2	AMDEC	73
4.5.3	Calcul de périodicité de maintenance systématique en présence des modes de défaillance	75
4.6	Contrôle	77
4.6.1	MPJ	77
4.6.2	MPH	77
4.6.3	MPM	78
4.6.4	MPT	78
4.7	Conclusion	78
4.7.1	Prévisions à court et moyen termes	78
4.7.2	Prévisions à long termes	78
	Conclusion générale	79
	Bibliographie	80

Liste des tableaux

Tableau II. 1. Les caractéristiques du treuil OILWELL 840-E	16
Tableau II. 2. Les vitesses de l'arbre tambour	22
Tableau II. 3. Dimensions des arbres de transmission.....	23
Tableau II. 4. Plan de Maintenance systématique du Treuil OILWELL 840-E	36
Tableau III. 1. DMAIC	46
Tableau III. 2. Outils DMAIC	48
Tableau III. 3. DMADV.	49
Tableau. IV. 1. Calcul des paramètres Weibull.....	58
Tableau. IV. 2. Calcul Par la Loi Normale	59
Tableau. IV. 3. Analyse fonctionnel externe	63
Tableau. IV. 4. Analyse fonctionnel interne.....	66
Tableau. IV. 5. Table d'AMDEC du système de freinage	72
Tableau. IV. 6. . ISHIKAWA causes remèdes	73
Tableau. IV. 7. Maintenance préventive selon la table AMDEC	74
Tableau. IV. 8. Fiche de contrôle journalier	77
Tableau. IV. 9. Fiche de contrôle hebdomadaire	77
Tableau. IV. 10.Fiche de contrôle mensuel	78
Tableau. IV. 11. Fiche de contrôle trimestriel	78

Liste des figures

Fig. I. 1. Classification des appareils de forage	2
Fig. I. 2. . Système de mouflage	4
Fig. I. 3. schéma de moufle	4
Fig. I. 4. Le moufle fixe.....	5
Fig. I. 5. Mouflé mobile.....	5
Fig. I. 6. Treuil de forage	6
Fig. I. 7. Table de rotation	7
Fig. I. 8. Tête d'injection	8
Fig. I. 9. Pompe à boue	9
Fig. I. 10. Les groupes électrogènes	10
Fig. I. 11. Obturateurs à mâchoires	11
Fig. I. 12. Unité hydraulique de commande KOOMEY	12
Fig. I. 13. Top drive.....	13
Fig. II. 1. Treuil de forage.	15
Fig. II. 2. Chaîne cinématique de treuil	16
Fig. II. 3. Châssis-ski du treuil OILWELL 840-E.....	17
Fig. II. 4. Schéma de l'arbre du tambour.....	18
Fig. II. 5. Angle de déflexion maximal permis	18
Fig. II. 6. Arbre du tambour	19
Fig. II. 7. Frein à bandes de friction	19
Fig. II. 8. Frein électromagnétique	21
Fig. II. 9. L'arbre d'entrée	22
Fig. II. 10. L'arbre de sortie	22
Fig. II. 11. Les chaînes de transmission	24
Fig. II. 12. Embrayage pneumatique	25
Fig. II. 13. Cabestans à commande pneumatique.	26
Fig. II. 14. Arbre cabestan (secondaire).	27
Fig. II. 15. . Twin Stop	28
Fig. II. 16. Circuit d'air du Twin Stop.....	29
Fig. II. 17. Circuit de refroidissement de jante de frein à bande	29
Fig. II. 18. Circuit de refroidissement	30
Fig. III. 1. Entreprise Lean	41
Fig. III. 2. Pratiques de maintenance Lean	43
Fig. III. 3. Arch de maintenance	43
Fig. III. 4. Utilisation de DMAIC dans un projet Six Sigma.....	47
Fig. III. 5. Choix entre DMAIC et DMADV.....	49
Fig. IV. 1. Bandes de frein treuil OILWELL 840-E.....	53
Fig. IV. 2. Cisaillement des bandes de freins.	54
Fig. IV. 3. Fissuration des bandes de freins.....	54
Fig. IV. 4. Charte de projet LSS[45]	55
Fig. IV. 5. Contributions dans les interventions sur le treuil	56
Fig. IV. 6. Contribution aux interventions sur le système de freinage	57
Fig. IV. 7. Feuille de Weibull.....	58
Fig. IV. 8. Fonction de distribution selon la loi normale.....	59
Fig. IV. 9. Périodicité optimale d'intervention systématique.....	76

Introduction générale

La production industrielle a connu une croissance massive au cours des dernières années en raison des progrès technologiques que le monde connaît, du contrôle des machines et de la maintenance des équipements industriels, où ces progrès ont deux objectifs principaux : l'amélioration de la productivité et la maintenance optimale en réduisant les temps d'arrêt et en améliorant la disponibilité des équipements de forage.

Parmi ces équipements, le treuil de forage, et le système de freinage en particulier est très sensible aux endommagements, par conséquent, il faut mettre en place un plan de maintenance préventif basé sur le traitement statistique des données de l'historique, ainsi que sur l'analyse qualitative illustrant les liaisons causales entre les modes de défaillance et leurs effets.

les méthodologies de maintenance varient en fonction de l'objectif, mais pour le contrôle de la qualité, Lean Six Sigma s'avère être une méthodologie efficace et bénéfique à adopter surtout dans le secteur de la fabrication, et l'intérêt pour la méthode dans l'industrie pétrolière est de plus en plus grand au cours des dernières années.

L'objectif de ce mémoire est d'appliquer la méthodologie Lean Six Sigma pour améliorer la disponibilité du système de freinage principal.

Pour cela nous présentons un travail étalé sur quatre chapitres:

Le premier chapitre traite les généralités sur les équipements de forage où on aura une vue générale sur les équipements de forage.

Le second chapitre est une description du treuil OILWELL 840-E et illustration de sa maintenance surtout celle préventive appliquée sur site.

L'historique de Lean six sigma comme un outil de contrôle de qualité appliquée en maintenance est le contenu du troisième chapitre.

Le quatrième chapitre est une application de Lean six sigma sur le système de freinage principal dans lequel on applique ces outils afin d'améliorer la qualité de freinage du système.

On termine par une conclusion générale.

Chapitre I : Généralités sur l'appareil de forage

Introduction

Le forage pétrolier est un domaine de travail très difficile et compliqué, à cause de la diversité des opérations et la complexité du matériel utilisé.

Ce chapitre va mettre en exergue la fonction d'un appareil de forage, ses principales opérations et le matériel utilisé dans les chantiers pétroliers.

L'appareil de forage, ou plus globalement le chantier de forage est constitué d'un ensemble regroupant en trois fonctions :

- La fonction de levage
- La fonction de rotation
- La fonction de pompage et de circulation

Il y a aussi des fonctions auxiliaires qui peuvent définir comme suit :

- L'installation des traitements mécaniques de la boue.
- La production d'énergie primaire (groupe de force).
- Les magasins, ateliers et les bureaux.

1.1 Classification des appareils de forage

La classification des appareils de forage se fait en première approche par la capacité de profondeur de forage maximale.

Donc chaque appareil de forage est conçu pour forer dans une gamme de profondeur donnée. Les appareils de forage peuvent être classés comme suit :

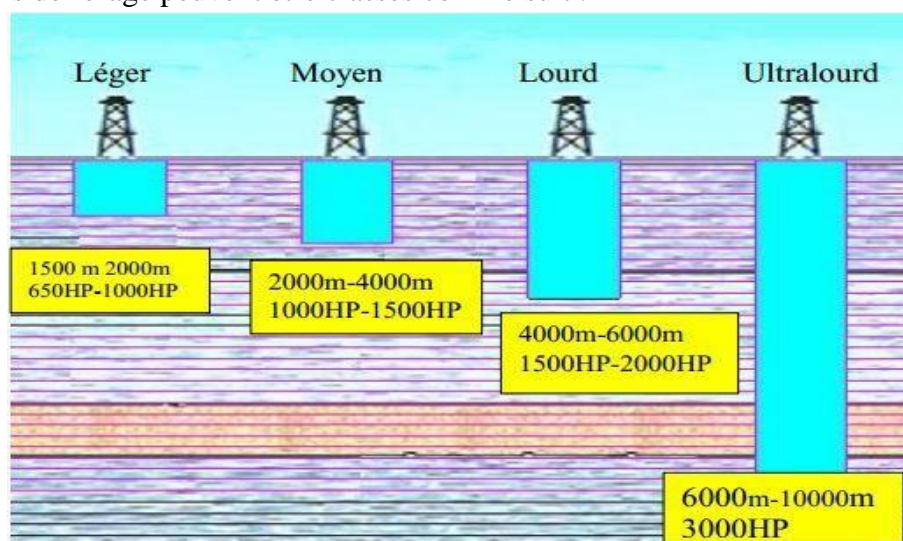


Fig. I. 1. Classification des appareils de forage [1]

Ces performances de profondeur se traduisent par un poids au crochet de levage compte tenu des poids des garnitures et des casings.

En prenant en compte les temps de manœuvre communément acceptés, on peut évaluer la puissance maximale que devra développer le treuil de forage (Draw works).

La puissance du treuil est donc une caractéristique primordiale pour déterminer un appareil de forage.

Pour les catégories d'appareils cités précédemment, on peut les classer selon la puissance de levage.

Les autres fonctions (pompage, rotation) sont dimensionnées par rapport au programme de forage et tubage classique d'un puits à la profondeur désignée. [4]

1.2 Les fonctions d'un appareil de forage

Les installations des équipements de forage sur le chantier construisent un ensemble qui s'appelle (appareil de forage).

La fonction principale est de faire un trou et percer la roche à l'aide d'un outil de forage (trépan) pour accomplir l'extraction du pétrole et arriver au fond du puits où il s'est formé.

Les opérations suivantes montrent la fonction d'un appareil de forage :

- Descente de la colonne de tige de forage dans le puits.
- Rotation d'un outil de forage.
- Injection du liquide de forage dans le puits sa fin de remonter les déblais de terrain découpés, refroidir le trépan et consolider les parois du puits.
- Rallongement de la colonne de tiges de forage par la mesure de l'augmentation de la profondeur du puits.
- Montée de la colonne des tiges pour remplacer un outil de forage usé.
- Évacuation de déblais du terrain par le liquide de forage et préparation d'un nouveau liquide.
- Descente des colonnes de tubage

L'ensemble des équipements qui travaillent au-dessus de la surface permettent d'assurer trois fonctions principales.[2]

1.3 Fonction levage

Pour soulever la garniture de forage (Ensemble tiges – tiges lourdes – masse-tiges), il faut utiliser une grue de grande capacité, car la garniture de forage peut atteindre un poids supérieur à 150 tonnes ou plus. Cette grue est constituée :

- D'un mât,
- D'un palan comprenant les moufles fixe et mobile et le câble.

- D'un treuil,

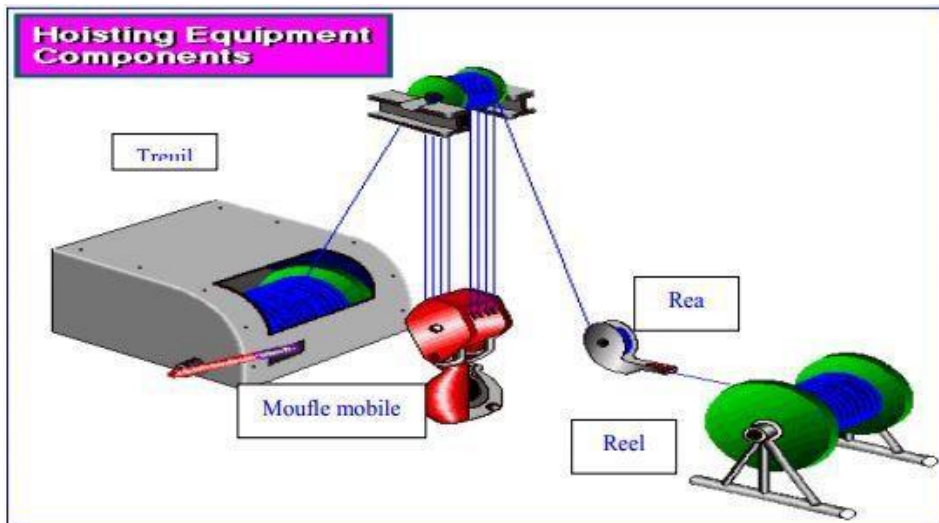


Fig. I. 2. . Système de mouflage [2]

1.3.1 Le mât

Le mât est une structure en forme de A très pointu (trépied). Il a la particularité d'être articulé à sa base ce qui lui permet d'être assemblé ou démonté horizontalement puis relevé en position verticale en utilisant le treuil de forage et un câble de relevage spécial.

1.3.2 Le mouflage

Le système de mouflage comprend essentiellement le moufle fixe, le moufle mobile et le câble de forage. Le schéma (FIG 1.3) représente l'ensemble du chemin du câble de forage et les différents composants qui le constituent.

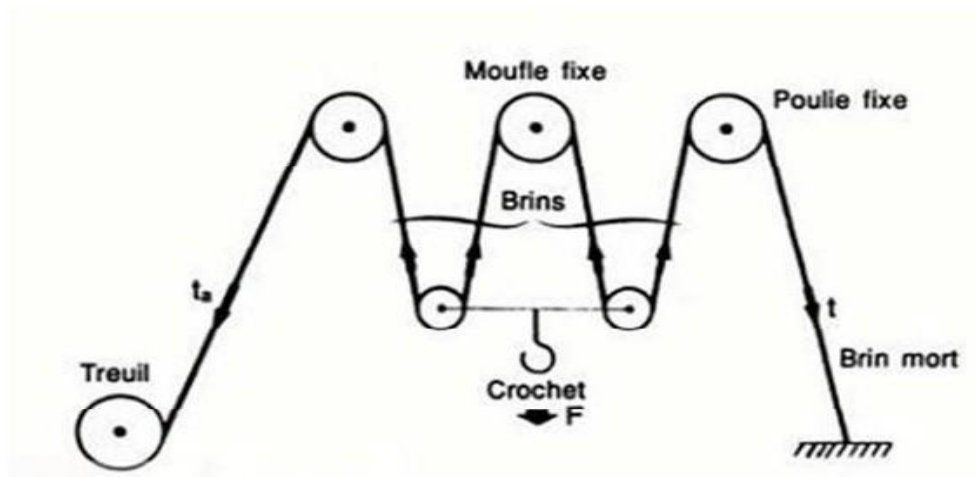


Fig. I. 3. schéma de moufle [6]

1.3.3 Le moufle fixe [crown block]

Il est composé d'une série de poulies montées généralement sur un même axe. Ces poulies sont montées folles, c'est-à-dire qu'elles peuvent tourner librement et indépendamment autour de cet axe.

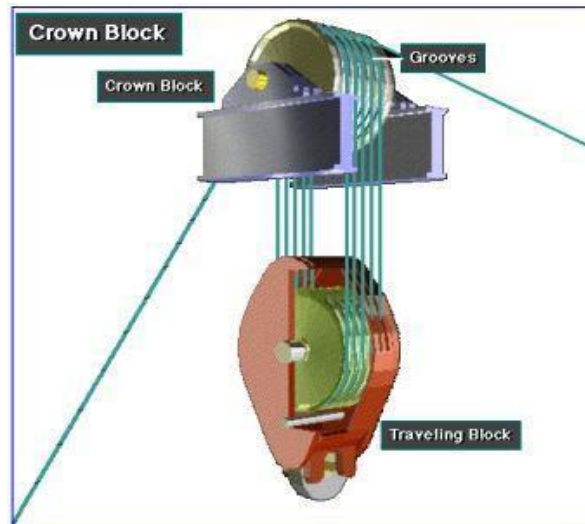


Fig. I. 4. Le moufle fixe [6]

1.3.4 Moufle mobile [travelling block]

Il est composé également d'une série de poulies montées en parallèle et folle sur un même axe. Le nombre de poulies est égale la moitié du nombre de brins.



Fig. I. 5. Moufle mobile[4]

1.3.5 Crochet de levage

Se trouve suspendu directement au moufle mobile. Un système de roulement à billes permet la rotation du crochet autour de son axe sans entrainer celle du moufle mobile. Cette rotation est néanmoins limitée en partie par un système de verrouillage. Un ressort puissant permet à chaque opération de dévissage des éléments de train de sonde un dégagement vers le haut de la partie supérieure, ce qui évite la détérioration de filetage.

1.3.6 Le treuil (Draw works)

C'est le cœur d'un appareil de forage. Sa capacité caractérise un puits et indique la classe de profondeur des forages que l'on pourra effectuer.



Fig. I. 6. Treuil de forage [3]

Constitution d'un treuil

- Le tambour de manœuvre
- Boite de vitesse du treuil
- Les embrayages
- Tambour de curage
- Cabestans
- Les freins mécaniques à bande
- Frein auxiliaire

1.3.7 Le câble de forage

Les câbles utilisés sur l'installation de sondage sont des câbles en acier, mais dont l'âme peut parfois être en chanvre. Autour de l'âme sont enroulés des torons, chacun de ces torons étant composés d'un certain nombre de fils d'acier.

1.3.8 Matériels annexes de levage (outils de plancher)

A) Élévateurs : sont des élévateurs à butée, le Tools-joint venant buter sur la partie supérieure de l'élévateur lorsque celui-ci soulève un élément de train de tige.

B) Coins de retenue : sont destinés à maintenir le train de sonde suspendu à la table de rotation pendant le dévissage de chaque longueur.

C) Clés de serrage à mâchoires : les clés sont au nombre de deux. Elles sont destinées à bloquer le filetage des joints après chaque vissage ou les débloquer avant chaque dévissage.

1.4 Fonction de rotation

1.4.1 Table de rotation

Pour faire tourner l'outil, on visse au sommet des tiges, de forme cylindrique, une autre tige de section carrée ou hexagonale, appelée tige d'entraînement [Kelly], et on l'introduit dans un moyeu appelé table de rotation (rotary table).

La table de rotation se compose de 3 parties :

- Le bâti,
- La partie tournante,
- L'arbre d'entraînement.



Fig. I. 7. Table de rotation [3]

Sur cette table, est placé un carré d'entraînement, qui comporte des rouleaux épousant la forme de la tige d'entraînement. Ce carré est entraîné par la table de rotation par l'intermédiaire d'une fourrure d'entraînement. Il permet de transmettre le mouvement de rotation de la table à la tige d'entraînement, ainsi que sa translation sans risquer de se frotter sur les côtés et de s'user.

Cette table de rotation peut aussi supporter le train de sonde grâce aux coins de retenue lorsqu'on ajoute une tige au cours de la manœuvre.

1.4.2 La tête d'injection (Swivell)

La tête d'injection représente le mécanisme qui relie la partie mobile d'une installation de forage à la partie fixe.

En effet la tête d'injection qui est suspendue d'un côté au crochet de levage et de l'autre côté vissé à la tige carrée, elle sert :

- De palier de roulement à l'ensemble du train de tige pendant le forage
- Elle assure le passage de la boue de forage jusqu'au trépan venant d'une conduite fixe (flexible d'injection) dans une conduite animée d'un mouvement de rotation (train de sonde).
- Une tête d'injection comprend une partie mobile reposant par l'intermédiaire d'un roulement à billes principal sur une partie fixe

L'étanchéité dans ce point est assurée par une garniture spéciale. Il est prévu aussi sur la partie inférieure de la tête d'injection et pour empêcher l'huile de s'échapper des presse-étoupes.

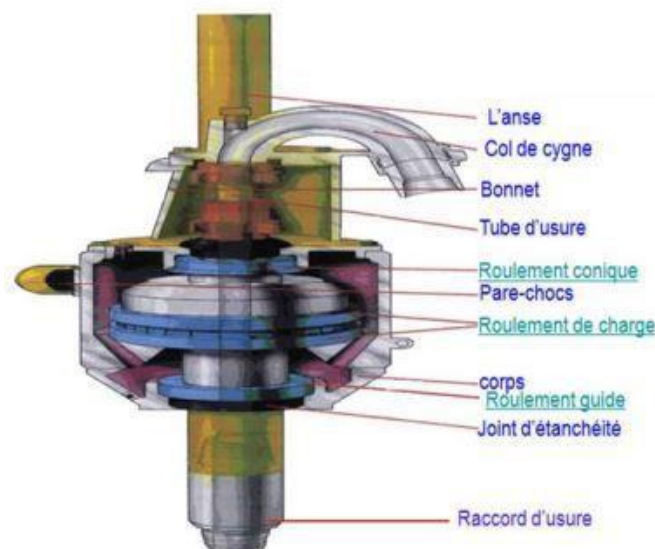


Fig. I. 8. Tête d'injection [3]

1.5 Fonction pompage

1.5.1 Pompes de forage

Ces sont des pompes alternatives à pistons, le mouvement alternatif des pistons étant produit par le système classique de la bielle et d'un vilebrequin. Ces pompes de principe volumétriques, qui doivent assurer un débit compatible avec le rendement optimal du trépan utilisé.



Fig. I. 9. Pompe à boue [3]

1.5.2 Matériels annexes de la fonction pompage

Il existe des équipements supplémentaires, mais que l'on ne rencontre pas obligatoirement sur toutes les sondes.

- Une colonne montante dans le derrick maintenu en suspension, et en dehors de l'aire de travail de plancher.
- Le flexible de refoulement et permet le mouvement vertical de la garniture de forage sur près de deux fois la longueur du flexible.
- Un tube dégueuloir monté entre la tête du puits et le bassin à boue constitue un montage plus soigné qu'une goulotte.
- Des pompes centrifuges.

1.6 Fonction motrice et transmission

1.6.1 Sources d'énergie

Depuis longtemps. La machine à vapeur a été remplacée par le moteur diesel comme source initiale d'énergie, mais on peut rencontrer également sur des plates-formes de production. L'utilisation de puissance fournie par des turbines à gaz, et même parfois le raccordement du chantier de forage au réseau de distribution électrique, mais même si ce système présente des avantages majeurs tels qu'une énergie peu coûteuse, silencieuse, il modifie le caractère

autonome du chantier de forage ce qui dans beaucoup de cas est rédhibitoire. D'autant, plus que le mode de fonctionnement procure des appels de puissance dont la répercussion sur le réseau de distribution n'est pas acceptable.

1.6.2 Systèmes de transmissions de puissance

1.6.2.1 Transmission mécanique

Plusieurs moteurs diesel travaillent en parallèle grâce à leur interconnexion par un système de chaînes et d'embrayage compound. Les diesels sont équipés de convertisseurs de couple. Le chef de poste doit gérer l'affectation des moteurs en fonction de ses besoins en forage, un ou deux moteurs pour le pompage, un moteur pour la transmission de la table de rotation, et sa manœuvre. Tous les moteurs peuvent être utilisés sur le treuil de levage [2].



Fig. I. 10. Les groupes électrogènes

1.6.2.2 Transmission électrique

Les appareils de forage utilisent le système pour la consommation d'énergie électrique qui est fournie par le moteur diesel et les génératrices, l'avènement des thyristors SCR a pour rôle le développement du système AC/DC [2].

1.7 Fonction de sécurité

1.7.1 Obturateurs de tête de puits

Ce sont des équipements qui permettent de fermer rapidement la garniture de forage. Leur pression de service doit être égale ou supérieure à la pression de service de l'ouvrage définie dans le programme de forage. Il va de soi que la garniture de forage doit elle-même pouvoir résister à une telle pression, tant à l'éclatement qu'à l'écrasement. En offshore flottant, il faut prévoir des tiges de longueur aussi constante que possible et un lot de tiges courtes pour ajuster les garnitures.

Rôles des obturateurs :

- Assurer la fermeture du puits en cas de venue de fluides de formations.
- Permettre la circulation sous pression contrôlée pour reconditionner la boue et évacuer l'effluent ayant pénétré dans le puits.
- Tester des éléments dans le puits.
- Tester les formations.
- Faire des circulations inverses.

1.7.2 Obturateurs à mâchoires (rams BOP)

Cet obturateur ferme l'espace annulaire autour des tiges par le déplacement d'une paire de mâchoires.

