



## MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES

*Pour l'Obtention du*

Diplôme de Master Sciences et Techniques

Spécialité : Génie Mécanique et Productique

*Thème :*

**Résolution du problème de vibration au  
niveau du système de levage de la  
Dragline 195M**

*Présenté par :*

***MONTASSIR Soufiane***

***DRISSI EL-BOUZAIDI Walid***

*Encadré par :*

- A. TOUACHE, Professeur département Génie Mécanique, FST Fès

- A. EL-HAYANI, Encadrant de la société OCP Khouribga

*Effectué à : OCP Khouribga*

*Soutenu le : 12 Juin 2018*

Le jury :

- Mr. A. SEDDOUKI, FST Fès
- Mr. A. EL KHALFI, FST Fès

Année Universitaire : 2017-2018

## Dédicaces

*A Nos chères Mères, A nos chers pères :*

Pour vos sacrifices, votre aide

Pour vos conseils qui nous ont guidés tout au long de nos études

Aucun mot ne peut exprimer notre amour envers vous...

*A nos chers frères et nos chères sœurs,*

On ne sait pas comment vous remercier pour votre amour et tout ce que vous avez fait

*A toutes nos familles,*

*A nos professeurs,*

Pour leurs efforts et aide afin de nous assurer une formation convenable et cohérente

*A tous nos chers amis,*

Pour tout le soutien que vous nous avez offert, on vous dit Merci

*A tous nos chers,*

On dédie ce travail...



## Remerciement

Avant d'entamer tout développement sur cette expérience professionnelle, il apparaît opportun de commencer avec des remerciements sincères aux personnes qui ont eu la gentillesse de participer de près ou de loin à cet effet.

On profite de cette occasion pour remercier toute la direction de l'**OCP** qui nous a accordé ce stage technique enrichissant et fructueux qui a duré deux mois.

Ainsi, nous tenons à remercier le responsable de Bureau de Méthodes « **MR. BELYAZID** », pour ses précieuses directives, ses conseils pertinents et sa disponibilité tout au long de la durée du stage.

Nous tenons à remercier également aux chefs du service, « **MR. ABDRAHMANE CHAHID** » et « **MR. ILYAS EL ANSARI** » pour avoir partagés avec nous leurs connaissances et pour avoir fait preuve d'une disponibilité et d'une aide considérable, ainsi le chef d'atelier « **MR. JIHAD EL HAYANI** » qui nous a encadré pendant toute la période du stage.

Nos remerciements s'adressent également aux membres du secrétariat, à la tête de laquelle se trouve « **MR. SAID EL JANATI** » pour l'accueil qu'il nous a réservé, pour sa disponibilité et pour la documentation qui nous a été offerte.

Nos remerciements les plus sincères vont à « **MR. ABDELHAMID TOUACH** », notre professeur encadrant à la **FST**, pour les conseils qui nous a prodigués, pour son encadrement clairvoyant et pour son assistance dans toutes les étapes de rédaction de ce rapport.

Nos remerciements s'adressent également aux honorables membres du jury ayant accepté d'examiner notre travail et de siéger à sa soutenance.

Enfin, nous tenons à remercier tout le corps professoral de la Faculté des sciences et techniques de FES pour les efforts déployés pour faire une formation aussi complète qu'enrichissante.



## Résumé

Notre projet de fin d'étude s'est déroulé au sein de l'atelier mécanique : dragline et pelles au secteur SIDI CHENANE à l'office chérifien des phosphates de Khouribga. Il a pour objectif de faire une analyse pour détecter la raison des vibrations dans le système de levage de la machine de décapage 195M, ces vibrations influencent d'une manière très négative sur la performance de la machine. A travers ce projet, notre objectif est de minimiser le maximum possible ces vibrations et comme ça nous augmentons le temps de disponibilité de la machine. Dans un premier lieu nous avons présenté les problèmes majeures induits par les vibrations et qui mènent à des défauts très considérables sur les pièces mécaniques qui composent le système sur lequel nous travaillons. En parallèle, nous avons expliciter le système de levage de la machine 195M en mettant sous projecteurs les composants mécaniques les plus importants qu'il contient.

De plus, nous avons utilisé la méthodologie de résolution des problèmes MRP pour extraire les causes racines de notre problème en utilisant la méthode des cinq pourquoi, Après leur extraction nous avons proposé des solutions pour chaque problème rencontré en se basant sur les mesures trouvées.