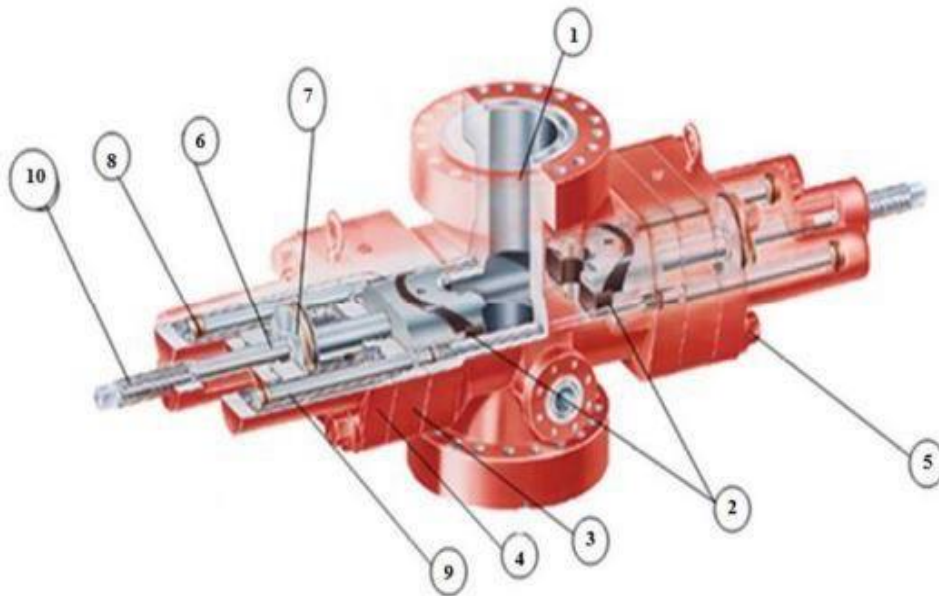


Fig. I. 11. Obturateurs à mâchoires [3]

1-Un alésage central, 2-Mâchoires (rams), 3-Bride intermédiaire, 4-Bonnet, 5-goujons, 6- tige de piston de manœuvre, 7-piston de manœuvre, 8-piston (open), 9-piston (close), 10-vis de sécurité obturateurs à mâchoires.

1.1.1 Module accumulateurs

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.



Fig. I. 12. Unité hydraulique de commande KOOMEY [3]

1.8 Top drive

De nos jours, les coûts de maintenance, les coûts d'acquisition du matériel de forage et leur disponibilité sont les principaux paramètres dont les sociétés contacteurs de forage tiennent compte le plus souvent pour pouvoir maîtriser le coût de revient.

Afin de répondre aux besoins, sans cesse croissants des utilisateurs, la société varco à adapté aux appareils de forage un organe appelé « TOP DRIVE »

L'utilisation du top drive engendre plusieurs avantages, qui sont :

- Le forage en continue avec une longueur de 93' (28,34 m)
- La possibilité de remontée en plein rotation et circulation
- La possibilité de tirage en cas de coincement
- La réduction des risques de coincement
- Le vissage et le dévissage des longueurs avec le contrôle du couple de serrage et de déblocage
- Le contrôle du puits
- L'ajout de tiges et la fermeture du puits dans n'importe quelle position du top drive dans le mât pendant la manœuvre
- La sécurité de l'équipe
- L'utilisation d'une seule clé de retenue



Fig. I. 13. Top drive [3]

Conclusion

Dans ce chapitre, on a donné une vue générale sur l'appareil de forage et ces fonctions principales.

Chapitre II : Description du treuil OILWELL 840-E et sa maintenance

Introduction

Après avoir exploré les différents équipements de forage, on va concentrer dans ce chapitre sur l'étude descriptive du treuil OILWELL 840-E, sa composition, fonctionnement et maintenance.

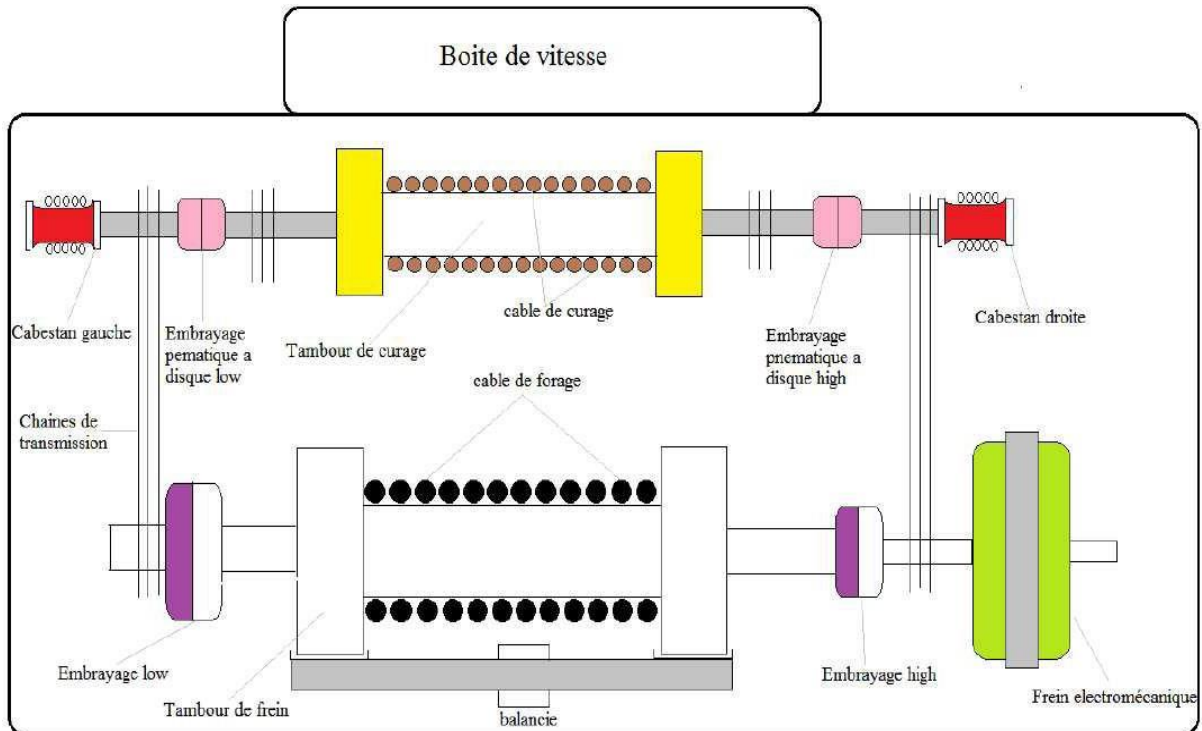


Fig. II. 1. Treuil de forage.[8]

2.1 Spécifications

2.1.1 Nomenclature OILWELL 840-E

- 8'' : Diamètre de l'arbre d'entrée
- 4 : Nombre de vitesses avant
- 0 : Nombre de vitesses arrière
- E : Entraînement électrique

2.1.2 Caractéristiques

Puissance développée	1400HP (1079Kw)
Profondeur moyenne du puits	3350m jusqu'à 4480m
	28''x 52''

Tambour principal		50''x 10''
Dimensions et poids	Largeur	15'- 6'' 7-16 (4.73m)
	Longueur	22'-8'' (6.9m)
	Hauteur	8'-4'' 7/8 (2.56m)
	Poids (Frein auxiliaire, moteur électrique, arbre et tambour de curage exclus)	20.41 tonnes

Tableau II. 1. Les caractéristiques du treuil OILWELL 840-E

2.1.3 Chaîne cinématique

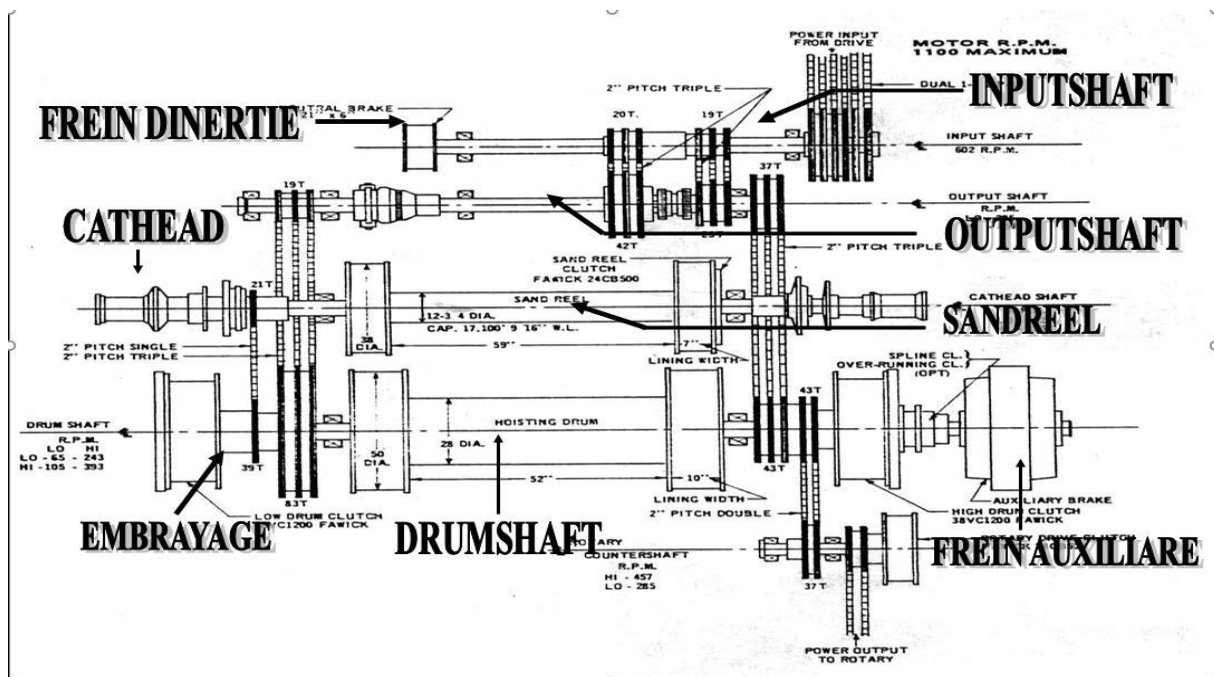


Fig. II. 2. Chaîne cinématique de treuil

2.2 Composition

Le treuil OILWELL 840-E se compose de plusieurs ensembles

2.2.1 Le châssis du treuil

Le châssis-ski (Figure 2) est une conception fabriquée en poutrelles d'acier lourd qui sont soit perpendiculaires aux arbres du treuil sur les ensembles monobloc de faible puissance, soit parallèles aux arbres du treuil sur les ensembles sélectionnés de grande puissance. La carcasse est construite de tôles d'acier assemblés par mécanosoudure.

Des parois latérales ont le rôle de déflecteurs et délimitent des compartiments étanches

contenant les divers entraînements lubrifiés sous pression.

Considérant les efforts soumis sur le châssis-ski et la carcasse pendant le forage et au cours des déménagements, le bâti doit être construit très rigidement pour éviter les désalignements et l'écartement des paliers à roulements (risque d'arrêt de production et coût de réparation très élevés). Le bâti doit aussi permettre l'accessibilité des tuyauteries, le contrôle des chaînes et des circuits d'huile.

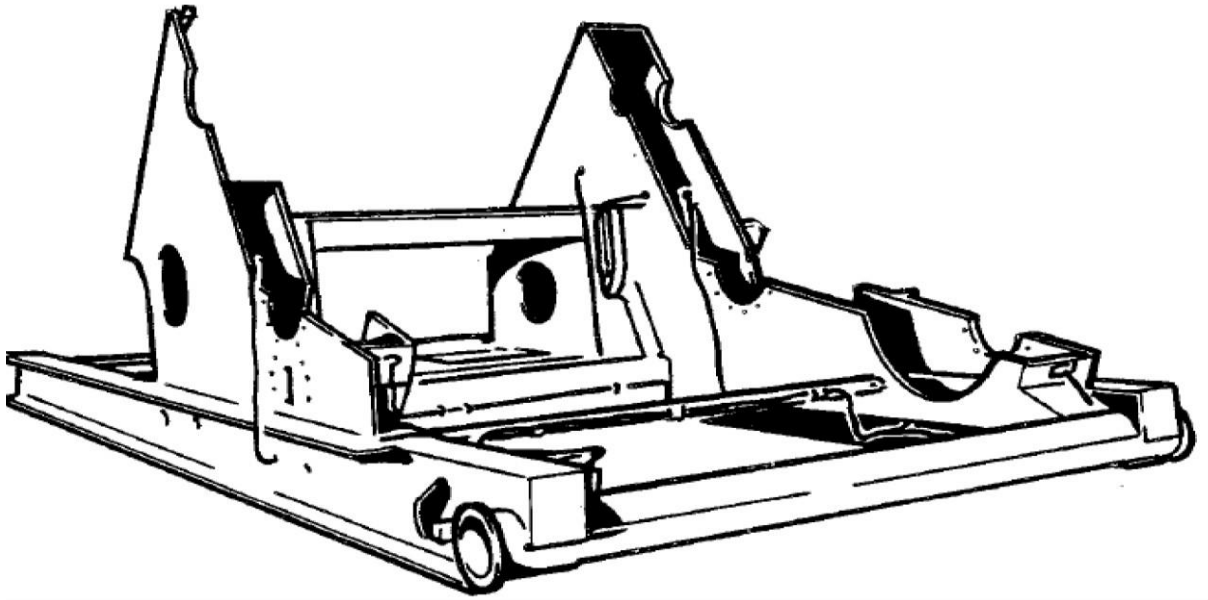


Fig. II. 3. Châssis-ski du treuil OILWELL 840-E [8]

2.2.2 Le tambour de manœuvre

Le tambour du treuil peut être lisse ou cannelé.

Les tambours cannelés, bien que plus chers à l'achat, sont de plus en plus utilisés, car les cannelures permettent un enroulement correct, ce qui réduit le risque d'écrasement du câble dans le cas de fortes charges.

Le diamètre d'un tambour doit être égal au moins à 20 fois le diamètre du câble. La longueur maximale du fût d'un tambour ne doit pas permettre au brin moteur un angle de déflexion supérieur à $1^{\circ}30'$ (Figure II.4). Au-delà de cette valeur, il y a un risque d'usure prématurée du câble par frottement et une fatigue du métal par flexion latérale.

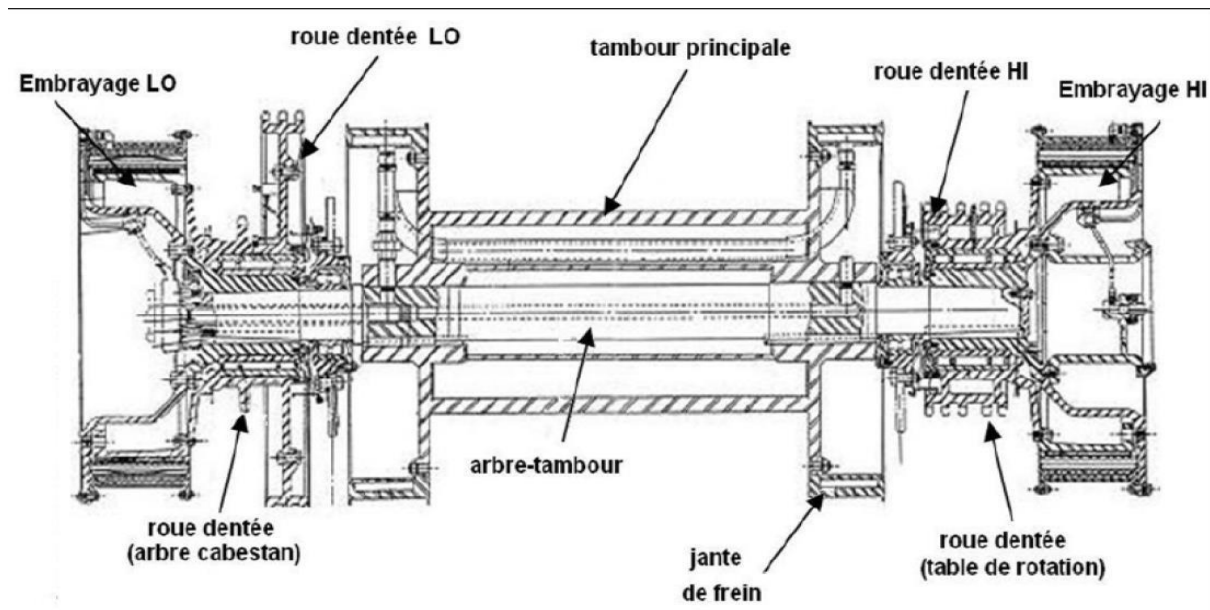


Fig. II. 4. Schéma de l'arbre du tambour [8]

Fig. II.4-

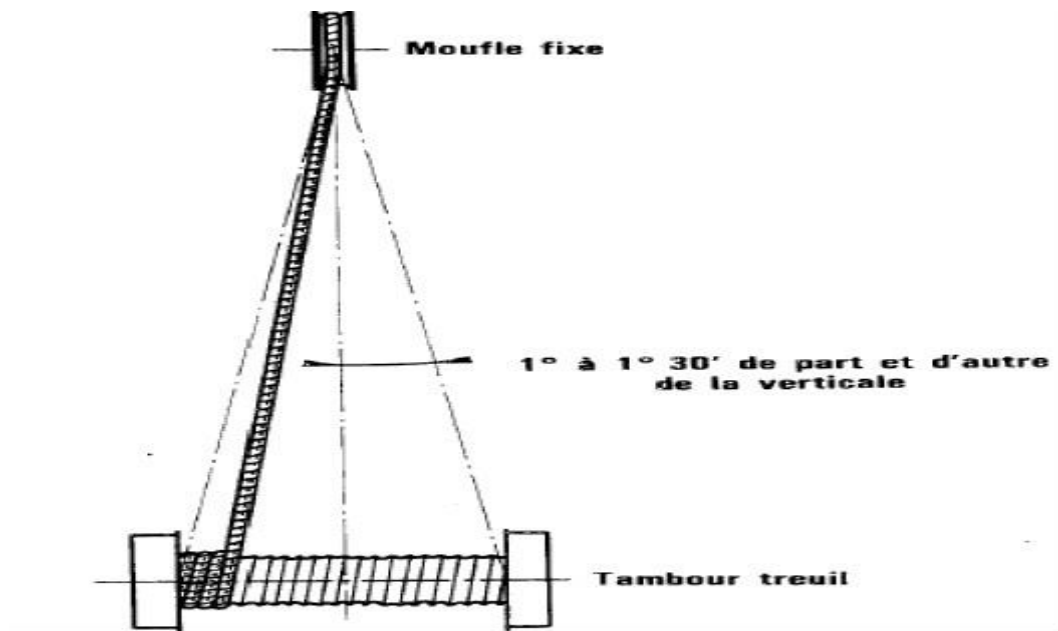


Fig. II. 5. Angle de déflexion maximal permis[8]

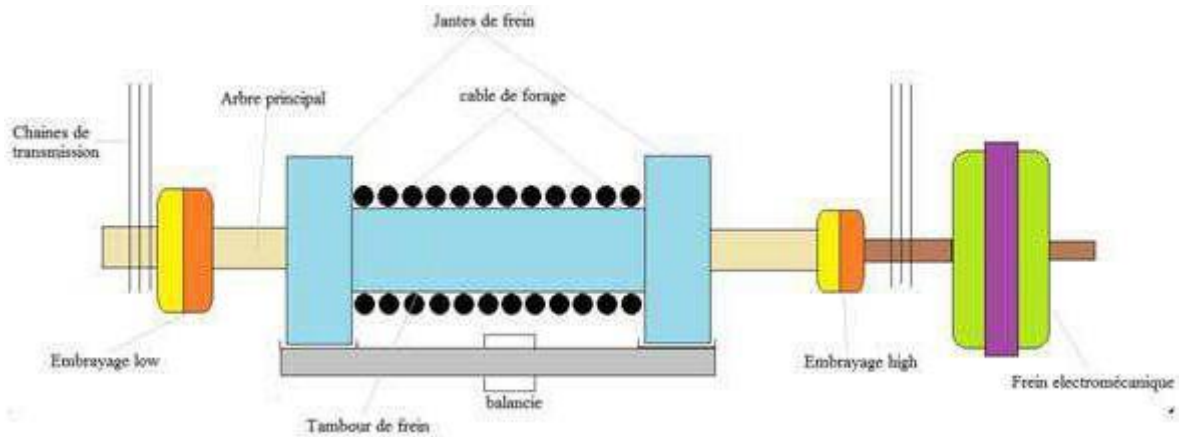


Fig. II. 6. Arbre du tambour[8]

2.2.3 Système de freinage

Le treuil de forage OILWELL 840-E est équipé d'un frein mécanique à bandes et un frein auxiliaire électromagnétique installé au bout de l'arbre du tambour. Le frein auxiliaire sert à atténuer la plus grande partie d'énergie alors que le frein principal sert à arrêter complètement le TDS.

2.2.3.1 Frein principal (frein à bandes de friction)

Le frein mécanique à bandes (fig. II.6) contrôle l'avancement de l'outil pendant le forage et arrête complètement le treuil pendant la descente de la garniture.

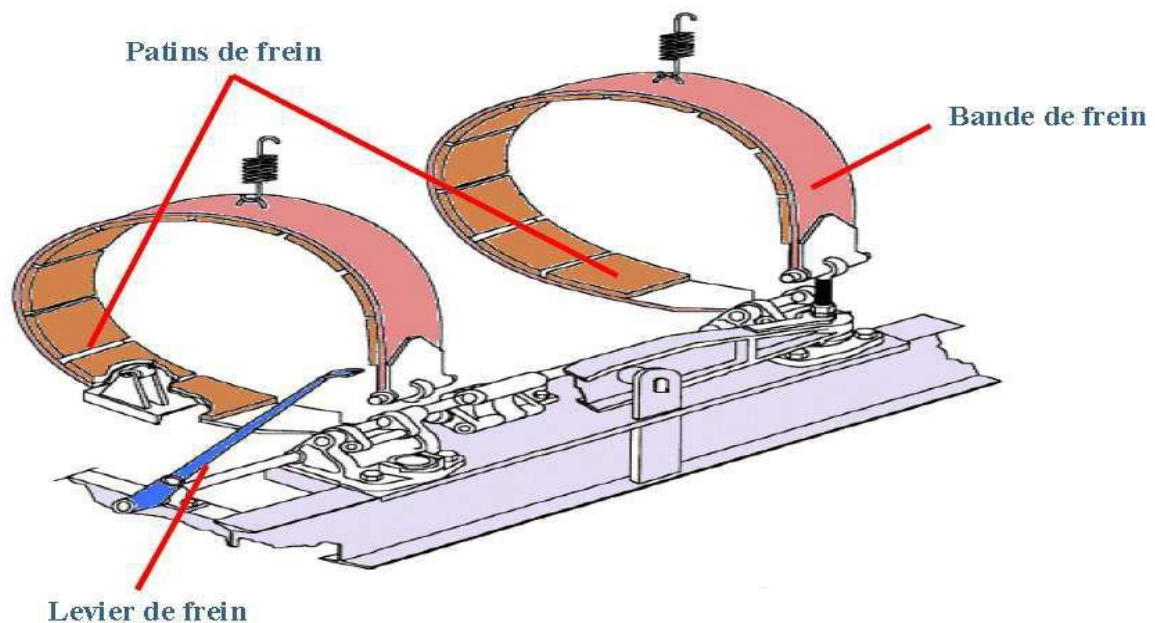
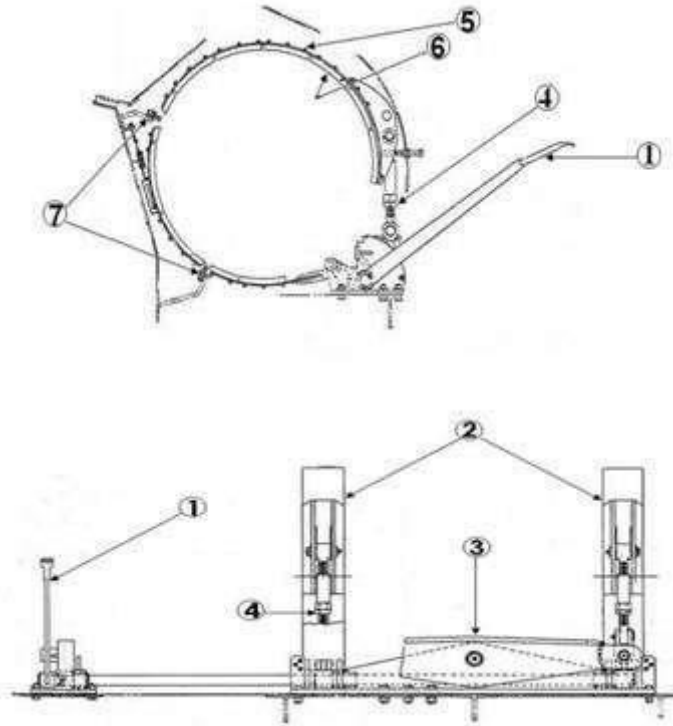


Fig. II. 7. Frein à bandes de friction[9]

Ce frein est constitué de deux bandes métalliques équipées de garnitures intérieures fixées par les boulons en Cuivre ou en Aluminium à tête noyée. Ces bandes sont reliées par une barre d'équilibrage qui répartit également la force de freinage entre les deux bandes et réduit ainsi l'usure des patins.



1 : levier de frein. 2 : bandes de frein. 3 : balancier. 4 : vis de réglage de frein. 5 : boulon de fixation. 6 : patin de frein. 7 : vis de fixation.

Chaque bande entoure une jante solidaire du tambour. Une extrémité de chaque bande est fixe alors que l'autre est reliée par l'intermédiaire d'un jeu de cames et de biellettes à un levier articulé (appelé frein) qui permet de démultiplier l'effort que l'on exerce sur son extrémité.

Afin d'évacuer la forte quantité de chaleur provoquée par le freinage, les jantes sont creuses et équipées d'un système de refroidissement à eau à circulation perdue ou à circulation sous pression en circuit fermé.

Lors du freinage, les jantes fixées au tambour en tournant, appliquent une traction sur chaque garniture de la bande de frein, traction qui s'ajoute à la tension donnée à la bande lorsqu'une force est appliquée au levier du frein. Ainsi l'extrémité de la bande côté point fixe est soumise à une tension supérieure à l'extrémité côté levier du frein.

2.2.3.2 Frein auxiliaire (frein électromagnétique)

Le plus courant est le frein Elmagco fabriqué par la société Baylor (Fig. II.7). Il est constitué d'un rotor qui tourne dans un stator où règne un champ électromagnétique produit par

des bobines excitatrices. La capacité du freinage, qui croît beaucoup plus vite que celle d'un frein hydraulique, est contrôlée par le réglage de l'intensité du courant d'excitation.

Dans le dessin technique de frein électromagnétique on peut avoir :

- La fixation de frein électromagnétique sur le châssis du treuil.
- L'accouplement entre le frein électromagnétique et l'arbre de tambour.

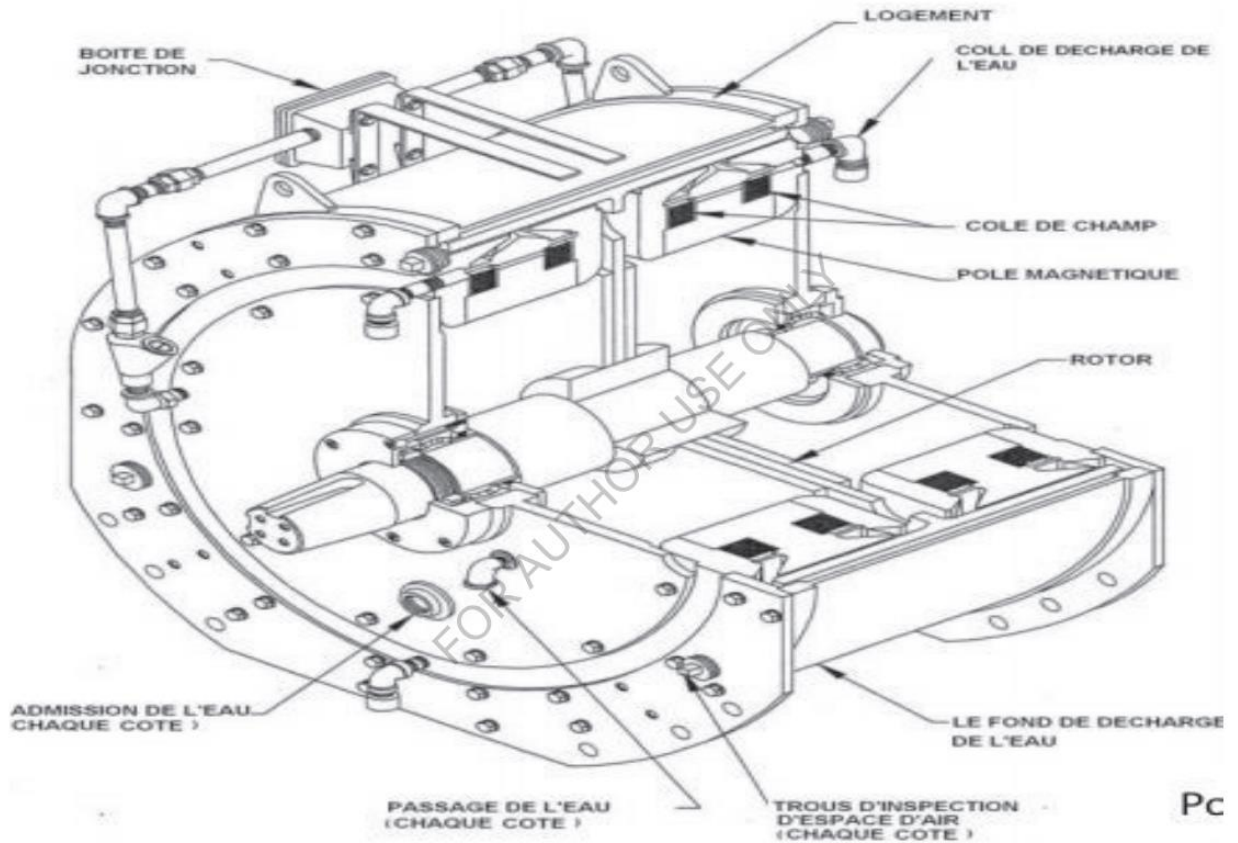


Fig. II. 8. Frein électromagnétique[9]

2.2.4 Système de transmission de mouvement

Le système de transmission de mouvement du treuil OILWELL 840-E est constitué de plusieurs organes en mouvement :

2.2.5 Les arbres

Les 4 arbres du treuil sont montés sur la structure avec des paliers à roulements à rouleaux[6] :

2.2.5.1 L'arbre d'entrée (Input shaft)

relié aux moteurs par une chaîne duale à 3 rangs, tourne avec une vitesse constante 602 tr/min. Un frein d'inertie monté à l'extrémité de l'arbre permet d'arrêter la rotation lors du changement de vitesse.



Fig. II. 9. L'arbre d'entrée[7]

2.2.5.2 L'arbre de sortie (output shaft)

relié à l'arbre d'entrée avec 2 chaînes à 3 rangs, sa gamme de vitesse : HI 457 tr/min et LOW 285 tr/min.



Fig. II. 10. L'arbre de sortie[7]

L'arbre d'entrée et de sortie forment la boîte de vitesse du treuil.

2.2.5.3 L'arbre tambour (drum shaft)

relié à la boîte de vitesse avec 2 chaînes à 3 rangs transmettant un mouvement de rotation à 4 vitesses.

Vitesse (tr/min)		Embrayage du tambour	
		LOW	HI
Clabot de l'arbre d'entrée	LOW	65	243
	HI	105	393

Tableau II. 2. Les vitesses de l'arbre tambour

2.2.5.4 L’arbre secondaire (cathead shaft)

relié à l’arbre tambour par une chaîne à 1 seul rang, avec deux vitesses de rotation LOW 102, HI 195 tr/min.

2.2.5.5 Les chaînes de transmission

Toutes les chaînes transmettant la puissance à l’arbre tambour sont des chaînes triples de pas 2”, les chaînes du treuil sont classées dans une catégorie spéciale dite « Oil Field ». En effet, l’effort dû à la force centrifuge qui est proportionnelle au carré de la vitesse linéaire de la chaîne, représente, au-delà d’une certaine vitesse, une partie importante des efforts.

La conception d’une transmission est basée sur la transmission des charges par les chaînes et la vitesse de rotation du pignon.

Arbre menant	Arbre mené	Entraxe	Pas	Pignon		Roue dentée		Lm
				Z1	D1	Z2	D2	
Moteurs	L’arbre d’entrée	52.59	1/3” ^{1/2} -	28	13.39	51	24.36	110
L’arbre d’entrée	L’arbre de sortie HI	29.930	2”-3	19	12.15	25	15.95	46
L’arbre d’entrée	L’arbre de sortie LO	23.93	2”-3	20	12.78	42	26.76	56
L’arbre de sortie	L’arbre tambour HI	41.95	2”-3	37	23.58	43	27.39	82
L’arbre de sortie	L’arbre tambour LO	41.95	2”-3	19	12.15	83	52.85	98
L’arbre tambour	L’arbre secondaire	51.68	2”-1	39	24.85	21	13.41	82

Lm : nombre de maillons de chaîne.
 Z : nombre de dents des roues dentées.
 Valeurs en pouce

Tableau II. 3. Dimensions des arbres de transmission[8]

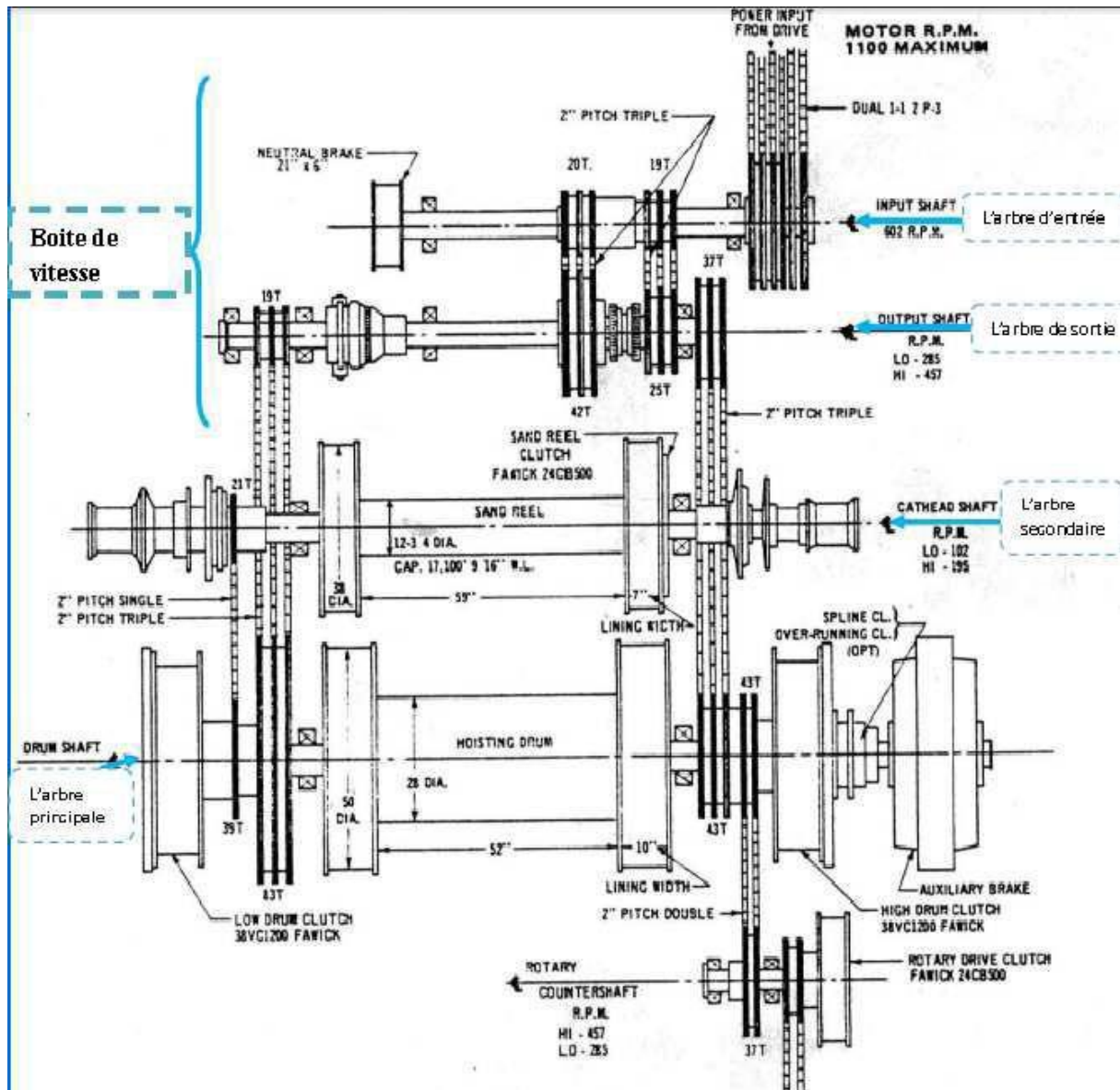


Fig. II. 11. Les chaînes de transmission[8]

2.2.5.6 Les embrayages

Dans le treuil OILWELL 840-E, on distingue 3 types d'embrayage[8] :

- 1- Embrayage pneumatique à sabot.
- 2- Pneumatique à disque.
- 3- Mécanique à clabot.

Les 2 embrayages pneumatiques à sabot (grande vitesse et petite vitesse) sont placés sur les côtés de l'arbre tambour, ils permettent l'accouplement entre l'arbre tambour et la roue dentée pendant la rotation de celle-ci. Ils sont de type « Airflex 38VC1200 ». Dans ce type d'embrayage l'accouplement est assuré grâce à des patins de friction et une chambre à air annulaire.

Des boulons de sécurité sont utilisés dans tous les embrayages de friction pour l'opération de secours.

Les 2 embrayages pneumatiques à disque sont placés sur l'arbre secondaire pour entraîner les poupées de vissage et dévissage des tiges de forage.

Les 2 embrayages pneumatiques à disque (pour l'entraînement de la table de rotation et de tambour de curage) sont du type « Airflex 24CB50 ».

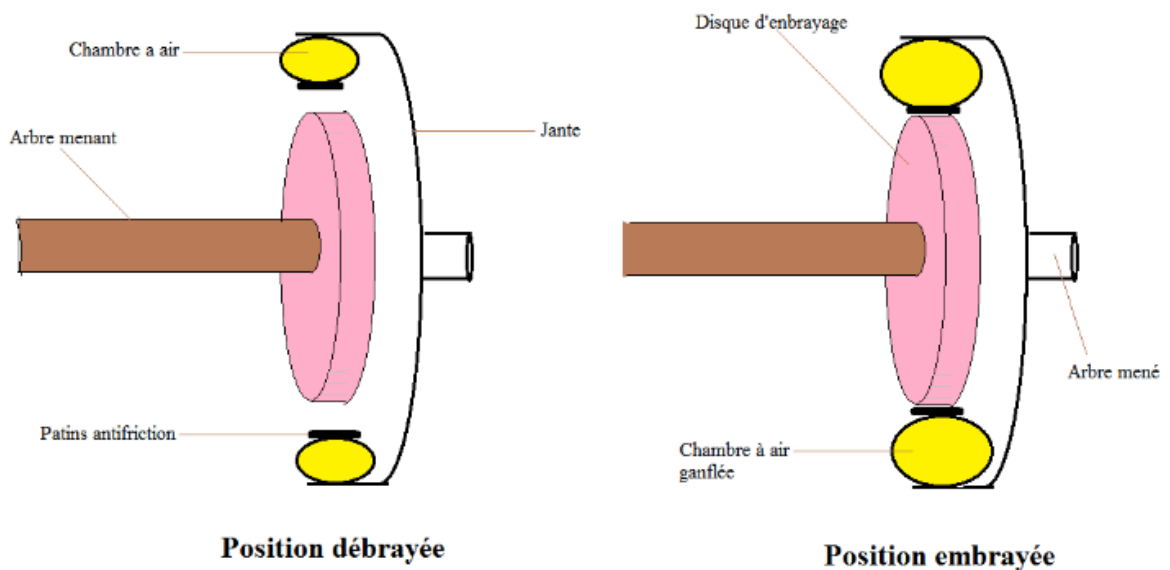


Fig. II. 12. Embrayage pneumatique[9]

Les embrayages mécaniques à clabots ou à denture permettent l'accouplement, seulement lorsque les arbres sont à l'arrêt, à une vitesse très faible ou identique. Ils sont robustes, économiques et ne demandent presque aucun entretien ni protection.

La tenue en service des embrayages dépend de la correction dans l'alignement, et de la vitesse d'alimentation en air. La pression normale de service est comprise entre 5.5 et 8.5 kg/cm², dans cet intervalle de pression on peut considérer la capacité proportionnelle à la pression d'air.

2.2.6 Les cabestans

Les cabestans ont deux fonctions :

- 1- Le vissage et dévissage de la garniture de forage à l'aide des clés.
- 2- La manutention des charges sur le plancher.

Le treuil OILWELL 840-E est équipé de deux cabestans à commande pneumatique. Ils sont installés sur un arbre situé dans la partie supérieure du treuil, un à gauche pour le dévissage et l'autre à droite pour visser.[10]

Un cabestan se compose d'un tambour coulissant et d'une poupée clavetée sur l'arbre. La traction sur la clé de vissage, ou de dévissage est assurée par le tambour sur lequel est monté à demeure un câble métallique (Fig.II.12).

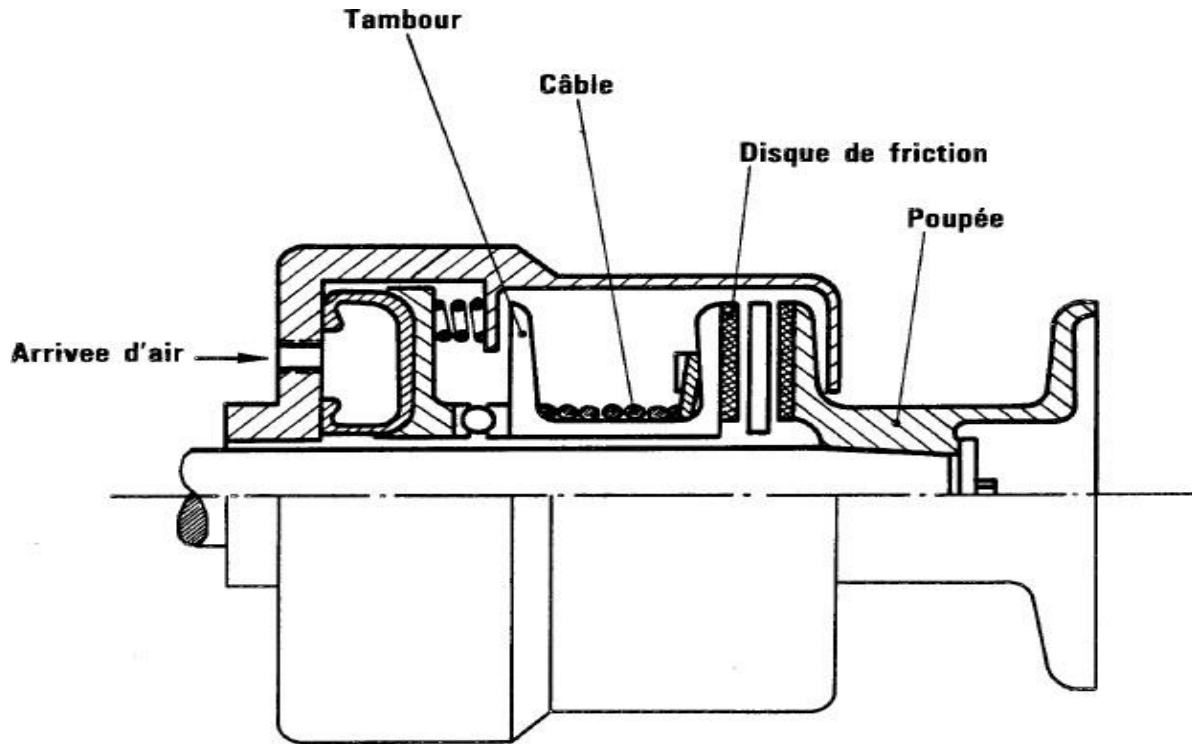


Fig. II. 13. Cabestans à commande pneumatique[8]

La rotation du tambour est assurée par l'intermédiaire d'un embrayage à air qui plaque le tambour sur un disque de friction. La vanne de commande doit permettre un embrayage très doux et progressif, ce qui facilite les opérations de vissage, surtout quand elles sont faites à l'aide d'une chaîne. La force de traction d'un cabestan doit permettre d'obtenir largement les couple de serrage nécessaires au blocage et au déblocage de la garniture de forage.

Le réglage du cabestan est facile et commode. Quant à la poupée, elle ne sert qu'à effectuer les manœuvres au moyen d'une corde, celle-ci n'y est pas fixée en permanence, on l'enroule de quelques tours suivant l'effort à exercer et elle est entraînée quand on tire sur son extrémité libre.

2.2.7 Le tambour de curage

Le tambour de curage 59'' x 12'' $\frac{3}{4}$ (longueur x diamètre) est monté sur l'arbre du cabestan (cathead shaft), c'est-à-dire au-dessus du tambour de manœuvre. Sa conception et sa fabrication sont identiques au tambour de manœuvre.

Le freinage est assuré par un frein mécanique à bandes dont la commande se fait à partir du poste de commande du treuil.

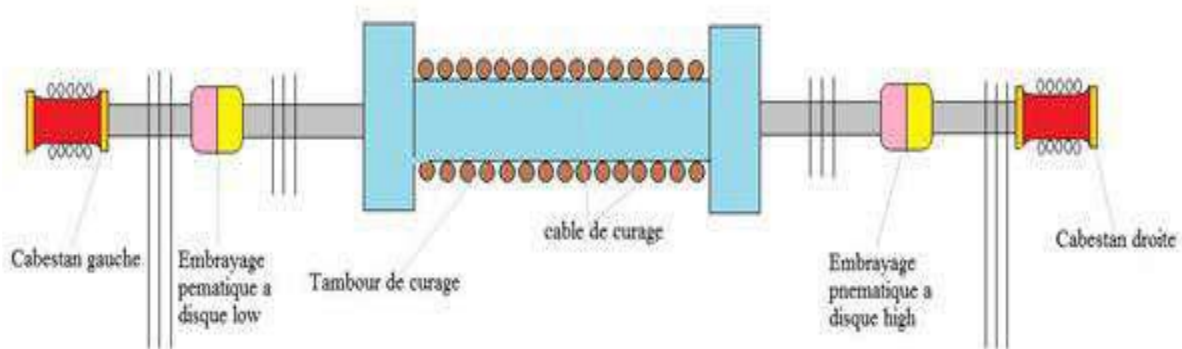


Fig. II. 14. Arbre cabestan (secondaire)[9]

2.2.8 Circuit pneumatique

Les organes du treuil 840-E sont liés à un système de conduite les reliant à un réservoir d'air qui alimente le système d'air avec un débit de 1 à 1.5 m³/min d'air comprimé à une pression minimale de 7 bar et maximale de 12 bar.

Le circuit pneumatique est constitué de :

2.2.8.1 Tableau de commande

Un tableau de commande est généralement positionné à l'avant du treuil pour permettre au maître soudeur d'avoir une vue dégagée du plancher de travail.

Toutes les commandes (embrayages, treuil, moteurs, pompes, accélérateurs et arrêt des moteurs de transmission et éventuellement du groupe indépendant...), et autres accessoires sont réunis dans un ou deux pupitres. Les circuits ne comportent pas de conduites de retour, l'air s'échappe directement dans l'atmosphère, ce qui simplifie l'installation. L'air comprimé est fourni par un ou deux compresseurs entraînés par la transmission.

2.2.8.2 Circuit d'air

Le réservoir d'air est muni de deux valves, la première valve alimente les embrayages de l'arbre tambour et les transmissions (75 psi), la deuxième alimente les autres embrayages et le reste des organes du treuil (110 psi). Le circuit d'air alimente toutes les parties du treuil par des conduites de 1'' ½.

Plusieurs types de valves permettent de commander l'admission et le vidage d'air dans les organes pneumatiques du treuil :

- Relay valve : cette valve fait monter la manette des embrayages et couper l'alimentation des embrayages LOW et HI.
- Relay valve type « S » : Cette valve a 3 voies comporte un orifice « IN » un orifice « OUT » et « SXT », la valve reçoit des signaux à partir de la manette de commande, elle renvoie cette pression en plus grande capacité d'écoulement vers les embrayages.

Grâce à cette valve, le temps de remplissage de la chambre à air est minimal pour permettre un embrayage rapide et une adhérence parfaite.