Un des problèmes trouvés a concerné la faiblesse du système de lubrification actuel, notre proposition était de le changer. Ce problème nous a imposé la conception d'un nouveau carter qui doit être approprié avec notre proposition. Nous avons fait la conception de ce carter sur le logiciel CATIA V5 accompagnée d'une analyse ergonomique de toutes les opération et interactions entre le carter et l'opérateur. Ainsi, nous avons proposé une deuxième solution basée sur les défauts retenus de l'analyse ergonomique déjà faite.

## Table des matières

<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise d'accueil et aperçu sur la machine 195M.....</b>	<b>2</b>
I. Présentation de l'organisme d'accueil .....	3
1. Présentation du groupe OCP.....	3
2. Site d'exploitations minières de Khouribga.....	3
3. Organigramme de la direction de production de Khouribga .....	4
II. Étapes d'extraction du phosphate.....	5
1. Parcours de l'extraction .....	5
a. Foration .....	6
b. Sautage.....	6
c. Décapage .....	7
d. Défruitage.....	7
e. Transport .....	8
f. Epierrage – criblage et mise en stock.....	9
III. Présentation du lieu de stage .....	9
1. Service OIK/C/E 337.....	9
a. Présentation du service.....	10
b. Organigramme du service .....	11
c. Parc matériel d'extraction S/C -2017 .....	11
2. Types de maintenances appliquées au service 337 .....	12
a. La maintenance corrective .....	12
b. La maintenance préventive .....	12
c. La maintenance systématique et conditionnelle .....	12
IV. Présentation de la machine .....	13
1. Introduction.....	13
2. Architecture élémentaire de la machine 195M .....	13
3. Alimentation de la machine : .....	15
4. Caractéristiques techniques 195M.....	15
5. Systèmes de la machine Dragline 195M .....	16
a. Système de Drague.....	16
b. Système d'Orientation.....	17
c. Système de Translation .....	18
d. Système de Levage .....	19
e. Système de Freinage .....	20



V.	Etudes et analyses des arrêts de la machine 195M.....	21
1.	Les arrêts de l'année 2016 .....	21
2.	Les arrêts de l'année 2017 .....	22
3.	Interprétation de diagramme PARETO.....	22
<b>Chapitre 2 : Présentation de la problématique .....</b>		<b>23</b>
I.	Introduction.....	24
II.	Problématique.....	24
III.	Cahier de charge.....	25
IV.	Planification du problème .....	25
V.	Gestion de projet .....	25
Chapitre 3 : Vision sur le système de levage		
I.	Montage et démontage des composants mécaniques du système.....	28
1.	Mécanisme de levage.....	28
2.	Schéma cinématique du système .....	28
3.	Liste des pièces de rechange.....	29
II.	Le démontage et remontage du système de levage 195M.....	30
1.	Les étapes à suivre .....	30
III.	Procédure de réglage .....	31
1.	Réglage d'alignement.....	32
2.	Réglage de jeu d'engrènement .....	34
a.	Portage des dents.....	35
b.	Jeu d'engrènement.....	35
3.	Réglage des roulements .....	36
<b>Chapitre 4 : Méthodologie de résolution des problèmes.....</b>		<b>38</b>
I.	Identification du phénomène.....	39
1.	Définition du problème :.....	39
2.	Le QQQOPC .....	40
3.	Analyse des risques .....	41
a.	Les dégâts matériels.....	41
b.	Les dégâts humains .....	41
4.	Décomposition des arrêts par système.....	41
II.	Description de fonctionnement .....	42
1.	Chaîne cinématique du système de levage 195m.....	42
2.	Principe de fonctionnement.....	43
3.	Liste des composantes .....	43