2.2.8.3 Système de sécurité

Système twin stop

Le twin stop est conçu pour protéger à la fois les mofles et le plancher relatif, en engageant automatiquement le frein à bande du treuil de forage à des points pré réglés dans un sens ou dans l'autre.

Le twin stop est mené par chaîne à partir de l'arbre d'entraînement du tambour principal. Au fur et à mesure que le pignon du twin stop se trouve tourner par le mouvement du tambour, l'arbre de sortie du réducteur de vitesses tourne moins d'un tour complet durant un trajet complet du moufle mobile vers le haut ou vers le bas du mât de forage.

L'arbre de sortie actionne un embrayage faisant tourner le disque de came jusqu'à ce que l'épaulement de la came engage le bras de commande de la soupape pilote jouant le rôle de galet de came. Celui-ci actionne à son tour, la soupape pilote, déclenchant ainsi la soupape de commande à quatre voies qui dirige la pression vers le cylindre pneumatique sur le vérin du frein du treuil arrêtant ainsi le moufle mobile. Lorsque le tambour tourne en sens inverse, la came se trouve tournée dans l'autre sens jusqu'à ce que l'épaulement de la came agite à nouveau le bras de la soupape pilote.

Le réglage des points de butée supérieur et inférieur du Twin Stop s'effectue rapidement et aisément en desserrant deux vis et en repoussant les butées de came.



Fig. II. 15. . Twin Stop[8]

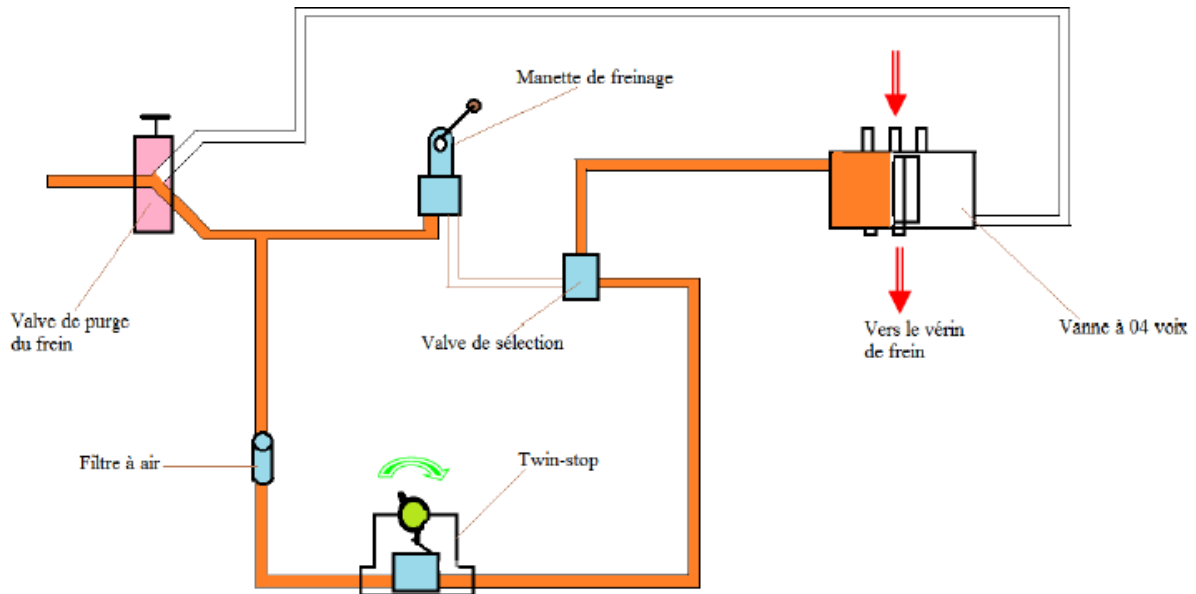


Fig. II. 16. Circuit d'air du Twin Stop[10]

2.2.9 Circuit de refroidissement

Il est important d'avoir une réserve d'eau pour le refroidissement du frein à bande et le frein électromagnétique, la pompe doit refouler un débit d'eau 100 GPM (378 litres par minute) à 50-75 psi pendant un travail normal à cause du diamètre réduit des conduites.

2.2.9.1 Refroidissement de jante de frein à bandes

Un débit d'eau de 50 GPM (189 litres par minute) à environ 45 psi est requis pour refroidir les jantes du frein mécanique.[12]

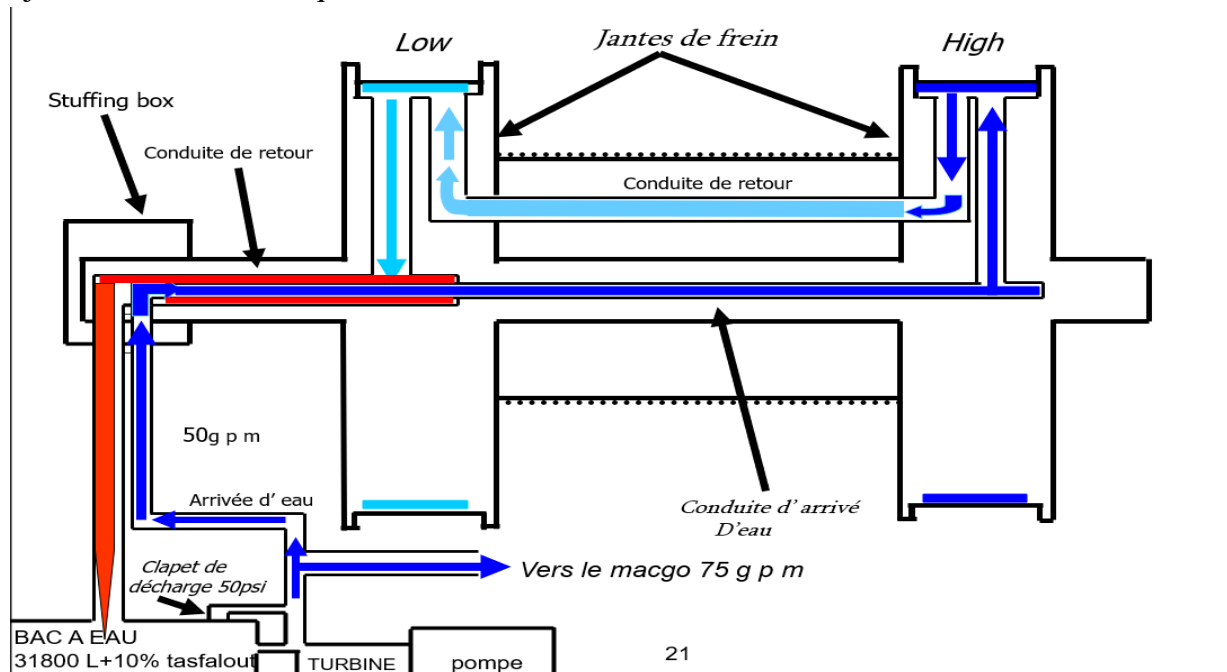


Fig. II. 17. Circuit de refroidissement de jante de frein à bande[11]

Un stuffing box est prévu à l'extrémité de l'arbre-tambour pour permettre l'admission de l'eau de refroidissement à l'intérieur de l'arbre, l'eau traverse l'arbre jusqu'à l'intérieur de la jante du côté HI dans une conduite de diamètre 1'' ½, ainsi la première jante est refroidie, l'eau ressort dans une autre conduite identique en passant à l'intérieur du tambour vers la deuxième jante. Après que les deux jantes se sont refroidies, l'eau sort dans une conduite enveloppant la conduit d'entrée vers le stuffing box puis au réservoir.

2.2.9.2 Refroidissement du frein auxiliaire

Dans le frein électromagnétique, l'eau sert uniquement à dissiper la chaleur dégagée, les conduites d'arrivée et de sortie d'eau doivent être suffisantes avec un diamètre de 3'', la température inférieure à 100°C et un réservoir de circulation doit être au-dessous du niveau inférieur du frein, le débit d'eau nécessaire est de 100 à 200 l/min.[12]

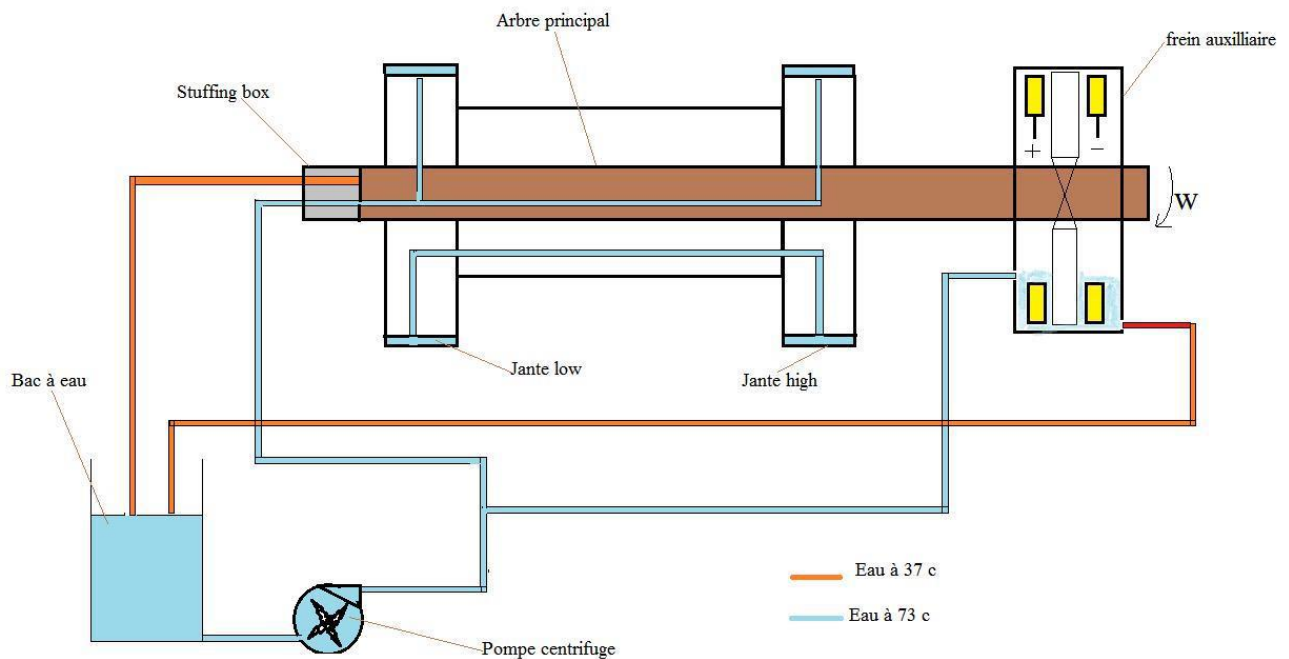


Fig. II. 18. Circuit de refroidissement[10]

2.3 Fonctionnement du treuil OILWELL 840-E

Les deux moteurs électriques (moteur de traction EMD model D79MB) développent une puissance 1400Hp à la boîte de vitesse du treuil, par l'intermédiaire de chaînes le mouvement est transmis à l'arbre-tambour, les embrayages transmettent le mouvement au tambour à des vitesses soit HI ou LOW.[8]

2.3.1 La procédure de sélection de vitesses du treuil OILWELL 840-E

La sélection des vitesses dépend de la charge au crochet.

- 1^{ère} vitesse : LO-LO :

Arrêter les moteurs électriques, freiner l'arbre d'entrée avec le frein d'inertie, enclencher le clabot dans la grand pignon de l'arbre de sortie, remettre les moteurs électriques en marche puis à l'aide de la manette de commande pneumatique alimenter l'embrayage LOW.

Cette vitesse est utilisée pour les grandes charges.

- 2^{ème} vitesse : LO-HI :

Le clabot est toujours enclenché dans le grand pignon de l'arbre de sortie, puis à l'aide de manette de commande on alimente l'embrayage HI du tambour.

- 3^{ème} vitesse HI-LO :

Arrêter les moteurs électriques, freiner l'arbre d'entrée avec le frein d'inertie, enclencher le clabot dans le petit pignon de l'arbre de sortie, remettre les moteurs électriques en marche puis à l'aide de la manette de commande pneumatique alimenter l'embrayage LOW.

- 4^{ème} vitesse : HI-HI :

Le clabot est toujours enclenché dans le petit pignon de l'arbre de sortie, puis à l'aide de la manette de commande on alimente l'embrayage HI du tambour.

2.4 Exploitation et maintenance du treuil OILWELL 840-E

2.4.1 Installation du treuil

- Le treuil de levage ne doit être levé et transporté que séparé en ses deux unités. Pour éviter les dommages aux unités, il faut utiliser les chaînes de transport à la longueur minimale de 12m.
- Il est impératif que le coté inférieur des traîneaux soit horizontal.

2.4.2 Avant l'installation du treuil

- Les traîneaux du treuil sont appropriés à presque tous types d'installations.
- Il faut prendre note que les traîneaux ont une haute résistance au pliage, mais relativement moins résistants à la torsion. C'est pourquoi, il faut maintenir les arbres, systèmes d'entraînement, etc... du treuil de levage en alignement correct.
- La substructure en dessous des traîneaux du treuil de levage doit être plane et adéquate pour supporter le poids et le forces opératrices.
- Toutes les substructures doivent être planes à la tolérance de +/- 1.0mm pour assurer que tous les points de contact sont chargés également.
- Contrôler la place pour sa planéité. Elle doit être absolument libre de toute boue, débris, huile et graisse.[12]

2.4.3 Instructions de prédémarrage

Il faut effectuer les vérifications suivantes avant le démarrage du treuil :

- La vérification du puisard d'huile et le carter du treuil de la présence de saletés ou d'eau.
- Vidange et nettoyage si nécessaire.
- Remplir le puisard d'huile avec de l'huile de chaînes.
- Graisser tous les points équipés avec des garnitures d'alémitte hydrauliques de graissage.
- Lubrification des moteurs selon les instructions fournies par le fabricant.
- Vérifier la jauge de pression d'huile de transmission sur le panneau de contrôles pour s'assurer que le système d'huile est pressurisé après que l'appareil de forage est en opération.
- Les conduites à air doivent être soufflées pour qu'elles soient libres des impuretés avant d'être raccordées au traîneau du treuil de levage.
- Il faut vérifier la circulation de refroidissement d'eau dans les jantes de frein du tambour
- Vérifier les fonctions finales de tous les contrôles pour s'assurer qu'ils opèrent adéquatement.
- Installer le câble de forage avec le collier de serrage. (Le collier de serrage du câble de forage se trouve dans la bride du tambour du côté rotary) l'écrou de serrage, le tuyau et collier.
- Installation de tous les gardes sécuritaires.[12]

2.4.4 Exploitation du treuil

Puisque les treuils de forage sont prévus pour l'exploitation de longue durée, il est nécessaire de maintenir tous les ensembles en bon état de fonctionnement, il convient de faire attention particulièrement au système de freinage, avant de forer un puit, il faut visiter sans manquer le système de freinage principal, le levier de frein en état débloqué se trouve en position presque verticale (l'angle d'inclinaison par rapport à la verticale est jusqu'à 10°), l'espace libre entre les sabots et les poulies de frein doit être uniforme avant de commencer le forage, généralement de l'ordre de 1 à 2mm.

Si l'espace libre dépasse 8 à 10mm, il importe de régler les freins, lorsque l'espace libre est irrégulier suivant la circonférence, régler les ressorts de rappel.

Au freinage, tous les sabots des bandes de frein doivent être uniformément et fortement serrés contre les poulies, l'espace libre entre le rebord latéral et les sabots doit être uniforme des deux côtés, le déplacement du sabot dépassant 4mm n'est pas tolérable, le balancier doit être strictement horizontal en état bloqué et le poigné de freinage doit être incliné de 70° à 80° par rapport à la verticale.

Pendant les opérations de montée et de descente, le crochet déchargé descend lentement, cela signifie que les sabots se frottent contre les poulies et les rebords.

L'usure des sabots de frein se caractérise par ce que le freinage ne se réalise pas, bien que le levier de freinage se trouve en position inférieure, de tels sabots doivent être remplacés.

A la descente de la colonne on utilise obligatoirement le frein auxiliaire qui ne doit être mis en action qu'après la descente de 10 à 15 longueurs de tiges, pendant l'exploitation du treuil, il est interdit de tolérer une grande surchauffe de frein à bande, à la constatation de la surchauffe du frein, la descente doit être arrêtée pour le refroidir, l'arrosage de l'extérieur n'est pas admissible pour ne pas provoquer des fissures sur les poulies.

Un chauffage fort des freins munis de système de refroidissement par l'eau témoigne de l'absence d'eau dans le système, si l'on constate un surchauffage du frein principal, lorsque le frein auxiliaire est aussi mis en action cela indique une panne du frein auxiliaire.

Dans le frein hydrodynamique le surchauffage peut avoir lieu par suite d'une quantité insuffisante d'eau employé pour son refroidissement ; dans le frein électrique, à cause d'un courant d'excitation faible ou bien d'une rupture des fils conducteurs.

Au cours de l'exploitation du treuil on doit aussi contrôler la fixation du câble au tambour et son enroulement, si l'enroulement du câble n'est pas correct, on arrête le travail, descendre le crochet et enrôler de nouveau le câble.

Les règles de graissage et d'entretien des mécanismes des treuils sont identiques pour toutes les constructions, elles sont exposées dans la notice d'usine.

Il est interdit d'utiliser les sabots des freins et des accouplements de débrayage qui sont usées jusqu'au métal. Il convient de remplacer les sabots par lots.

L'apparition des coups brusques ou un mouvement par cascades dans les transmissions par chaînes pendant leur embrayage témoigne de ce que les chaînes sont devenues allongées et infléchies.

L'emploi de ces chaînes peut amener à leur rupture, pour remédier à ce défaut on doit tendre les chaînes, les remplacer, une tension forte de la chaîne est inadmissible également.

La réparation courante des ensembles du treuil s'effectue sur l'installation de forage, une fois terminé on doit soumettre l'ensemble réparé à l'essai en marche à vide.

Les défauts importants des treuils sont réparés dans l'atelier de réparation.[9]

2.4.5 Maintenance du treuil

2.4.5.1 Maintenance préventive quotidienne

La prévention quotidienne doit être appliquée à tous les équipements de l'appareil sans exception, elle doit être faite chaque jours par les mécaniciens.

Le chef mécanicien et le chef de chantier doivent veiller strictement à sa réalisation, au contrôle et ils sont les seuls responsables.

2.4.5.1.1 La maintenance préventive quotidienne du treuil de forage :

- Contrôle visuel et auditif.
- Contrôle des alignements des bandes.
- Contrôle de l'état des patins.
- Contrôle de tout le système de freinage.
- Contrôle du niveau d'huile des chaînes.
- Contrôle du serrage des vis des patins.
- Graissage général de tout le treuil.
- Contrôle du système de maintien circonférentiel des bandes de frein.
- Contrôle des fuites d'huile et de l'étanchéité des carters.
- Contrôle du refroidissement du treuil par vérification du retour d'eau.
- Contrôle des valves de décharge des embrayages.

Contrôle d'état des cabestans, fuites d'air ou d'huile, l'enroulement du câble sur le tambour et l'état de freinage.

- Contrôle d'état de la clé automatique, tous les éléments tournants, l'état des pignons et des mâchoires et graissage général. .[9]

2.4.5.2 Maintenance préventive systématique

La maintenance systématique consiste à intervenir selon un échéancier, ou sur une base d'unité d'usage du matériel pour détecter les anomalies, ou les usures prématurées et remédier avant qu'une panne se produise.

5.3.1.2 La maintenance systématique du treuil OILWELL 840-E se fait suivant le tableau

Périodicité des interventions	Opérations
Journalier	<ul style="list-style-type: none"> - Contrôle du niveau d’huile. - Graissage des roulements (manifold). - Graissage (water stuffing). - Graissage des pignons baladeur. - Contrôle gicleurs d’huile. - Graissage des roulements poupées. - Vérification du niveau d’huile. - Graissage des roulements palier principal. - Graissage des roulements palier latéral. - Vérification de pression d’huile.
Hebdomadaire	<ul style="list-style-type: none"> - Graissage des roulements countershaft. - Graissage des rouleaux guide-câble. - Graissage des roulements treuil de curage. - Graissage de l’embrayage countershaft. - Graissage des roulements pignons High&Low. - Graissage de clabot de frein auxiliaire. - Vérification de la pression d’air. - Vérification du rotor seal.
Manœuvre	<ul style="list-style-type: none"> - Contrôle du réglage de l’equalizer.
Mensuel	<ul style="list-style-type: none"> - Vérification relais valves. - Vérification de la tension des chaînes de transmission.
Déménagement	<ul style="list-style-type: none"> - Contrôle et réglage des alignements. - Vidange et nettoyage crépines d’aspiration. - Vérification de l’état de l’embrayage pneumatique à disque. - Contrôle de l’usure de la jante.
Trimestriel	<ul style="list-style-type: none"> - Vérification de la tension chaîne de graissage. - Contrôle de la tension des chaînes.
Semestriel	<ul style="list-style-type: none"> - Vérification de la tension chaîne de graissage. - Nettoyage crépine d’aspiration. - Vidange et rinçage carter d’huile. - Alimentation des cylindres à air. - Vérification de la pompe de graissage.

Annuel	<ul style="list-style-type: none"> - Démontage et nettoyage (air valve). - Contrôle d'usure des patins de frein. - Contrôle d'usure des patins d'embrayage. - Contrôle d'usure du tambour. - Contrôle des jeux de roulements. - Contrôle de l'usure des jantes. - Vérification de l'état de la denture du pignon d'entraînement.
--------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tableau II. 4. Plan de Maintenance systématique du Treuil OILWELL 840-E[9]

2.4.5.3 Maintenance conditionnelle

La maintenance conditionnelle est mise en action par l'état de l'équipement.

- Mesure des vibrations et des bruits.
- Mesures de température.
- Mesure de pression dans les différents organes.
- Analyse des vibrations : il se fait dans les atelier de réparation situés à la base industrielle.
- Analyse des huiles. [9]

2.4.5.4 Entretien général des freins

Les freins mécanique exigent des vérifications périodiques quant à l'usure des garnitures et des jantes de frein. On peut procéder très facilement à une inspection visuelle en enlevant le couvercle avant du treuil. Une vérification et une bonne estimation de l'usure peuvent être effectuées.

Dans les conditions normales du treuil, une garniture de bonne qualité et bien installée, doit pouvoir assurer pendant le forage de cinq ou six puits de profondeur moyenne, un service de freinage correct et des jantes de frein entretenues doivent durer pendant une année de service ou plus.

Le remplacement des garnitures des freins et la vérification minutieuse de l'usure des jantes de freins sont habituellement réalisés pendant les temps d'arrêt est inévitable. Pour cette opération, le carter avant du treuil est dégagé, et les axes du palonnier ou des attaches de bandes des freins sont sortis ainsi que ceux des extrémités opposées, et les bandes sont soulevées à la main. L'utilisation du cabestan ou de tout autre moyen peuvent gauchir ou ovaliser les bandes de frein. Tandis que la nouvelle garniture remplace l'ancienne, on vérifie l'état d'usure des jantes de frein et on mesure la profondeur des gorges les plus profondes ; l'usure maximale tolérée au point de vue sécurité, sur les treuils modernes est d'environ 6mm ; et si l'usure est plus importante, l'ensemble doit être envoyé à l'atelier pour que de nouvelles jantes soient installées et que les anciennes soient rechargées et réusinées.

Après que de nouvelles jantes et de nouvelles garnitures aient été installées, et les freins remontés, on doit procéder au réglage, en commençant par une faible tension sur les bandes de frein. Avant de manœuvrer à pleine charge, le moufle est descendu plusieurs fois à vide. En pressant sur le levier de frein et par effet de brûlage on adapte la nouvelle garniture aux nouvelles bandes. On vérifie à nouveau l'espace libre entre garniture et jante, levier relevé et réglé au serrage désiré.

L'usure d'une jante augmente d'autant plus que son épaisseur diminuera et dissipera plus difficilement la chaleur.

Pour obtenir un refroidissement maximum des jantes de frein, on doit utiliser une pompe à eau indépendante. Lorsque les jantes de frein sont mises en circulation par des pompes différentes, on augmente la durée d'utilisation des jantes de frein.

Ces pompes à eau entraînées à partir du compound ne fournissent pas un bon refroidissement car elles tournent à faible régime lors de la descente des tiges dans le trou, soit à l'instant où les freins dégagent une grande quantité de chaleur.

La vie des jantes peut également être allongée par un bon entretien et une bonne lubrification de la timonerie des freins, des axes, du palonnier, des arrêts de sécurité et des rouleaux de bandes de frein ou des ressorts. Une bande de frein bien réglée maintiendra la garniture libre et tout contact avec la jante de frein lorsque le levier sera en position haute.

Dans les régions où l'eau de refroidissement contient une grande quantité de sels en solution, ceux-ci vont se déposer sur la surface inférieure de la jante de frein et diminuer considérablement l'évacuation de la chaleur, ce qui fait croître l'usure rapidement.

Lorsqu'on appuie sur le levier de frein, l'extrémité de la bande de frein reliée au palonnier touche normalement d'abord la jante et prend la plupart de la tension dans la bande par suite de l'effet d'auto-serrage, c'est pourquoi les garnitures situées du côté du palonnier présentent toujours plus d'usure que celles du côté timonerie de frein. [9]

2.5 Conclusion

Le frein principal du treuil est un composant important qui peut facilement s'user, notre but est de planifier une maintenance qui assure une disponibilité supérieure de ces freins en utilisant la méthodologie Lean six sigma qu'on va adresser dans le prochain chapitre.

Chapitre 3 : La méthodologie Lean six sigma et ses outils

3.1 Introduction

Depuis les années 1980s, il y avait un intérêt croissant dans l'application de la méthodologie Six Sigma dans plusieurs industries. Six sigma est un outil bien accepté pour l'amélioration des processus et contrôle de qualité. Il s'agit d'une méthodologie et processus structurés, disciplinés et basés sur des données pour améliorer les performances de l'entreprise, en mettant l'accent sur la voix du client (VOC) et l'utilisation d'outils d'analyse statistique. Au début des années 2000, six sigma a été combiné avec le principe Lean pour devenir Lean Six Sigma (LSS) afin d'atteindre l'excellence commerciale et opérationnelle. Dans ce chapitre on va développer sur l'historique de LSS et ses outils.

3.2 Historique

L'utilisation des statistiques dans la fabrication a commencé dans les années 1920 aux Laboratoires Bell par Dr. Walter A. Shewhart, Dr. Harold Dodge et Dr. Harry Romig. L'armée a adopté l'utilisation des statistiques dans les années 1940 au cours de la seconde guerre mondiale. Dans les années 1950, Dr. Edward Deming, Dr. Joseph M. Juran, et Armand V. Feigenbaum ont apporté des contributions significatives au domaine de l'ingénierie de la qualité en développant le système de management de qualité totale (TQM). Dans les années 1950, Dr. Genichi Taguchi a popularisé le concept conception d'expériences (DOE) pour améliorer la qualité des produits. L'industrie de fabrication japonaise a considérablement amélioré la qualité grâce à l'utilisation vaste de méthodes statistiques tel que TQM. Les japonais ont tellement bien réussi dans le contrôle de qualité que les consommateurs américains préféraient leur produits aux produits locaux. En conséquence, les fabricants japonais ont bénéficié d'importantes part de marché aux Etats-Unis, notamment sur les marchés de l'automobile et de l'électronique grand public. Pour répondre aux besoins de ses clients, Toyota a créé le système de production Toyota (TPS) afin de livrer des produits de bonne qualité, en bonne quantité et au bon prix. Cela marquait le départ de la production Lean. Lean est une méthodologie qui sert à identifier et éliminer les étapes qui n'ajoutent aucune valeur dans un processus. Ces étapes gaspillent des ressources et augmentent la probabilité de défaillance, en les éliminant on peut accélérer le processus et réduire les coûts.

En 1980, les entreprises américaines ont fait d'énormes progrès pour rattraper leurs homologues japonais. Six Sigma a été développé comme résultat de ce progrès.

En 1986, Six Sigma a été introduite par Motorola, créée par William Smith et Mikel Harry comme un processus d'amélioration de qualité. Plusieurs entreprises ont adapté la méthodologie après sa création. Six sigma concentre sur la réduction de variations et défauts dans la performance d'un produit ou un processus, La performance d'un produit varie légèrement d'une unité à l'autre, quand cette variation dépasse un seuil, l'unité est considérée défaillante, les unités défaillantes sont testées, réparées, remplacées, recyclées ou supprimées.

Au sens statistique, un processus Six Sigma produit 3.4 défauts par million d'opportunités (DPMO). Cependant, l'objectif d'un projet Six Sigma peut être d'arriver à cinq Sigma, trois Sigma ou bien huit Sigma, tout dépend de la situation.

Plusieurs experts notaient que l'application de Six Sigma n'est pas suffisante pour toutes les situations. Parfois, il est nécessaire de décaler la moyenne en plus de réduire la moyenne. M. George est crédité comme le premier à proposer la combinaison de Lean et Six Sigma dans son ouvrage « Lean Six Sigma : Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed ». Cette nouvelle méthodologie, Lean Six Sigma, prend les avantages de tous les deux : élimination des déchets et accélération des opérations de Lean, et la réduction de variation de Six Sigma. Lean Six Sigma (LSS) est plus efficace que Lean ou Six Sigma individuellement. Par conséquent, elle est devenue de plus en plus populaire comme un outil d'excellence opérationnelle par l'utilisation des outils de Lean et Six Sigma combinés.[13][14]

3.3 Lean

Lean est la pratique d'élimination des déchets dans tout aspect de production. Elle a pour but d'utiliser moins d'efforts humains, inventaire et temps à répondre aux demandes des consommateurs, moins de temps pour développer les produits et moins d'espace pour produire une meilleure qualité tout en étant le plus efficace et économique possible.

3.3.1 Élimination des déchets

Le principe essentiel du Lean est d'éviter toute forme de gaspillage. C'est plus facile à dire que de le faire. Souvent, on ne reconnaît pas le gaspillage ou on croit qu'il est inévitable.

Pour sensibiliser au gaspillage, il est utile de garder à l'esprit les huit types de déchets. Huit types de déchets. Vous trouverez ci-dessous les huit types de gaspillage illustrés par des observations et des exemples typiques du processus de maintenance. D'observations et d'exemples typiques du processus de maintenance[15][18] :

3.3.1.1 Surproduction

Par exemple, maintenance effectuée plus souvent que nécessaire ou composants remplacés trop tôt que nécessaire.

3.3.1.2 Utilisation inappropriée de la technologie

Par exemple, pince pour pompe à eau au lieu d'une clé à molette.

3.3.1.3 L'attente

Par exemple l'attente d'un permis de travail ou l'attente de matériel ou de pièces de rechange.

3.3.1.4 Transport inutile

Par exemple, pour des outils et des accessoires qui ont été stockés dans des endroits inappropriés ou envoyés à des endroits différents en raison d'erreurs de planification.

3.3.1.5 Déplacements inutiles

Par exemple, pour rechercher des outils ou de la documentation, une mauvaise coordination des travaux, et un processus compliqué d'autorisation des travaux.

3.3.1.6 Inventaire élevé

Par exemple, inventaire excessif de pièces de rechange, inventaires non officiels, et trop de bons de travail ouverts.

3.3.1.7 Les reprises et les rebuts

Par exemple, l'exécution incorrecte d'un travail d'entretien et la nécessité de le reprendre, avec les rebuts correspondants des pièces de rechange et des matériaux.

3.3.1.8 L'intelligence inutilisée

Par exemple, ne pas demander aux techniciens un retour d'information sur leurs processus. Les personnes qui sont les plus proches du processus (dans l'atelier) ont les meilleures idées.

3.3.2 Concepts de Lean

Une entreprise Lean est définie par plusieurs domaines autonomes.

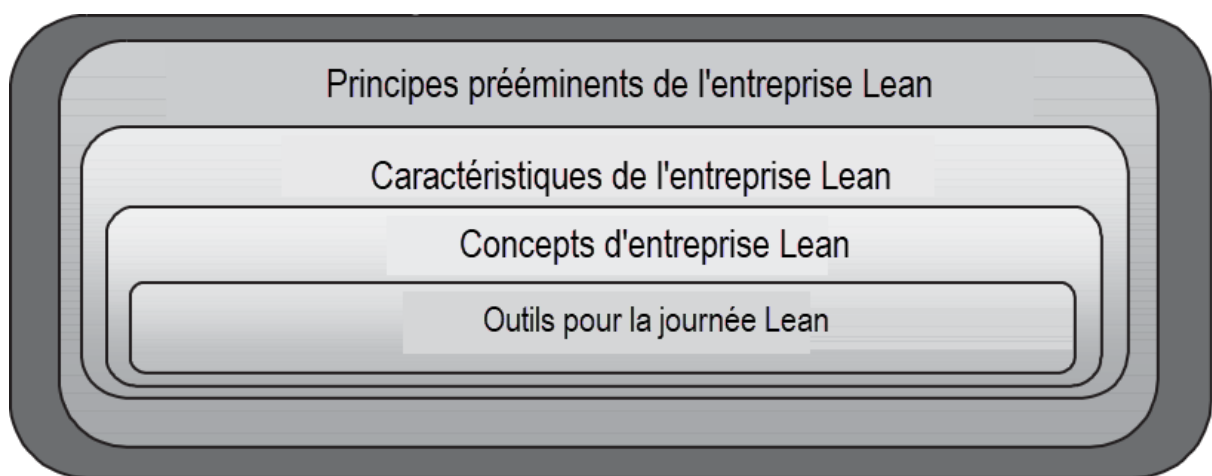


Fig. III. 1. Entreprise Lean

D'abord, il y a les principes prééminents de Lean qui dominent tout aspects des pratiques des entreprises. Dans cet enveloppe on trouve les caractéristiques d'opération, puis les concepts sous lesquels opérait l'entreprise et les outils utilisés.

Les principes prééminents :

- Centré sur les clients.
- Faire plus avec moins (élimination des déchets).
- Qualité à la source.

Principe d'implémentation :

- Spécifier (valeur).
- Carte (Processus/flux de valeur).
- Appliquer (flux de processus).
- Sélectivité (Pull).

- Amélioration continue (perfection).

Caractéristiques :

- Standardize-Do-Check-Act (SDCA) à Plan-Do-Check-Act (PDCA).
- Qualité la première fois, chaque fois.
- Le prochain processus de la chaîne de production est votre client.
- Market-in vs. Product-out.
- Structure de gestion en amont.
- Laisser les données parler.
- Contrôle de variabilité et prévention de récurrence.

Concepts :

- Réduction du gaspillage.
- Valeur ajoutée.
- Valeur non ajoutée.
- Identification de déchets.
- Toyota production system (TPS).
- Chaîne d'approvisionnement intégrée.
- Amélioration de la valeur client.
- Organisation créatrice de valeur.
- Gestion engagée.
- Gagner l'engagement des employés/responsabiliser les employés.
- Fiabilité d'équipements optimisée.
- Systèmes de mesure (Performance Lean).
- Planter de larges lignes de communication.
- Faire et soutenir le changement culturel.

Outils :

- Processus 5-S.
- Efficacité globale des équipements (OEE).
- Single minute exchange of dies (SMED)/Quick changeover Total Productive Maintenance (TPM).
- Les sept déchets mortels.
- Flux de travail standardisé (TAKT Time).
- Flux de valeur.
- Kanban (système Pull et repères visuels).
- Jidoka (Qualité à la source).
- Poka-Yoke (correction d'erreurs).
- JIT (Just in time).

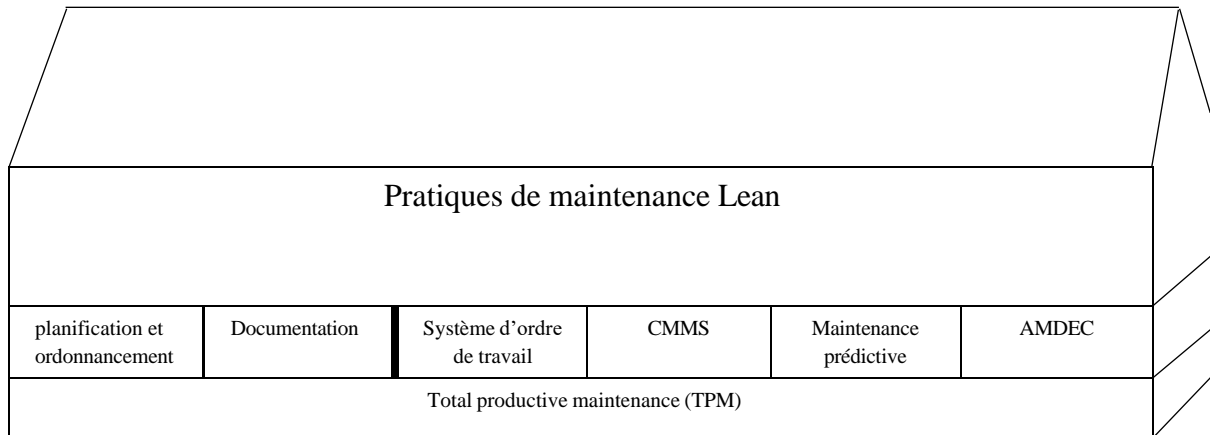


Fig. III. 2. Pratiques de maintenance Lean[14]

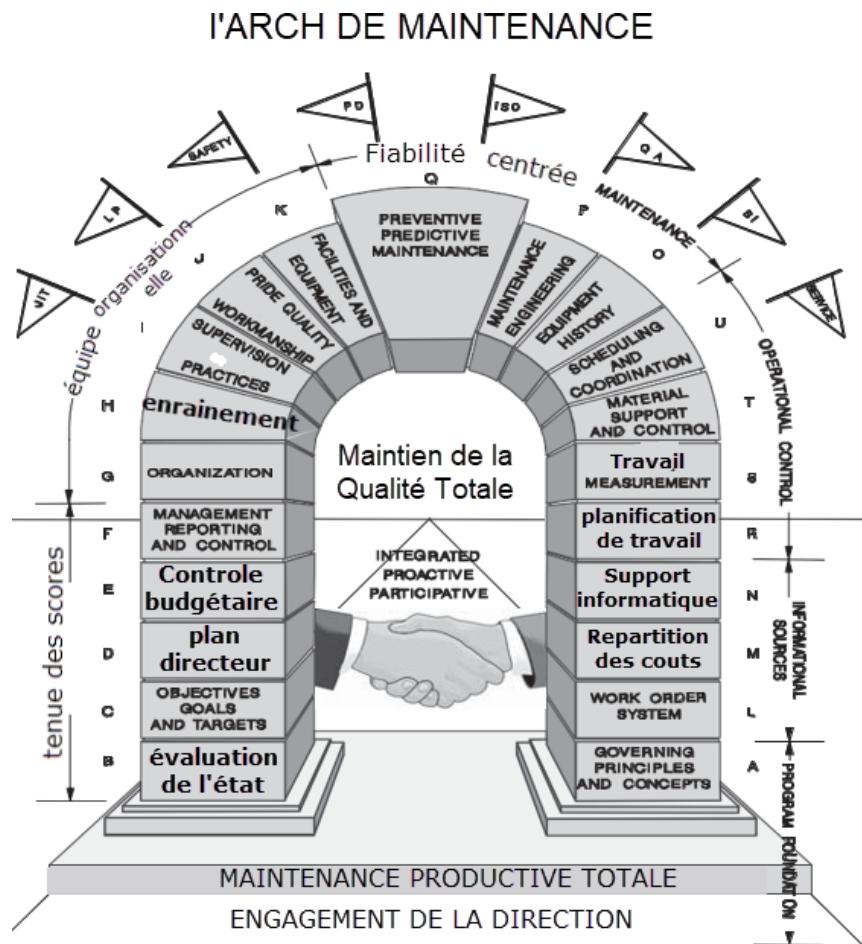


Fig. III. 3. Arch de maintenance[14]

3.4 Six Sigma

Six Sigma est une implémentation rigoureuse, concentrée et effective de techniques et principes de qualité prouvées. Incorporant le travail de nombreux pionniers de qualité, Six Sigma vise une performance pratiquement sans erreur. Sigma, σ , est une lettre grecque utilisée par les statisticiens pour mesurer la variabilité d'un processus. La performance d'une entreprise est mesurée par le niveau sigma de son processus. Les entreprises ont traditionnellement accepté un niveau Sigma de 3 à 4 comme norme, mais ça se traduit à 6,200 jusqu'à 67,000 problèmes par million d'opportunités. Six Sigma résulte à 3.4 problèmes par million d'opportunités.

3.4.1 L'équipe d'un projet Six Sigma

Les rôles des membres de l'équipe sont basés sur les meilleures pratiques d'amélioration des processus Six Sigma, mais les meilleures pratiques disent aussi que les équipes et les chefs d'équipe ne doivent pas être trop rigides. Les responsables et les experts Six Sigma expérimentés savent comment travailler dans le cadre des meilleures pratiques tout en créant des structures d'équipe uniques, adaptées au projet ou au processus en cours.[16]

3.4.1.1 Sponsors et champions

Dans la plupart des environnements six sigma, il s'agit des responsables de haut niveau qui supervisent les projets au plus haut niveau. Même la ceinture noire doit rendre compte au sponsor ou au champion du projet. Le chef de file est généralement responsable du résultat final d'un projet, ce qui signifie qu'il souhaite obtenir des rapports réguliers sur l'avancement du projet. Parfois, le sponsor ou le champion assure la liaison entre l'équipe et le conseil de direction. En tant que leader principal, le champion ou le sponsor est également chargé d'aider l'équipe à obtenir des fonds et des ressources pour assurer la réussite du projet. Parmi les autres fonctions de ce rôle, citons :

- Coaching de l'équipe, notamment au stade de la charte du projet. Le sponsor donne souvent son avis sur la portée d'un projet et sur les personnes susceptibles de faire partie de l'équipe.
- Trouver des ressources pour l'équipe, y compris le soutien d'autres départements, l'argent, les équipements, le temps et les heures de travail.
- Travailler avec d'autres responsables au sein de l'organisation pour aider l'équipe à réussir à améliorer un processus et à transposer les améliorations à un environnement de travail quotidien.

3.4.1.2 les propriétaires d'entreprises ou de processus

Le propriétaire de l'entreprise ou du processus est généralement une personne qui est directement responsable du processus dans le cadre d'une fonction de direction. En général, le propriétaire du processus est la personne qui va "recevoir" une solution mise en œuvre par une équipe Six Sigma une fois que cette solution est prête à être déployée auprès de tous les membres de l'équipe ou à être utilisée au quotidien. Pour cette raison, le propriétaire du processus est généralement inclus dans l'équipe car il doit comprendre comment et pourquoi tout changement est effectué. Le propriétaire du processus doit également connaître les méthodes de contrôle créées par l'équipe Six Sigma, car il sera responsable du maintien et du

suivi de ces contrôles une fois que le processus sera passé de l'environnement de l'équipe à la production quotidienne.

3.4.1.3 Les leaders Six Sigma

Les projets de SS sont généralement dirigés par des ceintures noires certifiées, bien que certaines organisations permettent aux ceintures vertes d'agir en tant que leaders sur de petites initiatives, avec un retour d'information et des conseils occasionnels de la part des ceintures noires. Dans la plupart des organisations, la ceinture noire assume la responsabilité principale du travail régulier effectué par une équipe et ne travaille généralement qu'avec une seule équipe ou un seul projet à la fois.

Les chefs de projet ceinture noire travaillent souvent pour :

- Contribuer à la justification d'un projet.
- Contribuer à la sélection des membres de l'équipe de projet.
- Diriger les équipes pendant toutes les phases de DMAIC.
- former et soutenir les membres de l'équipe dans leur apprentissage et leur utilisation des outils de SS.
- Assurer la supervision par la gestion du temps, la prise de décision et la planification.
- Maintenir les calendriers et les échéanciers, parfois en collaboration avec un gestionnaire de projet certifié.
- Fournir une expertise sous forme d'analyse statistique ou de conseils en matière d'analyse.
- Aider à la transition des projets.
- Faire un rapport au sponsor ou au champion sur une base régulière.
- Fournir une documentation à la fin du projet.

Dans certaines organisations, les Maîtres ceintures noires jouent un rôle global dans la direction de plusieurs projets SS, les Maîtres ceintures noires jouent le rôle de coaches pour plusieurs équipes ; les Ceintures Noires qui dirigent l'équipe SS peuvent travailler avec les Maîtres Ceintures Noires pour résoudre des problèmes particulièrement difficiles ou demander de l'aide pour des statistiques complexes. Les maîtres ceintures noires dispensent une formation continue aux ceintures noires et vertes, aidant ainsi les membres de l'équipe à améliorer constamment leur maîtrise des méthodologies Six Sigma.

3.4.1.4 Membres de l'équipe

La sélection des membres pour chaque rôle est la responsabilité du chef de projet, du sponsor ou du champion, et de l'équipe de direction de l'organisation dans son ensemble. En plus du chef de projet, du propriétaire du processus et de l'expert en processus, les équipes SS sont généralement composées d'un à trois membres réguliers. En plus d'agir en tant que chronométrateur ou scribe selon les instructions du chef d'équipe, les membres de l'équipe doivent également [16]:

- Participer à des séances de réflexion, des discussions et d'autres activités d'équipe.
- Collecter des données et effectuer des analyses sous la direction de la ceinture noire.
Souvent, les membres de l'équipe qui remplissent ces fonctions sont des ceintures vertes.

- Effectuer des travaux entre les réunions, à la demande du chef de projet.
- Rendre compte à l'équipe des résultats et de l'avancement des missions individuelles.
- Examiner le travail effectué par les autres membres de l'équipe et l'équipe dans son ensemble, en offrant des suggestions et des commentaires.

3.4.2 Outils et techniques Six Sigma

Les outils utilisés dans Six Sigma sont les mêmes outils utilisés dans le contrôle de qualité et par les statisticiens :

- 1- Ils sont enseignés dans le cadre d'un modèle d'amélioration bien défini connu sous le nom DMAIC (Tableau III.1).
- 2- Ils sont appliqués immédiatement sur des projets réels conçus pour délivrer des résultats tangibles pour une partie prenante identifiée.

Les outils Six Sigma sont souvent appliqués dans un modèle simple d'amélioration de performances connu par Define-Measure-Analyze-Improve-Control, ou DMAIC. DMAIC est utilisé quand le but d'un projet peut être accompli par l'amélioration d'un produit déjà existant, processus ou service.[17]

D	Définir le but de l'activité d'amélioration. Les buts les plus importants sont obtenus des consommateurs. Au niveau des opérations, l'objectif peut être d'augmenter le débit d'un département de production. Au niveau du projet, l'objectif peut être de réduire le niveau de défauts ou d'augmenter le débit pour un processus particulier. Les buts sont obtenus par communication avec les clients, actionnaires et salariés.
M	Mesurer le système existant. Établir des mesures valides et fiables pour aider à suivre les progrès vers l'objectif défini à l'arrêt précédent.
A	Analyser le système pour identifier les moyens d'éliminer l'écart entre la performance actuelle du système ou processus et l'objectif souhaité. Commencer par déterminer la ligne de base actuelle. Utiliser une analyse exploratoire et descriptive des données pour aider à comprendre les données. Utiliser des outils statistiques pour guider l'analyse.
I	Améliorer le système. Être créatif pour trouver de nouvelles façons de faire les choses mieux, moins cher ou plus rapidement. Utiliser la gestion de projet et d'autres outils de planification et de gestion pour mettre en œuvre la nouvelle approche. Utiliser des méthodes statistiques pour valider l'amélioration.
C	Contrôler le nouveau système. Institutionnaliser le système amélioré en modifiant les systèmes de rémunération et d'incitation, les politiques, les procédures, le MRP, les budget, les instructions de fonctionnement et les autres systèmes de gestion. Utiliser la normalisation pour s'assurer que la documentation est correcte. Utiliser des outils statistiques pour surveiller la stabilité des nouveaux systèmes.

Tableau III. 1. DMAIC[18]

DMAIC fait une partie intégrale de six sigma, elle fournit un cadre utile pour mener des projets Six Sigma.