4.	Diagramme d'ISHIKAWA.....	44
5.	Paramètre de réglage et de fonctionnement.....	45
III.	Fixation d'objectif.....	45
IV.	Identification des causes racines .....	45
1.	La méthode des 5 Pourquoi .....	46
2.	Les causes racines.....	47
V.	Actions et contre-mesures .....	49
1.	Problème du jeu d'engrènement .....	49
a)	Manque de la compétence de la main d'œuvre .....	49
b)	La non-conformité de la graisse : .....	49
2.	PROBLEME D'ALIGNEMENT.....	49
a)	La durée de vie d'accouplement peut ne pas atteindre celle recommandée par le constructeur : .....	49
b)	Les défauts de montage des roulements .....	51
3.	Vibration de la chaise .....	53
a)	Desserrage des boulons de fixation .....	53
VI.	Mauvais fonctionnement du système de lubrification et Conception d'un nouveau carter 54	
1.	Mauvais fonctionnement du système de lubrification : .....	54
a.	Description du système actuel .....	54
b.	Pourquoi changer ce système .....	55
c.	Le système proposé.....	55
d.	Principe de fonctionnement.....	56
e.	Le lubrifiant utilisé dans ce système : .....	56
2.	Conception d'un nouveau carter.....	58
a.	Choix des joints d'étanchéité .....	59
b.	Choix de niveau d'huile .....	61
c.	Matériau de la fabrication du carter .....	61
d.	Les boulons de fixation.....	62
e.	La vidange.....	67
f.	Le remplissage et le contrôle du niveau d'huile.....	68
g.	Conception du carter sur CATIA : .....	68
3.	Analyse ergonomique.....	71
a.	L'ergonomie.....	71
b.	L'utilisation de la règle RULA.....	71
4.	Nouvelle solution basée sur l'analyse ergonomique .....	73



a.	Etude théoriques de l'installation .....	77
b.	Conception sur Catia V5 .....	79
c.	Remplissage d'huile et vidange .....	79
<b>Chapitre 5 : Valorisation du projet.....</b>		<b>81</b>
I.	Coût de réalisation de solution :.....	82
II.	Les Gains.....	83



## Liste des figures

Figure 1:présentation des secteurs minières de KHOURIBGA .....	4
Figure 2:organigramme de la direction de production de Khouribga.....	4
Figure 3:présentation schématique de la chaîne d'extraction.....	5
Figure 4 SONDEUSE BUCYRUS 50R.....	6
Figure 5: opération de sautage .....	7
Figure 6:décapage par dragline .....	7
Figure 7:décapage par bulls .....	7
Figure 8:défruitage par chargeuse .....	8
Figure 9:défruitage par pelle .....	8
Figure 10:Convoyeurs et transporteurs des phosphates épierrés.....	9
Figure 11:atelier maintenance dragline et pelle .....	10
Figure 12:Organigramme du service .....	11
Figure 13:structure de la machine 195M .....	14
Figure 14:système de drague .....	16
Figure 15:système d'orientation .....	17
Figure 16:système de translation .....	18
Figure 17:système de levage .....	19
Figure 18:système de freinage .....	20
Figure 19: : histogramme des arrêts de 195M pour l'année 2016.....	21
Figure 20:histogramme des arrêts de 195M pour l'année 2017 .....	22
Figure 21:mécanisme de levage .....	28
Figure 22:schéma cinématique .....	28
Figure 23:liste des pièces de rechange .....	29
Figure 24 :Image d'un flasque .....	31
Figure 25 : jeu d'engrètements .....	34
Figure 26 : image d'un fil de plombe.....	35
Figure 27:les 7 étapes de la résolution du problème.....	39
Figure 28: les arrêts de la 195M en 2017 .....	41
Figure 29:schéma cinématique .....	42
Figure 30: diagramme d'ISHIKAWA.....	44
Figure 31:l'histogramme des causes des arrêts du système de levage .....	48
Figure 32:image d'une partie d'accouplement Citroën .....	50
Figure 33: : image d'emplacement des boulons de fixation .....	53
Figure 34 : le système de lubrification actuel .....	54
Figure 35: image des matériaux des joints.....	59
Figure 36 : image de PLASTEX .....	60
Figure 37 : image de l'emplacement des arrêts d'huile dynamiques .....	60
Figure 38 : image du joint à lèvres .....	60
Figure 39: image du joint à deux lèvres .....	61
Figure 40 : image du goujon .....	64
Figure 41 : image de reniflard .....	68
Figure 42 : indicateur du niveau d'huile.....	68
Figure 43:la forme générale du carter .....	69
Figure 44:l'intérieur du carter .....	69