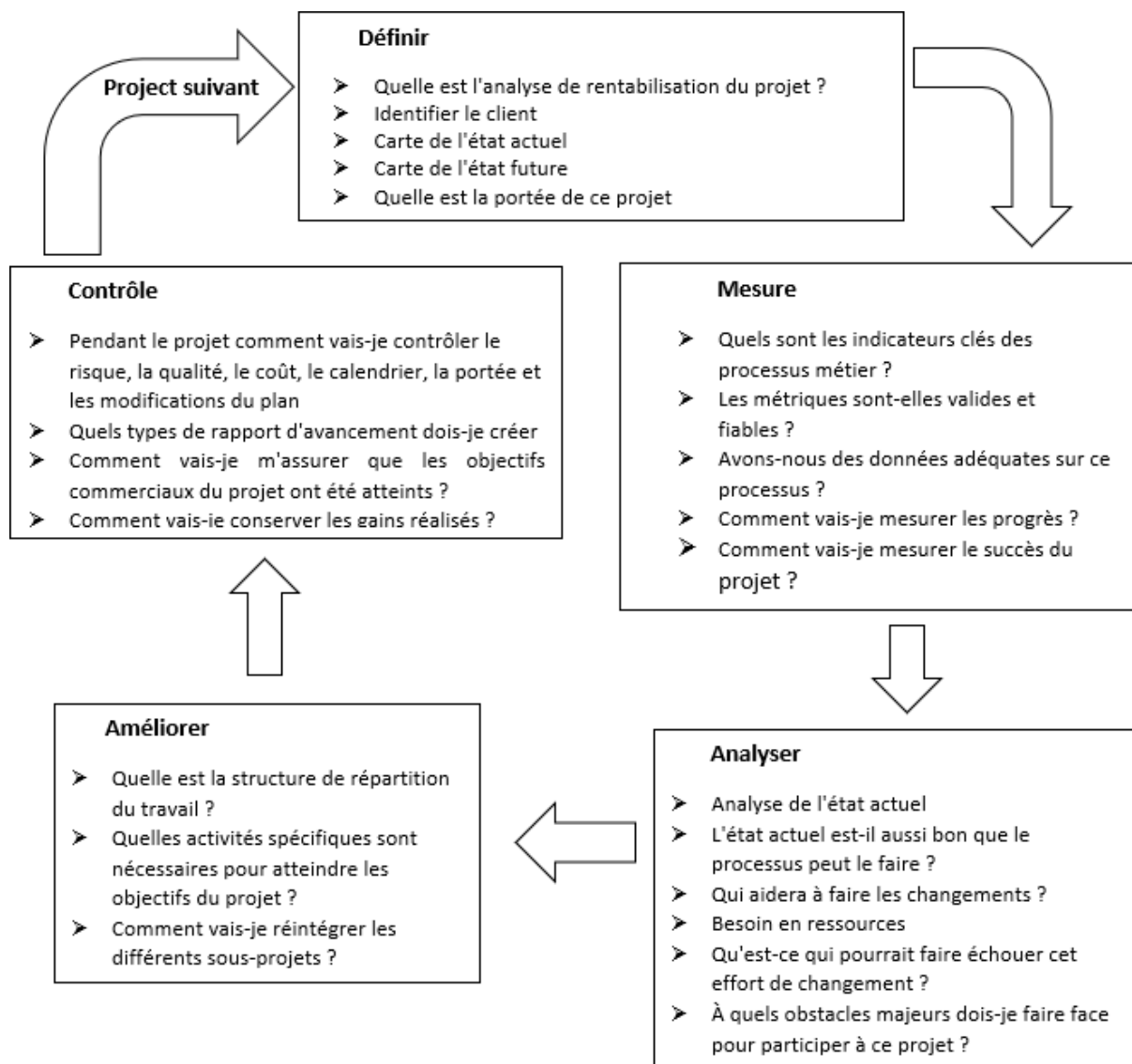


Fig. III. 4. Utilisation de DMAIC dans un projet Six Sigma.

Le tableau III.2 contient une liste d'outils utilisés sous chaque étape de DMAIC.

Étape	Outils Six Sigma
Définir	<ul style="list-style-type: none"> • Charte de projet. • Outils VOC (Sondages, groupes de discussion, lettres, cartes de commentaires...). • Carte de processus. • Analyse comparative. • QFD, SIPOC.

Mesure	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse du système de mesure. • Analyse exploratoire des données. • Statistiques descriptives. • Exploration des données. • Graphiques. • Analyse Pareto.
Analyse	<ul style="list-style-type: none"> • Diagrammes cause-effet. • Diagrammes arbre. • Réflexion. • Diagrammes de comportement de processus (SPC). • Carte de processus. • Design of experiments. • Statistiques énumératives. • Statistiques déductives. • AMDEC. • Simulation.
Amélioration	<ul style="list-style-type: none"> • Diagramme de champ de force. • Outils 7M. • Outils de planification et management de projets. • Prototypes et études pilotes.
Contrôle	<ul style="list-style-type: none"> • SPC. • AMDEC. • Normalisation. • Changement de budgets, modèles d'appels d'offres, modèles d'estimation des coûts. • Système de rapports.

Tableau III. 2. Outils DMAIC[18][19]

Une deuxième approche, utilisée quand le but est de développer ou radicalement redéfinir un produit, processus ou service, Define-Measure-Analyse-Design-Verify, ou DMADV (Tableau III.3.). DMADV fait partie des outils Design for Six Sigma (DFSS).

D	Définir les buts de l'activité de conception
M	Mesurer l'apport du client pour déterminer ce qui est critique pour la qualité du point de vue du client, utiliser des méthodes spéciales lors de la conception d'un produit ou d'un service entièrement nouveau (model Kano). Traduire les exigences du client en objectifs de projet.
A	Analyser les options disponibles pour atteindre les objectifs. Déterminer des meilleures conceptions similaires.
D	Concevoir le nouveau produit, service ou processus. Utiliser des modèles prédictifs, des simulations, des prototypes, des essais pilotes, pour valider l'efficacité du concept de conception à atteindre les objectifs.
V	Vérifier l'efficacité du modèle dans le monde réel.

Tableau III. 3. DMADV.[19]

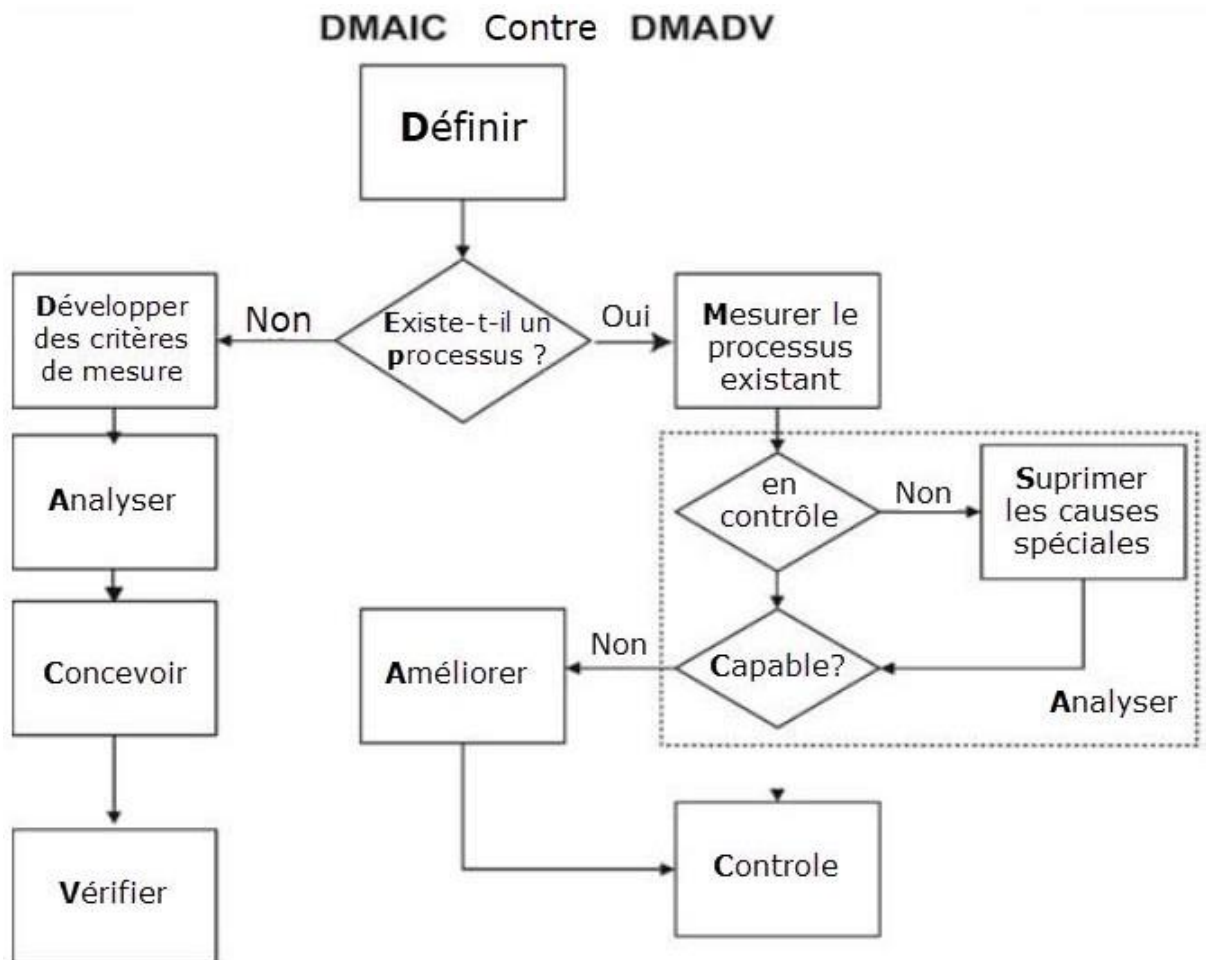


Fig. III. 5. Choix entre DMAIC et DMADV.

3.5 Lean Six Sigma et la maintenance des équipements des hydrocarbures

Lean six sigma a été premièrement incorporée dans le domaine pétrolier dans une étude en année 2003 par R.S.Buell, SPE et S.P.Turnipseed, ChevronTexaco intitulée : Application of Lean Six Sigma in Oilfield Operations, dans laquelle la méthode a été appliquée sur la maintenance d'une pompe tête de cheval. Une autre application de la méthode en 2014 par Abdulaziz A. Bubshait, intitulée Application of Lean Six Sigma methodology to Reduce The Failure Rate of Valves at Oilfield, ou l'étude était sur la réduction de défaillances des vannes dans le domaine pétrolier.[20][21]

3.6 Lean six sigma et la politique de contrôle de qualité ISO9001

3.6.1 La politique de contrôle de qualité ISO9001

Le référentiel de management de la qualité le plus connu est l'ISO 9001. Le présent ouvrage s'appuie sur la version 2008.

La mise en œuvre du management de la qualité selon l'ISO 9001 consiste à :

- démontrer l'aptitude à fournir régulièrement un produit conforme aux exigences du client et aux exigences réglementaires applicables ;
- chercher à accroître la satisfaction du client par l'application efficace du référentiel, et en particulier mettre en œuvre un processus d'amélioration continue.

Trois points importants sont à retenir dans ce domaine d'application :

- la fourniture régulière d'un produit conforme aux attentes du client (le produit peut être un service) ;
- l'accroissement de la satisfaction du client ;
- l'amélioration permanente du système.[22]

3.6.2 Combinaison de LSS avec ISO9001

Historiquement, les partisans de l'amélioration continue Lean reconnaissent Six Sigma comme un outil permettant de réduire le temps de cycle et les stocks, mais les deux approches étaient également considérées comme concurrentes. Au cours des dernières années, les synergies entre les deux méthodes ont été reconnues et fusionnées en une seule méthodologie d'amélioration des processus : Lean six sigma. Les développements les plus récents sont appelés "gestion de la fusion", qui associe Lean Six Sigma aux systèmes ISO et aux travaux de Baldrige, Deming, Juran et autres. La gestion par fusion est une approche unifiée de la qualité qui rassemble plusieurs systèmes. Il existe deux façons d'améliorer la qualité d'un processus[20] :

- Augmenter le niveau sigma
- Réduire le nombre d'étapes du processus

L'approche LSS facilite l'amélioration des processus en travaillant sur les deux dimensions, la méthode Lean étant principalement axée sur la suppression des étapes et la méthode Six Sigma sur l'augmentation du niveau Sigma.

Conclusion

La planification de la maintenance dans l'industrie pétrolière doit être conforme à la politique de contrôle de qualité ISO9001 qui assure l'amélioration continue des systèmes, Lean six sigma est une méthodologie excellente qui a les mêmes buts que cette politique, donc comment pouvons-nous implémenter cette méthodologie dans la planification de maintenance

Chapitre IV : Application de Lean six sigma Sur le Système de Freinage Principal

4.1 Introduction

Dans ce chapitre on va appliquer la méthodologie de Lean Six Sigma sur notre population étudiée pour identifier et essayer d'éliminer les causes de dégradation et améliorer la qualité du système de freinage.

4.2 Définir :

4.2.1 Introduction

la problématique est la dégradation accélérée des bandes de freins causée par différents modes de défaillance



Fig. IV. 1. Bandes de frein treuil OILWELL 840-E

l'endommagement de la bande de frein du Treuil de Forage a pour effet le cisaillement et la propagation de fissure en largeur de la plaque métallique au niveau de l'assemblage des deux plaques .



Fig. IV. 2. Cisaillement des bandes de freins.



Fig. IV. 3. Fissuration des bandes de freins.

Dans le cas étudié on a constaté que les modes de défaillance observées ne doivent pas exister dans notre système, et peuvent avoir un effet catastrophique sur le plan matériel, économique et humain.

4.2.2 Récapitulatif

On a noté qu'une dégradation inacceptable s'arrive au niveau des bandes de freins et on veut arriver aux causes principales de cette dégradation et les éliminer.

Dans la fin de la phase définition, il faut remplir une fiche de forme suivante

Project: _____

<u>Project Information</u>	<u>Process Importance</u>
Leader: _____	_____
Master Black Belt: _____	_____
Project Start: _____	_____
Project End: _____	_____
Cost of Poor Quality: _____	_____
<u>Team Members</u>	<u>Process Problem</u>
Sponsor: _____	_____
Black Belt: _____	_____
Master Black Belt: _____	_____
Subject Matter Experts:	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	<u>Project Goals</u>
_____	_____
_____	_____
<u>Process Start/Stop</u>	<u>Process Measurements</u>
Start Point: _____	_____
_____	_____
Stop Point: _____	_____
_____	_____
<u>Project Time-Frame</u>	
Milestone: _____	
Date: _____	

© 2001 iSixSigma LLC
http://www.iSixSigma.com

Fig. IV. 4. Charte de projet LSS[23]

La prochaine étape est de mesurer l’ampleur de ce problème dans la phase **Mesure**.

4.3 Mesure :

Dans cette phase d'étude qui est un travail d'équipe de spécialistes, étalée selon une durée prédéfinie, soutenue par un budget spécial, destinée à mesurer Qualitativement et Quantitativement l'impact (effets et symptômes) des défaillances présents dans le système.

Pour mieux cerner le problème on a recueilli de l'historique des défaillances et interventions sur le système de freinage dont les résultats sont présentés dans les figures Figure (IV. 5) et Figure (IV. 6).

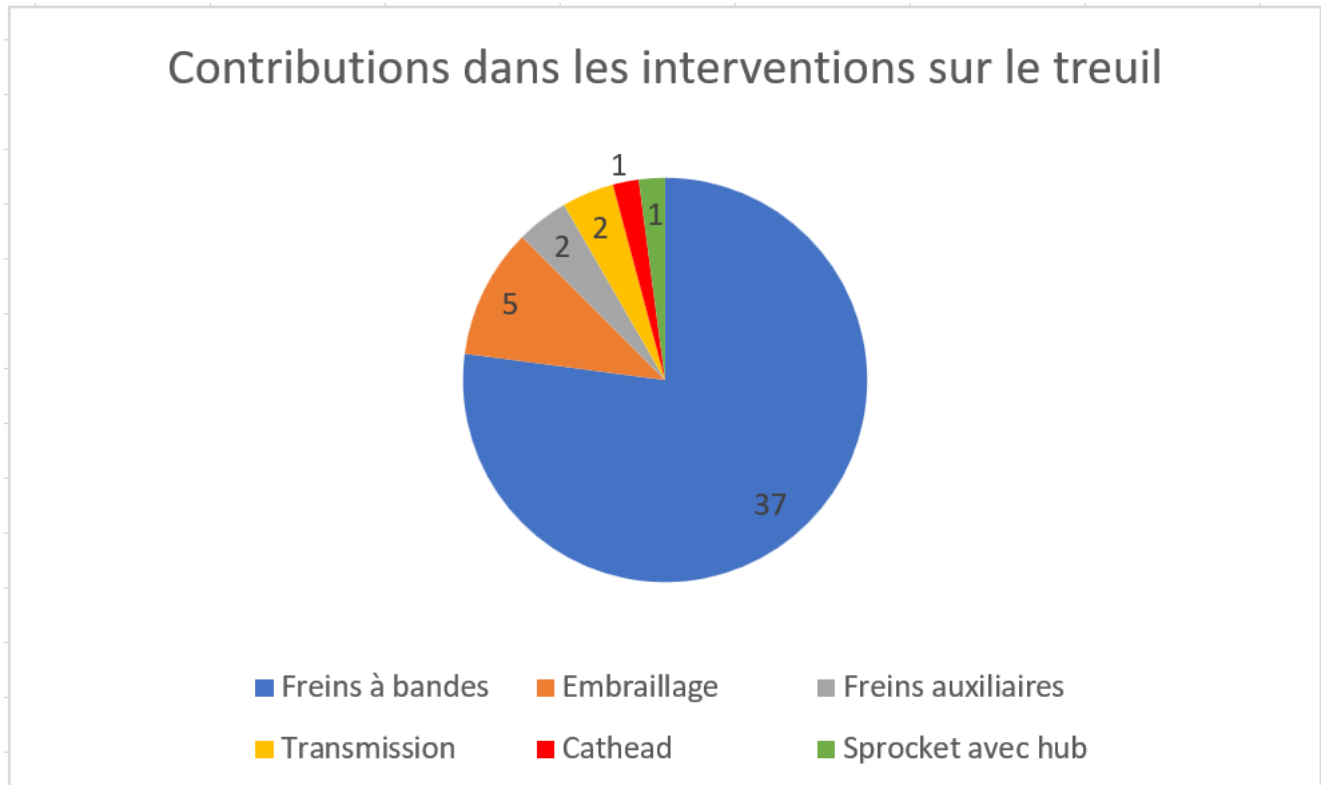


Fig. IV. 5. Contributions dans les interventions sur le treuil

On note qu'une majorité d'interventions s'occurent sur les freins mécanique à bandes de treuil, de 48 interventions totales, il y a 37 concernant les freins à bandes, ce qui représente 77% des interventions totales sur le treuil de forage.

4.3.1 Contribution des bandes dans les interventions sur les freins

L'exploitation de l'historique nous a montré que la partie la plus sensible dans le système de freinage principal qui a reçu la majorité des interventions est la bande de frein qui consiste avec le système de triangle la fonction principale de tout le système de freinage.

Le diagramme de Pareto suivant illustre le taux d'interventions appliquées en fonction des sous-ensembles du système de freinage principal.

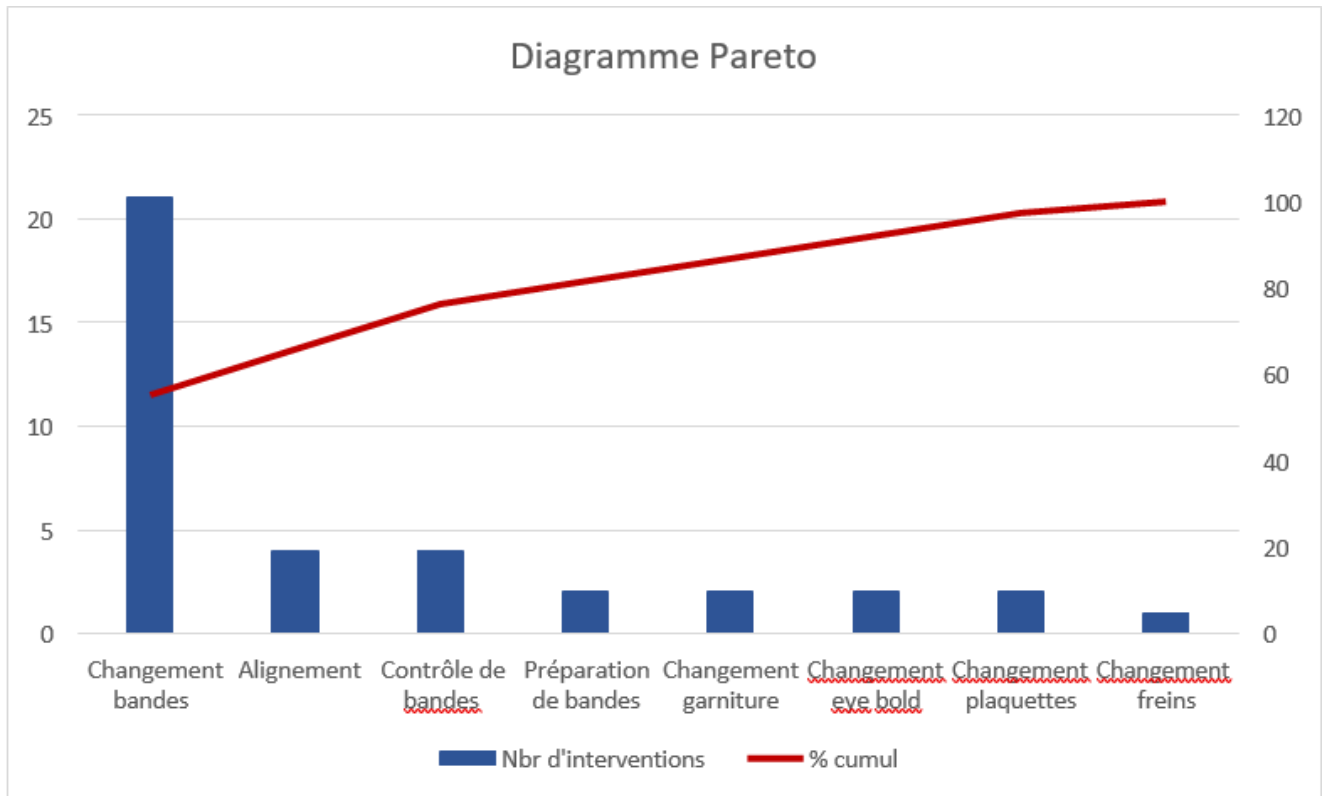


Fig. IV. 6. Contribution aux interventions sur le système de freinage

D’après le diagramme précédent, 55% des interventions sur le système de freinage sont due à une défaillance dans les bandes.

4.3.2 Fonction de distribution par méthode de Weibull :

D’après l’historique disponible on peut calculer les TBF des Freins pour modéliser la fonction de Weibull

Équipement	Date	TBF (jours)	TTR (heures)
2107	20/08/2008		
	04/01/2011	856	6
	12/12/2011	343	4.5
	24/01/2014	772	4.25
2118	08/07/2009		
	21/08/2009	43	
	05/02/2012	898	6.5
	19/03/2013	407	11.75
2119	26/01/2015	678	6
	21/04/2009		
2120	03/01/2011	622	12
	03/04/2012		

Chapitre IV Application de LSS sur le système de freinage principal

	03/07/2013	456	4.5
2114	06/11/2013		
	04/05/2015	545	
	17/07/2013	1144	

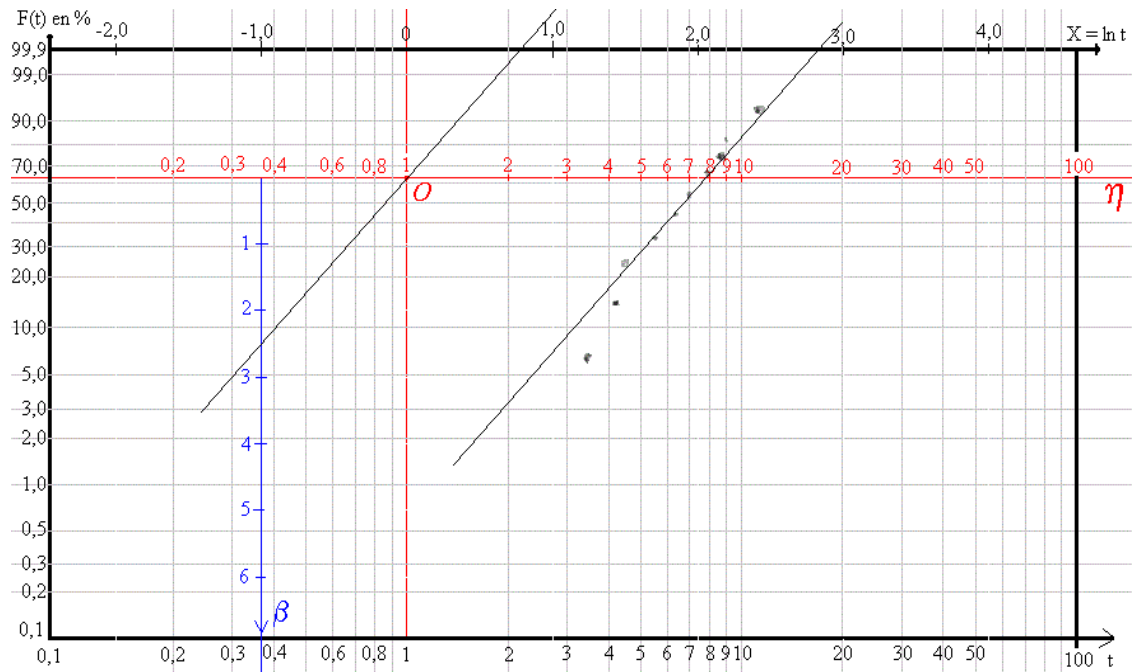


Fig. IV. 7. Feuille de Weibull

D'après ces données on peut lister les TBF des freins dans le tableau suivant : D'après la feuille de Weibull on trouve : $\gamma=0$; $\beta=2.7$; $\eta=800$

Par l'utilisation de la méthode du rang médian on trouve $F(i)$

i	TBF	F(i) %	R(i) %	F(t)	f(t)	R(t)
2	343	6,730769231	93,26923	0,096621	0,000723	0,903379
3	407	16,34615385	83,65385	0,14894	0,000911	0,85106
4	456	25,96153846	74,03846	0,196848	0,001042	0,803152
5	545	35,57692308	64,42308	0,298654	0,001233	0,701346
6	622	45,19230769	54,80769	0,397618	0,001325	0,602382
7	687	54,80769231	45,19231	0,484639	0,001343	0,515361
8	772	64,42307692	35,57692	0,596786	0,001281	0,403214
9	856	74,03846154	25,96154	0,698935	0,00114	0,301065
10	898	83,65384615	16,34615	0,744917	0,001048	0,255083
11	1144	93,26923077	6,730769	0,927682	0,000448	0,072318

Tableau. IV. 1. Calcul des paramètres Weibull

MTBF= $A\eta+\gamma=711.44$ jours.

4.3.3 Étude de la distribution des TBF des bandes :

TBF	f(t)	F(t)	$\lambda(t)$
343	0,000667	0,093257	0,000736
407	0,000906	0,143489	0,001058
456	0,001095	0,192524	0,001356
545	0,0014	0,304195	0,002013
622	0,001564	0,419119	0,002692
687	0,001594	0,522345	0,003338
772	0,001476	0,654054	0,004268
856	0,001221	0,768078	0,005265
898	0,001064	0,816114	0,005789
1144	0,00027	0,97031	0,009095

Tableau. IV. 2. Calcul Par la Loi Normale

MTBF=673 jours et 'écart type $\sigma=249.8$ jours.

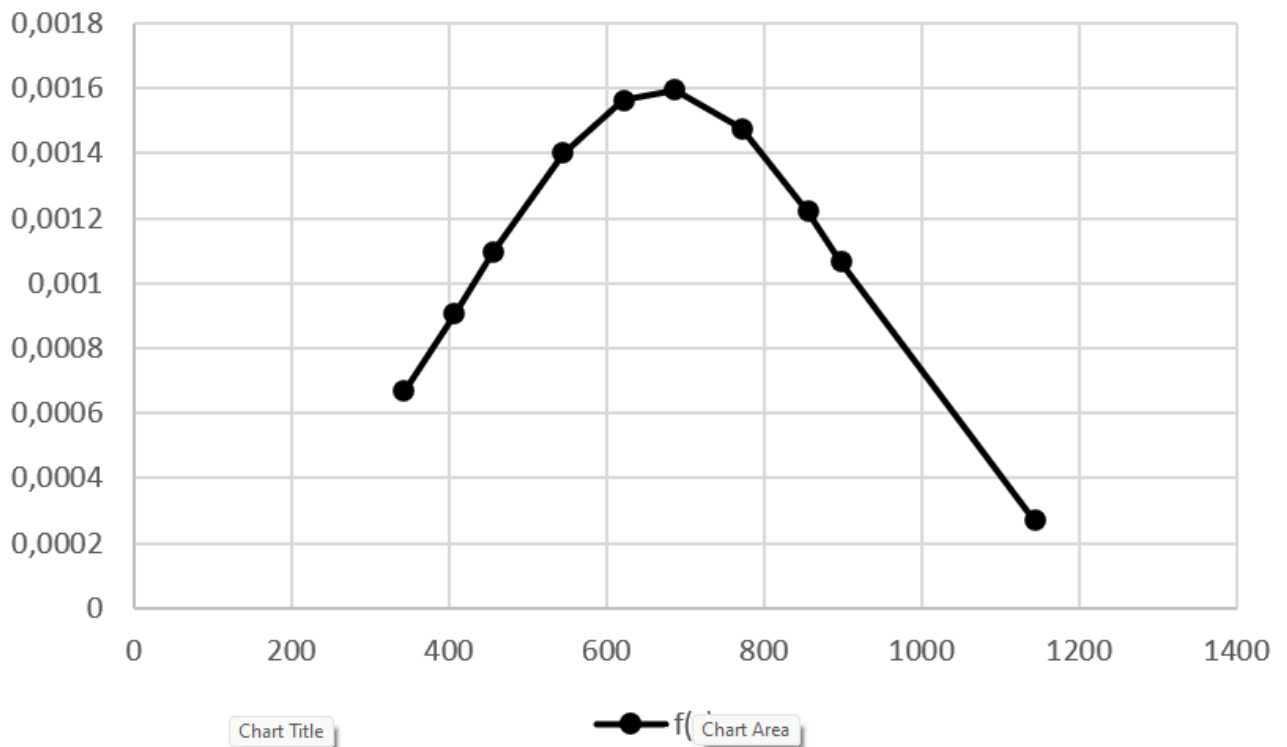


Fig. IV. 8. Fonction de distribution selon la loi normale

Interprétation : D'après le tableau et le graphe de la fonction de distribution on aboutit que la densité de distribution des temps de bon fonctionnement suit le modèle de Gauss.

l'écart type σ de la population étudiée est sensiblement élevé et qui présente 37% de la moyenne du temps de bon fonctionnement MTBF.

Récapitulatif : après l'étude du comportement de temps de bon fonctionnement on note qu'il y a un grand nombre de défaillances sur les bandes de freins et que le comportement des TBF du système doit être amélioré.

4.4 Analyse :

Il existe dans le système étudié un mode de défaillance tolérable [Patin-Jante] qui est l'usure de la garniture, et un deuxième mode due à la chute de coefficient de frottement qui cause la fissuration de la bande. Dans cette phase on va cibler l'étude vers le deuxième mode de défaillance.

4.4.1 Méthode ISHIKAWA :

La méthode ISHIKAWA, ou le diagramme cause-effet, aide à déterminer les cause des modes de défaillance vécus dans le système de freinage.

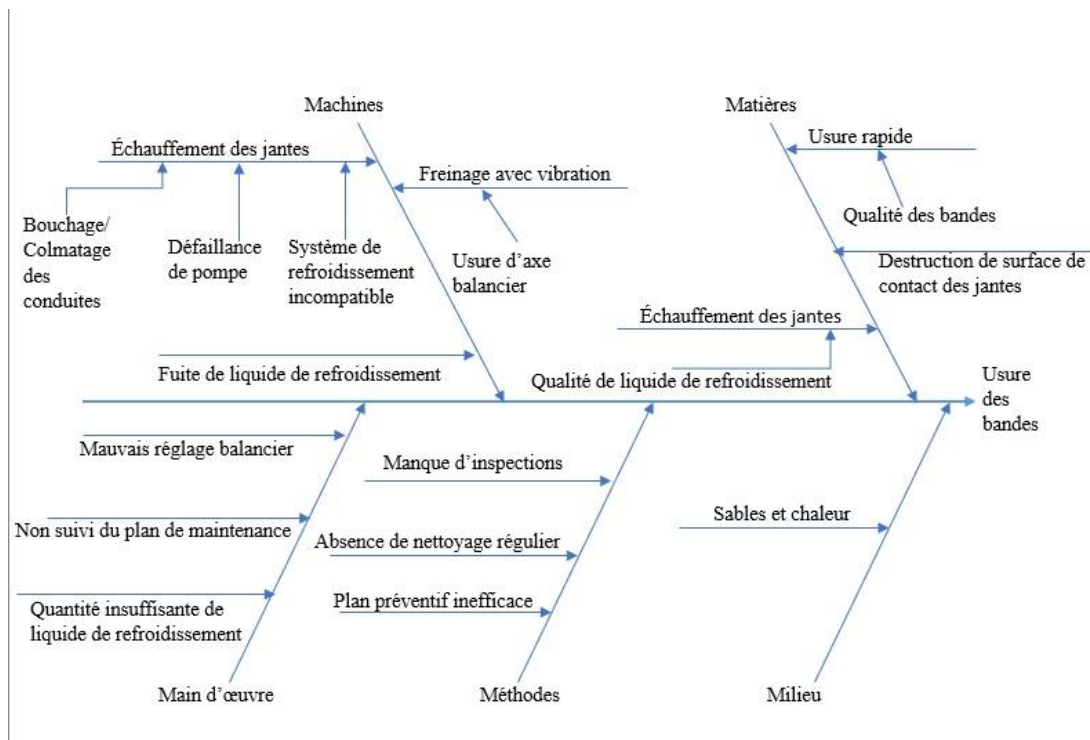


Fig. IV. 9. Diagramme Cause Effet des bandes de freins

Après, on doit faire une étude AMDEC pour analyser les modes, identifier leurs causes et effets, mais pour le faire on a besoin de comprendre le système étudié et son fonctionnement donc on passe d'abord par l'analyse fonctionnelle du système de freinage.

4.4.2 Analyse fonctionnelle externe :

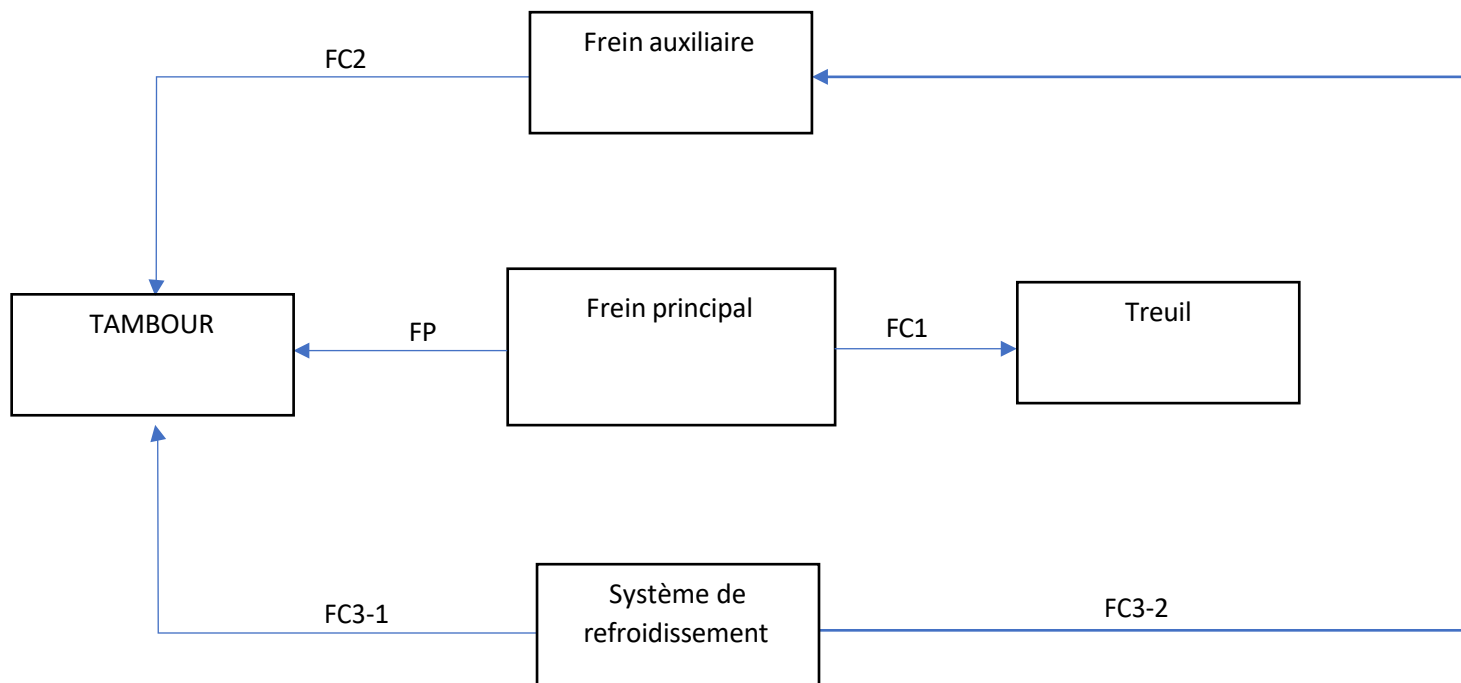


Fig. IV. 10. Analyse fonctionnelle externe du système de freinage

Chapitre IV Application de LSS sur le système de freinage principal

Élément	Fonction	Description	Cause de dégradation de Fonction	Effet de dégradation de fonction	Cause de perte de fonction	Effet de perte de fonction
FP : Bande-Tambour	Freinage du TDS.	Frottement entre Bandes et Jantes causent le TDS à arrêter.	<ul style="list-style-type: none"> - Manque de débit/refroidissement. - Absence de l'eau de refroidissement. - Présence de l'eau dans la jante. 	<ul style="list-style-type: none"> - Chute de qualité de freinage (surchauffe). - Patinage. - Gonflement des patins. 	<ul style="list-style-type: none"> - Chute de garniture. 	<ul style="list-style-type: none"> - Patinage - Glissement.
FC1 : Treuil	FC1-1 : Fixation balancier-treuil. FC1-2 : Fixation du frein sur le treuil.	Le Châssis du treuil supporte le balancier du freins.	<ul style="list-style-type: none"> - Mauvais graissage. - Usure dans les bagues. 	<ul style="list-style-type: none"> - Freinage déséquilibré. - Vibration excessive au niveau de levier. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cisaillement d'un boulon. - Cisaillement de l'axe. 	<ul style="list-style-type: none"> - Chute de garniture. - Système déséquilibré.
FC2 : Frein auxiliaire	Ralentit le TDS.	Assure la décélération du TDS jusqu'à une vitesse admissible pour le frein à bandes.	<ul style="list-style-type: none"> - Manque de débit/refroidissement. 	<ul style="list-style-type: none"> - Surcharge sur les bandes. - Usure des bandes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Corrosion dans l'entre fer à cause de l'eau de refroidissement. 	<ul style="list-style-type: none"> - Freinage insuffisant - Chute de garniture - Usure des bandes

Chapitre IV Application de LSS sur le système de freinage principal

FC3 : Système de refroidissement	FC3-1 : Refroidissement des bandes FC3-2 : Refroidissement du frein auxiliaire	Refroidit la surface de frottement avec de l'eau.	<ul style="list-style-type: none"> - Colmatage. - Niveau de liquide insuffisant. - Dégradation du système fonctionnel. 	<ul style="list-style-type: none"> - Surchauffe des bandes. - Mauvais freinage. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pompes endommagées. 	<ul style="list-style-type: none"> - Patinage.
FC3-3 : Bac de stockage	Stockage du liquide de refroidissement.	Stockage du liquide de refroidissement.	<ul style="list-style-type: none"> - Niveau de liquide bas. - Fuite au niveau de conduite. 	<ul style="list-style-type: none"> - Patinage. 		<ul style="list-style-type: none"> - Patinage. - Usure des bandes (manque de freinage).
FC3-4 : Pompes	Transport du liquide de refroidissement.	Pompage du liquide jusqu'aux organes à refroidir.	<ul style="list-style-type: none"> - Endommagement de pompes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Glissement des jantes 	<ul style="list-style-type: none"> - Endommagement de pompes. 	Patinage.
FC3-5 : Conduites	Transport du liquide de refroidissement.	Transporte le fluide de refroidissement à un débit suffisant pour refroidir les freins.	<ul style="list-style-type: none"> - Colmatage. 	<ul style="list-style-type: none"> - Glissement des jantes 	<ul style="list-style-type: none"> - Bouchage. 	Patinage.

Tableau. IV. 3. Analyse fonctionnelle externe

4.4.3 Analyse fonctionnelle interne

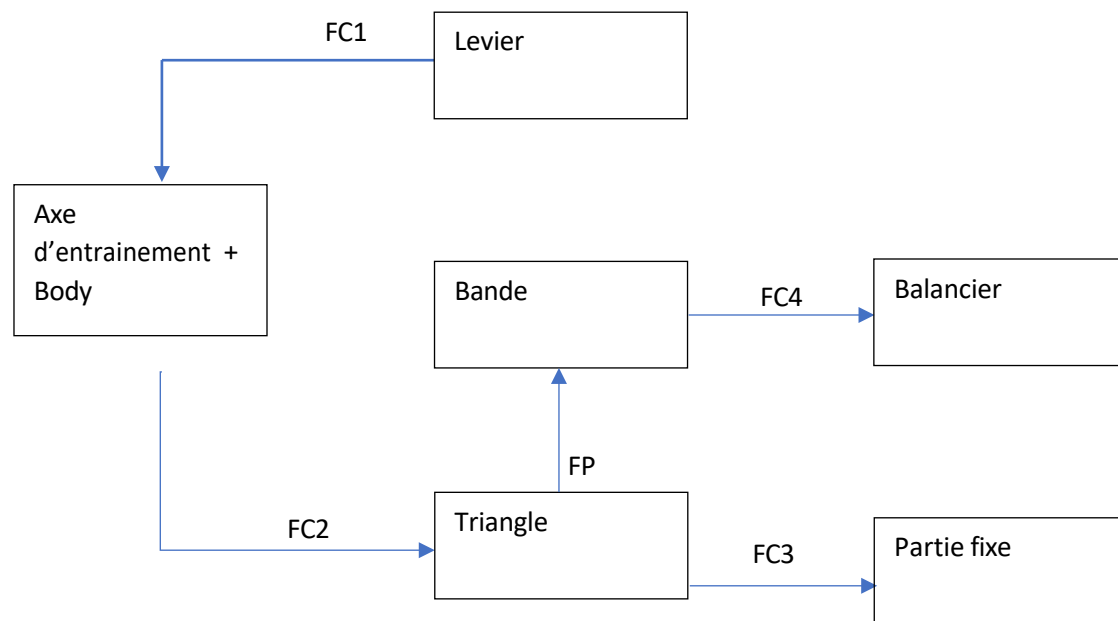


Fig. IV. 11. Analyse fonctionnelle interne du système de freinage

Chapitre IV Application de LSS sur le système de freinage principal

Élément	Fonction	Description	Cause de dégradation de fonction	Effet de dégradation de fonction	Cause de perte de fonction	Effet de perte de fonction
FC1 : Levier-Axe	Exerce l'effort de freinage.	Le levier du frein et l'axe d'entraînement sont liés par une clavette.	<ul style="list-style-type: none"> - Jeu de levier ou axe d'entraînement. 	<ul style="list-style-type: none"> - Présence d'un angle mort (non freinage). 	<ul style="list-style-type: none"> - Cisaillement de clavette. 	<ul style="list-style-type: none"> - Absence de frein. - Chute de garniture.
FC1-2 : Axe-Body	Exerce l'effort de freinage.	L'axe transfère l'effort appliqué sur le levier au triangle, qui tire la bande forçant un frottement entre la bande et la jante.	<ul style="list-style-type: none"> - Délogement de l'un des axes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Vibration excessive au niveau du levier. - Système déséquilibré. 	<ul style="list-style-type: none"> - Jeu intolérable dans l'axe. - Cisaillement de clavette. 	Freinage sur l'un des deux bandes.
FC2 : Body-Triangle	2-1 : Body-Came bielle 2-2 : Came bielle-Triangle	Les deux liaisons sont assurées par un axe qui permet l'entraînement du triangle.	<ul style="list-style-type: none"> - Délogement d'un des axes. - Jeu excessif au niveau de logement ou clavette. - Déformation de body. 	Une bande stable par rapport à l'autre.	<ul style="list-style-type: none"> - Cisaillement d'un des axes ou clavette body-axe. - Destruction body bielle. 	Freinage sur une des deux bandes.
FC3 : Triangle-Partie fixe	Fonction de fixation	Axe qui fixe une extrémité du triangle à la partie fixe du frein	<ul style="list-style-type: none"> - Délogement de l'axe 	<ul style="list-style-type: none"> - Vibration au niveau de l'axe - Bruit 	<ul style="list-style-type: none"> - Rupture de l'axe 	<ul style="list-style-type: none"> - Freinage sur l'une des deux bandes et vibration sur l'autre
FP : Triangle-Bande	Tirer la bande.	L'extrémité de la bande est fixée sur	<ul style="list-style-type: none"> - Délogement de l'axe. 	Bruit au niveau de l'axe	Fissures.	Freinage sur l'une des deux bandes.

Chapitre IV Application de LSS sur le système de freinage principal

		le triangle par un axe.	<ul style="list-style-type: none"> - Jeu excessif au niveau de l'axe. - Délogement des circlips. 			
FC4 : Bande-Balancier	Fonction de fixation.	Équilibre la distribution des forces de freinage sur les deux bandes	<ul style="list-style-type: none"> - Délogement de l'axe. - Jeu dans l'axe. - Desserrage de l'écrou. 	Instabilité dans la bande.	<ul style="list-style-type: none"> - Freinage déséquilibré. 	Chute de garniture.