Figure 45:le bac d'huile .....	70
Figure 46:l'emplacement d'inspection.....	70
Figure 47:la partie supérieure .....	70
Figure 48:analyse ergonomique opération 1 .....	72
Figure 49 : analyse ergonomique opération 2 .....	72
Figure 50:analyse ergonomique opération 3 .....	73
Figure 51:analyse ergonomique du champ de vision.....	73
Figure 52:schéma simplifié de l'installation .....	74
Figure 53:fonctionnement de pompe à engrenage .....	75
Figure 54:crépine d'aspiration sur CATIA V5.....	76
Figure 55:filtre à huile sur CATIA V5.....	76
Figure 56: clapet by pass sur CATIA V5 .....	76
Figure 57:régulateur de débit sur CATIA V5.....	77
Figure 58:diagramme de débit volumique en fonction de la section de l'orifice .....	78
Figure 59:conception de la 2 <sup>ème</sup> solution.....	79
Figure 60:vue intérieure du carter .....	80

## Liste des Tableaux

Tableau 1: parc matériel de sidi chennane .....	11
Tableau 2: Caractéristiques techniques 195M .....	15
Tableau 3: les arrêts de l'année 2016 .....	21
Tableau 4: les arrêts de l'année 2017 .....	22
Tableau 5: tableau de QQQOPC .....	40
Tableau 6: tableau des listes des composantes .....	43
Tableau 7: méthode des 5 pourquoi .....	46
Tableau 8: causes des arrêts de système de levage .....	48
Tableau 9: les valeurs recommandées par le constructeur .....	50
Tableau 10: calendrier d'entretien .....	51
Tableau 11: standard d'huile .....	57
Tableau 12 : les caractéristiques de l'acier E295 .....	62
Tableau 13: différents types des boulons .....	63
Tableau 14: tableau de facteur de correction en fonction de la viscosité .....	78
Tableau 15: le gain chiffrable .....	84

## Introduction Générale

Actuellement toutes les entreprises cherchent bien à battre les enjeux qu'elles rencontrent soit au niveau national ou l'international. Parmi les enjeux imposés nous trouvons la compétitivité, la concurrence et les enjeux d'investissement.

Afin de gagner contre ces enjeux, plusieurs changements s'imposent pour la création d'une valeur durable aux seins de ces entreprises. C'est dans ce contexte d'inscrit notre projet de fin d'étude « la minimisation des vibrations au niveau du système du levage de la dragline 195 », qui aspire à augmenter le temps de disponibilité de la machine ainsi, l'augmentation du taux de sécurité et la facilité d'entretien.

Le présent document résume le travail réalisé durant la période des 4 mois du stage, nous allons parcourir les chapitres suivants :

### **Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise d'accueil et aperçu sur la machine 195M**

Ce chapitre définit le contexte général du projet et porte sur deux points essentiels, une vision globale sur l'entreprise d'accueil et une présentation générale de la machine 195M, ainsi des arrêts pour les trois dernières années.

### **Chapitre 2 : Présentation de la problématique**

Ce chapitre présente en détailles la problématique imposée au niveau du système de levage de la dragline 195M.

### **Chapitre 3 : Vision sur le système de levage**

Ce chapitre met l'accent sur les composants mécaniques qui constituent le système du levage : leurs désignations, leurs codes et leurs références, ainsi le mode opératoire pour le démontage et le remontage.

### **Chapitre 4 : Méthodologie de résolution des problèmes**

Ce chapitre présente l'application la méthodologie de résolution des problème MRP pour pouvoir extraire les causes racines de notre problématique, ainsi des solutions appropriées pour les problèmes imposés.

### **Chapitre 5 : valorisation du projet**

Ce chapitre a pour le but de présenter le gain chiffrable et non-chiffrable de notre projet, ainsi il met l'accent sur le coût estimé pour la réalisation des solutions proposées.

# Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise d'accueil et aperçu sur la machine 195M

## Contenu du chapitre

Dans ce chapitre et dans le cadre de préparer le terrain pour le commencement de notre sujet. Il vaut mieux connaître d'abord le milieu avec lequel nous sommes en interaction. Nous allons présenter le groupe OCP comme étant notre entreprise d'accueil, cette présentation va inclure de façon générale la société et les activités d'extraction des phosphates en détails, et de façon précise le service « appelé atelier mécanique 337 » dans lequel nous avons assisté au long de la période du stage.

De plus, nous allons attaquer la machine Dragline 195M, en explicitant les systèmes qu'elle contient ' le système de levage, de dragage, d'orientation et de translation', ainsi leurs schémas cinématiques afin de mieux connaître les composants existants dans chaque système sans oublier une petite analyse des arrêts de la machine.