Tableau. IV. 4. Analyse fonctionnelle interne

4.4.4 AMDEC :

Date de l'analyse :	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					Phase de fonctionnement :	Page : 16 / 5			
	Système :		Sous - Ensemble :				Nom :			
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action Corrective
						F	G	N	C	
Treuil-Balancier	Fonction de fixation	Cisaillement de l'axe	Fissure de l'axe	Chute de garniture		1	4	1	4	Révision partielle : CND d'axe ou changement d'axe
Treuil-balancier	Fonction de fixation	Coincement du balancier	Mauvais graissage	Système déséquilibré		1	4	4	16	MPH : Graissage régulier
						1	2	4	8	

Chapitre IV Application de LSS sur le système de freinage principal

Bande-Balancier	Fonction de fixation		Délogement de l'axe	Freinage déséquilibré				3 2		MPM : Vérification des goupilles des axes
Bande-Balancier	Fonction de fixation	Vibration du balancier (grande charge)	Jeu excessif dans l'axe	Instabilité dans la bande		2 1	3 3	3 3	18 9	MPH : Vérifier le jeu de balancier sous les deux côtés.
Bande-Balancier	Fonction de fixation	Vibration de bande	Desserrage de l'écrou	Instabilité dans la bande				3 2		Recommandation : Utilisation des clés dynamométriques (pendant les travaux de réparation) Vérification de serrage
Balancier-Bande	Fonction de fixation	Délogement de l'axe	Arrachement de la goupille	Système déséquilibré		2	4	1	8	MPH : Vérification de l'axe de bande-balancier
Balancier-Bande	Fonction de fixation	Jeu important au niveau de l'axe Vibration	Usure Desserrage des boulons	Système déséquilibré		1	3	2	6	
Bande-Triangle	Fonction de fixation		Délogement de l'axe	Freinage sur l'un des deux bandes				4 2		MPH : Vérification de l'axe de triangle
Bande-Triangle	Fonction de fixation	Vibration	Jeu excessif au niveau de l'axe	Bruit au niveau de l'axe						Vérification des axes concernés
Bande-Triangle	Fonction de fixation	Délogement de l'axe	Arrachement des circlips	Système déséquilibré		1	4 2	1 2	4 2	MP : DTM changement des circlips
Bande-Triangle	Fonction de fixation	Jeu excessif au niveau de l'axe	Usure	Bruit au niveau de l'axe		2 1	3	3	18 9	MPJ : vérification et graissage journalier

Chapitre IV Application de LSS sur le système de freinage principal

Axe-Triangle et bande	Exercer l'effort de freinage	Usure	Délogement d'un des axes	Freinage sur l'une des deux bandes			4			MPH : Vérification de l'état des circlips
Axe-Triangle et bande	Exercer l'effort de freinage	Fissure	Jeu intolérable axe	Vibration excessive au niveau de l'axe			4			
Triangle	Entrainer la bande	Délogement des axes	Délogement des circlips	Système déséquilibré						
Triangle	Entrainer la bande	Destruction d'un des axes	Fissure	Système déséquilibré			4			
Fixation de l'axe d'entraînement sur le treuil	Fonction de fixation	Cisaillement d'un boulon	Corrosion	Vibration excessive au niveau de l'axe		1	2	4	8	MPM : Serrage des boulons. Vérification des boulons.
Fixation de l'axe d'entraînement sur le treuil	Fonction de fixation	Jeu dans les bagues	Usure	Vibration excessive au niveau de l'axe						RAS
Jante	Assurer contact Plaquette-Tambour		Présence d'eau dans la jante	Gonflement des patins						Inspection visuelle + dimensionnelle
Jante	Assurer contact Plaquette-Tambour	Sur échauffement	Système de refroidissement endommagé	Chute de qualité de freinage (Chute de coefficient de frottement).		1	4	2	8	MPM : Vérification du système de refroidissement MPM : Vérification d'usure des jantes
Jante	Assurer contact Plaquette-Tambour	Sur échauffement	Manque de débit ou refroidissement ou insuffisance de refroidissement	Patinage		2	4	2	16	Maintenance améliorative Ventilateur + instrument contrôle de niveau + radiateur

Chapitre IV Application de LSS sur le système de freinage principal

Jante	Assurer contact Plaquette- Tambour	Usure	Mauvais réglage Échauffement des jantes	Mauvais freinage Risque de flambage de TDS		3 2	4 4	2 1	24 8	MPH : Vérifier l'usure des patins D : nécessité de connaître les instruction d'utilisation
Body	Entrainer le triangle	Délogement d'un des axes	Fissure de l'axe	Freinage sur l'une des deux bandes		1 2	4 2	3 6	12	MP chaque DTM
Body	Entrainer le triangle	Cisaillement de l'axe	Fissure	Freinage sur l'une des deux bandes		1 2	4 2	3 6	12	RP : changement des axes
Body	Entrainer le triangle	Cisaillement de la clavette	Fatigue choke	Freinage sur l'une des deux bandes		1 2	4 2	2 2	8 4	Révision partielle : changement de clavette
Body	Entrainer le triangle	Destruction body- Bielle	Charge excessive	Une bande stable par rapport à l'autre		1 2	4 2	2 4	8	CND du body chaque révision partielle
Body	Entrainer le triangle	Jeu excessif au niveau de clavette	Mauvais remontage sans utilisation de clé dynamométrique	Une bande stable par rapport à l'autre		1 3	4 3	4 3	16 9	Respect des directives de montage RPP : Vérification du jeu body- axe
Body	Entrainer le triangle	Déformation de body	Surchauffe – Mauvais montage choke	Une bande stable par rapport à l'autre		1 3	4 3	4 3	16 9	RPP : Vérification du body CND, respect des directives de montage
Levier	Exercer l'effort de freinage	Usure	Cisaillement de clavette	Absence de frein		1 1	4 2	1 1	4 2	MPM : Vérification de la clavette Remplacement de la clavette pendant la révision partielle

Chapitre IV Application de LSS sur le système de freinage principal

Levier	Exercer l'effort de freinage	Non freinage	Bypass	Chute de garniture			4			MPJ : Vérification du système rochet et cliquet
Levier	Exercer l'effort de freinage	Usure de fixations	Jeu au niveau de levier ou l'axe	Présence d'un angle mort (non freinage)		1	2	2	4	Vérification de système de clavette révision partielle
Levier	Exercer l'effort de freinage	Fissure	Surcharge	Chute de garniture Effet sur les opérateurs		1 1	4 2	4 4	16 8	MPH : contrôle de système de sécurité twin stop
Levier	Exercer l'effort de freinage	Jeu levier ou bien axe d'entraînement	Cisaillement de la clavette	Présence d'un angle mort		2	4 2	3	24 12	Rééquipe les leviers par des axes et levier selon les instructions de constructeur
Système de refroidissement des jantes	Alimenter le tambour avec liquide de refroidissement	Absence de liquide de refroidissement	Pompes endommagées	Pompe secondaire tombe en panne			4			Assurer régulièrement la vérification de la deuxième pompe
Système de refroidissement des jantes	Alimenter le tambour avec liquide de refroidissement	Manque de débit de refroidissement	Colmatage	Différence de pression entre deux manomètres						Nettoyage chaque DTM
Système de refroidissement des jantes	Alimenter le tambour avec liquide de refroidissement	Manque de débit de refroidissement	Niveau de liquide insuffisant	Surchauffe qui entraine un mauvais freinage			4			Maintenance améliorative ventilateur + instrument de contrôle de niveau + radiateur

Chapitre IV Application de LSS sur le système de freinage principal

Système de refroidissement des jantes	Alimenter le tambour avec liquide de refroidissement	Niveau de liquide insuffisant	Fuite au niveau des conduites	Glissement/patinage			4			Mettre une eau de refroidissement coloré
Pompe	Pomper le fluide de refroidissement	Absence de liquide de refroidissement	Endommagement des pompes	Glissement des deux jantes		1 1	4 2	1 1	4 2	MPH : permutation hebdomadaire des pompes avec vérification de la pompe mise en standby
Pompe	Pomper le fluide de refroidissement	Dégradation du système fonctionnel	Chute de la pression de l'eau	Patinage			4			Vérification conduites, vannes, manomètres
Conduite	Transport du fluide de refroidissement	Absence de liquide de refroidissement	Bouchage	Glissement des deux jantes		1	4	4	16	MPJ : Vérification de niveau et qualité d'huile MR : Installation d'un débitmètre en aval de pompe
Conduite	Transport du fluide de refroidissement	Chute de pression + Débit	Colmatage	Patinage			3 1			MP : nettoyage des bacs et la crépine après avoir terminé la deuxième phase.
Bac de stockage	Stockage du fluide de refroidissement	Surchauffe de liquide de refroidissement	Niveau de liquide de refroidissement bas	Patinage			4			Maintenance améliorative ventilateur + instrument de contrôle de niveau + radiateur
Bac de stockage	Stockage du fluide de refroidissement	Niveau de liquide de refroidissement insuffisant	Fuite au niveau de conduite	Patinage			4			Utilisation d'eau de refroidissement coloré

Chapitre IV Application de LSS sur le système de freinage principal

Frein auxiliaire	Ralentissement du TDS	Corrosion de l'entre fer	Impuretés dans l'eau de refroidissement	Surcharge sur Bandes (Chute de garniture)						Utilisation de liquide de refroidissement non corrosif
Frein auxiliaire	Ralentissement du TDS	Ovalisation Torsion	Excès de force électromagnétique Déformation transversale de l'arbre	Vibration Échauffement Mauvais fonctionnement		3 2	3 3	2 2	18 12	MPM : Contrôle du forme du rotor
Frein auxiliaire	Ralentissement du TDS	Échauffement	Mauvais refroidissement Variation de jeu entre rotor-stator Court-circuit	Vibration Échauffement Mauvais fonctionnement		2 1	4 2	2 2	16 8	MPH : contrôle de jeu entre stator-rotor
Twin stop	Système de sécurité	Non freinage	Bypass				4			MPJ : contrôle du système twin stop

Tableau. IV. 5. Table d'AMDEC du système de freinage

D'après les résultats de l'analyse élaboré, on essaye de construire un plan d'amélioration de qualité de la fonction principale de freinage dont les recommandations sont inscrites dans les tableaux suivants.

4.5 Améliorations

On a fait une analyse ISHIKAWA et AMDEC dans la phase précédente, et maintenant on construit un plan d'amélioration de qualité en se basant sur ces deux analyses :

4.5.1 ISHIKAWA

Causes	Remèdes
Échauffement des jantes.	<ul style="list-style-type: none"> - Contrôle régulier des conduites et installation de débitmètres. - Vérification de pompes. - Assurer la compatibilité du SDR installé. - Utilisation de liquide de refroidissement recommandé.
Freinage avec vibration.	<ul style="list-style-type: none"> - Graissage régulier. - Vérification d'état de l'axe.
Fuite de liquide de refroidissement.	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation de liquide coloré.
Quantité insuffisante de liquide de refroidissement.	<ul style="list-style-type: none"> - Vérification journalière du quantité de liquide.
Plan préventif inefficace.	<ul style="list-style-type: none"> - Planification d'un nouveau programme de contrôle.
Présence des sables et chaleur.	<ul style="list-style-type: none"> - Nettoyage systématique.
Destruction de surface de contact des jantes.	<ul style="list-style-type: none"> - Contrôle d'état des jantes.
Usure rapide.	<ul style="list-style-type: none"> - Vérification de qualité de bandes achetées.
Exécution de commandes.	<ul style="list-style-type: none"> - Assurer une bonne formation des techniciens/opérateurs.

Tableau. IV. 6. . ISHIKAWA causes remèdes

4.5.2 AMDEC

Pour les modes de défaillance trouvés par l'AMDEC on propose un plan préventif comme suit :

MPJ : maintenance préventive journalière.	<ul style="list-style-type: none"> - Vérification et graissage journalier. - Vérification du niveau et qualité d'huile. - Contrôle du système de sécurité twin stop. - Contrôle du système rochet et cliquet.
-------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

MPH : Maintenance préventive hebdomadaire.	<ul style="list-style-type: none"> - Vérifier le jeu de balancier sous les deux côtés. - Vérification de l'axe de balancier. - Vérification de l'axe de triangle. - Vérification de l'état des circlips. - Vérification d'usure des patins. - Permutation hebdomadaire des pompes avec vérification de la pompe mise en standby. - Contrôle de jeu entre stator-rotor.
MPM : Maintenance préventive mensuelle.	<ul style="list-style-type: none"> - Vérification des goupilles des axes - Vérification du système de refroidissement. - Vérification d'usure des jantes. - Contrôle du forme du rotor (ELMAGCO) - Serrage des raccords.
MPT : Maintenance préventive trimestrielle.	<ul style="list-style-type: none"> - Vérification des boulons de fixation. - Vérification des conduites, vannes et manomètres. - Vérification de pompe secondaire. - Nettoyage des flexibles.
MPS : Maintenance préventive semestrielle.	<ul style="list-style-type: none"> - Changement des joints défectueux.
MR : Maintenance rénovation.	<ul style="list-style-type: none"> - Installation d'un débitmètre en aval de la pompe.
D : Divers.	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation des clés dynamométriques. - Inspection visuelle et dimensionnelle des jantes. - Nécessité de connaître les instructions d'utilisation - Respect des directives de montage. - Utilisation de liquide de refroidissement coloré.
RP : Révision partielle.	<ul style="list-style-type: none"> - CND d'axe ou changement d'axe - Changement des axes de body. - Changement de clavette body. - CND du body. - Vérification de jeu body-axe. - Remplacement de la clavette du levier. - Vérification de clavette levier.
DTM.	<ul style="list-style-type: none"> - Changement des circlips. - Vérification/Changement de body.
	<ul style="list-style-type: none"> - Nettoyage du système.
Maintenance améliorative.	<ul style="list-style-type: none"> - Installation d'un ventilateur, instrument de contrôle de niveau et radiateur dans le SDR.

Tableau. IV. 7. Maintenance préventive selon la table AMDEC

4.5.3 Calcul de périodicité de maintenance systématique en présence des modes de défaillance

Pour planifier une périodicité de maintenance systématique optimale il faut calculer les coûts d'une intervention corrective et les coûts d'une intervention systématique et puis les comparer, la meilleure périodicité est celle qui offre une intervention systématique moins cher que la corrective. [24][25][29]

4.5.3.1 Coûts d'une intervention corrective

Les coûts d'une intervention corrective sont la somme des prix d'acquisition et les coûts d'attente

$$C_{mc} = P_a + P_t$$

Le coût moyen par unité d'usage devient donc

$$C_1 = \frac{C_{mc} + C_{pp}}{MTBF}$$

Où MTBF est la durée de vie moyenne des composants. [26][27]

4.5.3.2 Coûts d'une intervention préventive

Soit T la période de changement systématique d'un composant, le coût donc sera la somme du coût de maintenance et le coût du correctif résiduel lié au risque d'avoir une défaillance avant T et évalué par sa probabilité F(t) avec $t < T$, soit [28]

$$C_2(t) = \frac{C_{mc} + C_{pp} * (1 - R(t))}{\int R(t) * dt}$$

4.5.3.3 Analyse des résultats

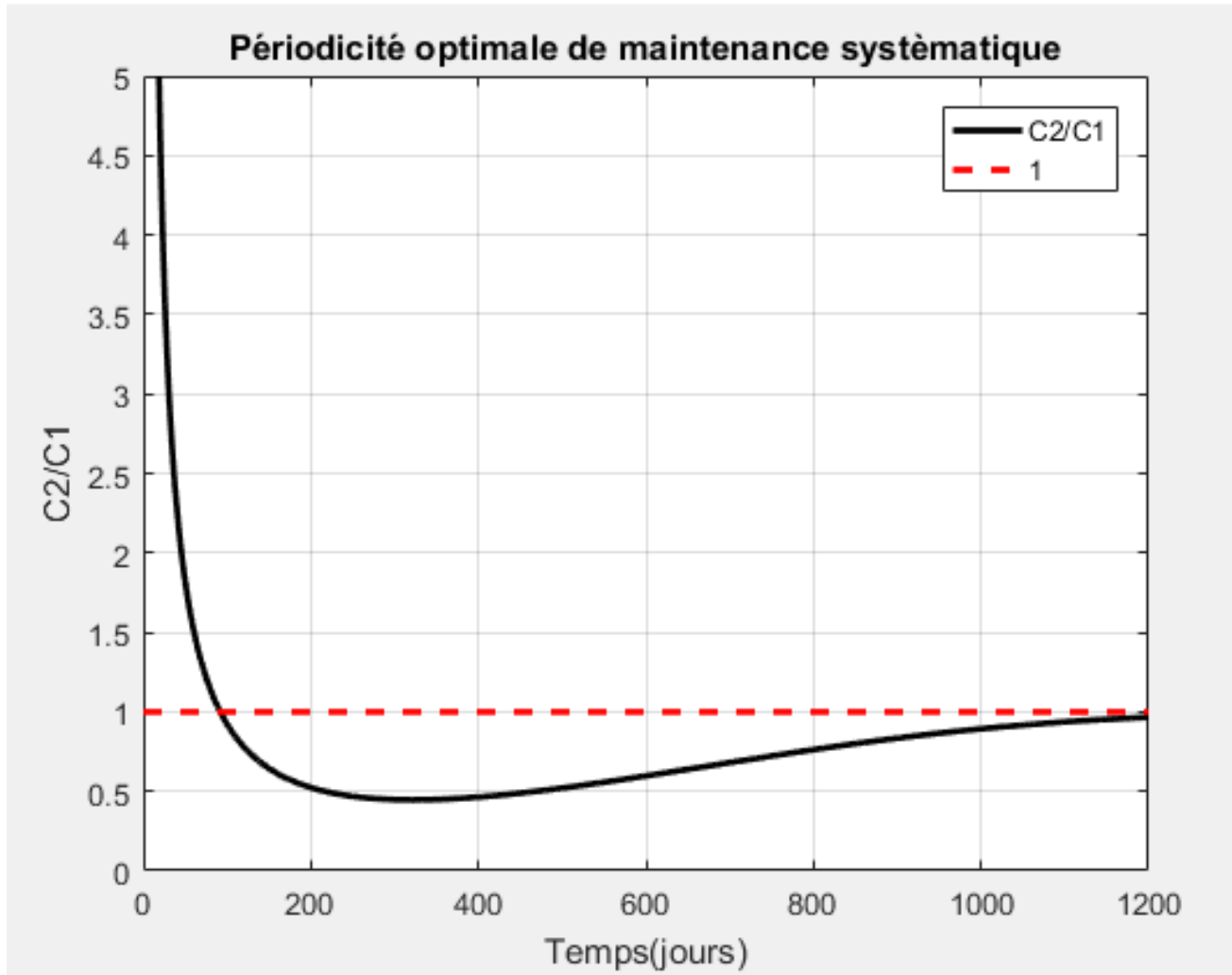


Fig. IV. 9. Périodicité optimale d'intervention systématique

Interprétation : on note que les coûts préventifs diminuent jusqu'à un minimum de 1255 (DA/jour) entre une période de [314 ; 331] jours pendant laquelle une intervention systématique ne coûte que 44,6% des dépenses correctives. Cet intervalle désigne la période optimale de l'intervention préventive sur l'équipement étudié.

4.6 Contrôle

Pour le contrôle des améliorations et leur effets sur la performance des systèmes de freinage on propose une collection de formulaire à remplir après chaque MP appliquée, les formulaires sont sous la forme :

4.6.1 MPJ

Vérification	État	
	Bon	Mauvais
Graissage		
Niveau d'huile		
Twin stop		
Système rocher et cliquer		
État des bandes		
Jonction bande-Triangle		
Jonction bande-Balancier		

Tableau. IV. 8. Fiche de contrôle journalier

4.6.2 MPH

Vérification	État	
	Bon	Mauvais
Le jeu de balancier sous les deux côtés.		
L'axe de balancier.		
L'axe de triangle.		
L'état des circlips.		
Usure des patins.		
Permutation des pompes avec vérification de la pompe mise en standby.		
Contrôle de jeu entre stator-rotor.		

Tableau. IV. 9. Fiche de contrôle hebdomadaire

4.6.3 MPM

Vérification	État	
	Bon	Mauvais
Goupilles des axes		
Système de refroidissement.		
Usure des jantes.		
Contrôle du forme du rotor (ELMAGCO)		
Serrage des raccords.		

Tableau. IV. 10. Fiche de contrôle mensuel

4.6.4 MPT

Vérification	État	
	Bon	Mauvais
Boulons de fixation.		
Conduites, vannes et manomètres.		
Pompe secondaire.		
Nettoyage des flexibles.		

Tableau. IV. 11. Fiche de contrôle trimestriel

Conclusion

Après avoir terminé l'étude on peut arriver à deux propositions d'amélioration étalées sur deux phases de prévision.

Une planification de périodicité optimale d'interventions systématique qui pourra réduire les coûts d'intervention jusqu'à 55.4% pour une périodicité de [314 ; 331] jours est une prévision à court terme.

Les prévisions stratégiques proposées par notre étude est de mettre en place un dispositif contenant les améliorations et remèdes après l'analyse ISHIKAWA et AMDEC et attendre le retour d'expériences pour avoir une idée sur l'efficacité de ces solutions, En gardant à l'esprit que d'autres améliorations peuvent être apportées.

Conclusion générale

Après l'étude abordée, on arrive à la conclusion que l'amélioration de disponibilité des freins à bandes pourra être effectuée en deux solutions séparées :

- Une solution à court terme sert à déterminer la périodicité optimale pour une intervention systématique, ce qui résulte à un temps d'arrêt réduit et une durée de vie augmentée.
- Une solution à long terme qui sert à effectuer la maintenance préventive précisément pour éliminer les modes de défaillance présents et attendre les retours d'expériences pour mesurer l'efficacité de cette planification, et mieux comprendre le comportement de notre équipement pour toujours pouvoir améliorer le plan préventif.

La méthodologie Lean Six Sigma nous a aidé à implémenter les statistiques pour identifier et mesurer le problème, et le résoudre avec des coûts réduits et une efficacité augmentée.

L'implémentation correcte de la méthode Lean Six Sigma dans le domaine de la maintenance des équipements pétrolier en Algérie s'avère de plus en plus indispensable afin de réduire au maximum les causes de tout dysfonctionnement de système de production.

Bibliographie

- [1] J.P. Bernhard. «Cours de forage, tome I, édition - historique et principe du forage standard». A.P.I. 1955.
- [2] J.P.Nguyen. «Le forage. Edition technique» - Paris 1993.
- [3] NEGADI Ali, « la maintenance des équipements de forage», université ABOUT BEKER, BELKAID – TELEMEN Junin 2014.
- [4] KERBOUA Bachir. « Maintenance et fiabilité des équipements des stations de forage »— Edition universitaires européennes, 2022.
- [6] I.TCHAIOUN, « Appareil de levage : application au cours», institut national des hydrocarbures et de la chimie ; Boumerdes 1985.
- [7] A.ILSKI, V.Kassianov, V.Porochine, «Machines mécanismes et installations de forage »; Edition, école supérieur Moscou.
- [8] ALICHE Souhil, MESSAOUDI Lyes, « Etude de la fiabilité et maintenance des systèmes mécaniques d'un appareil de forage et une pompe à boue au niveau de la station ENTP-TP127», 2018.
- [9] HEBBAL Oussama, TOUAGHZIT Azzedine, HARKATI Med Abde Elhadi – «Etude et maintenance d'un treuil de forage OILWELL 840-E», 2017.
- [10] B.KOHLER,E.SZTRYGLER ; «Chaines mécaniques ; Techniques de l'ingénieur», B 5650.
- [11] R.REDOUANE, A.BOUCHELIG ; «Etude sur la maintenance des systèmes mécanique d'une machine de forage »; Mémoire de fin des études du diplôme master académique, M'sila 2017.
- [12]Manuel d'utilisation du treuil OILWELL 840-E ; OILWELL, 1987.
- [13] Wei Zhan, Xuru Ding, «Lean Six Sigma and statistical tools for engineers and engineering managers», Momentum press, 2016.
- [14] Ricky SMITH, Bruce HAWKINS, «Lean Maintenance: Reduce costs, Improve Quality, and Increase Market Share»; Elsevier Butterworth Heinemann; Oxford.2004
- [15] Javier Giron Blanco, Torsten Dederichs, « Lean Maintenance, A practical, Step-by-Step Guide for Increasing Efficiency»; Taylor & Francis Group, LLC, 2018.
- [16] Thomas PYZDECK, Paul KEELER, «The Six Sigma Handbook: A complete Guide fir Green Belts, Black Belts, and Managers at all Levels». The McGraw-Hill companies. 2010.
- [17] Roderick A. Munro, Govindarajan RAMU, Daniel J. Zrymiak «The Certified Six Sigma Green Belt Handbook Second Edition». ASQ Quality Pres, Milwaukee, 2015.
- [18] Ian WEDGWOOD, «Lean Sigma, A practitioner's guide», Prentice Hall, Boston 2016.
- [19] Michael L. GEORGE, « lean six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed», McGraw Hill 2002.
- [20] R.S. Buell, SPE and S.P; Turnipseed, ChevronTexaco, «Application of Lean Six Sigma in Oilfield Operations» 2003.
- [21] Abdulaziz A. Bubshait, IAENG and Abdullah A. Al-Dosary, «Aplication of Lean Six Sigma methodology to Reduce the Failure Rate of Valves at Oilfield» San Francisco 2014.
- [22]Guillame Laloux, «Management de la maintenance selon l'ISO 9001 :2008»,AFNOR éditions 2009.
- [23] <https://www.isixsigma.com/tools-templates/project-charter/six-sigma-project-charter/>
- [24] D. J. COATES. Overview of ARP 4294: Data formats and practices for life cycle cost information. SAE international, Paper Number: 920970. 1992.
- [25] M. GLADE. Modélisation des coûts de cycle de vie : prévision des coûts de maintenance et de la fiabilité. Thèse de l'école centrale de Lyon. 2005

- [26] E.D. EFAGA. Analyse des données du retour d'expérience pour l'organisation de la maintenance des équipements de production des PME/PMI dans le cadre de la MBF (maintenance Basée sur la Fiabilité). Thèse de l'Université Louis Pasteur de Strasbourg. 2004.
- [27] J.P SOURIS. La maintenance source de profits. Éditions d'organisation. 1990.
- [28] D. DIEBOLT. Diagnostic de la maintenance - Mesure de performance et interprétation. Techniques de }'Ingénieur, Référence MT9130. 2007.
- [29] Jérémy Llaurens. Mise en place d'un plan de maintenance préventive sur un site de production pharmaceutique. Sciences pharmaceutiques. 2011. ffdumas-01059490.