## **I. Présentation de l'organisme d'accueil**

### **1. Présentation du groupe OCP**

Le groupe OCP (Office chérifien des phosphates) fondé le 7 aout 1920 au Maroc et transformé en 2008 en une société anonyme (OCP SA), est spécialisé dans l'extraction, la valorisation et la commercialisation du phosphate et des produits dérivés. Chaque année, plus de 24 millions de tonnes de minerais sont extraites du sous-sol marocain qui recèle les trois-quarts des réserves mondiales.

Principalement utilisé dans la fabrication des engrais, le phosphate provient des sites de Khouribga, Benguézir, Youssoufia et Boucraâ-Laâyoune. Selon les cas, le minerai subit une 16 ou plusieurs opérations de traitement (criblage, séchage, calcination, flottation, enrichissement à sec...). Une fois traité, il est exporté tel quel ou bien livré aux industries chimiques du groupe, à Jorf Lasfar ou à Safi, pour être transformé en produits dérivés commercialisables : Acide phosphorique de base, acide phosphorique purifié, engrais solides.

Premier exportateur mondial de phosphate sous toutes ses formes, le groupe OCP écoule 95% de sa production en dehors des frontières nationales. Opérateur international, il rayonne sur les cinq continents de la planète.

Moteur de l'économie nationale, le groupe OCP joue pleinement son rôle d'entreprise citoyenne. Cette volonté se traduit par la promotion de nombreuses initiatives, notamment en faveur du développement régional et de la création d'entreprise. Dans un contexte de concurrence accrue, le groupe OCP poursuit la politique de consolidation de ses positions traditionnelles et développe de nouveaux débouchés. Avec une exigence sans cesse réaffirmée : améliorer la qualité de ses produits tout en maintenant un niveau élevé en matière de sécurité et de protection de l'environnement.

### **2. Site d'exploitations minières de Khouribga**

La zone de Khouribga est située à 120 Km au sud - Est de Casablanca. Elle constitue la plus importante zone de production de phosphate. Le site minier compte trois zones d'extraction. Le gisement est de type sédimentaire et les réserves estimées à plus de 35 milliards de m<sup>3</sup>. Les premiers coups de pioche ont été donnés en 1921 par la méthode souterraine. L'introduction de l'exploitation en « découverte » a débuté en 1951. Elle concerne actuellement 7 niveaux phosphatés. La capacité de production s'élève à 19 millions de tonnes par an.

Le site minier comporte deux zones d'extraction MEA, SIDI CHENAN et quatre zones de traitements :

- ✚ Opération de séchage : Oued Zem et Beni Idir.

Opération de lavage : Laverie MEA et Laverie Daoui.

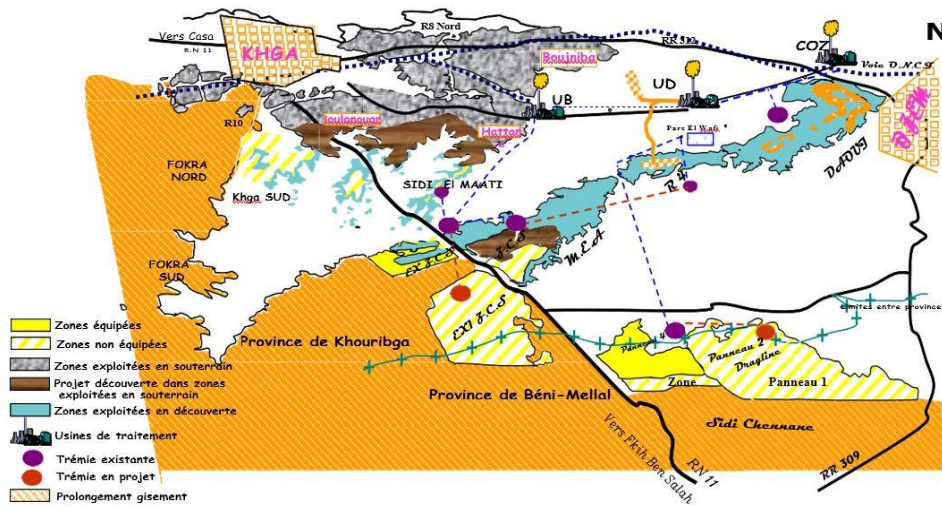


Figure 1:présentation des secteurs minières de KHOURIBGA

### 3. Organigramme de la direction de production de Khouribga

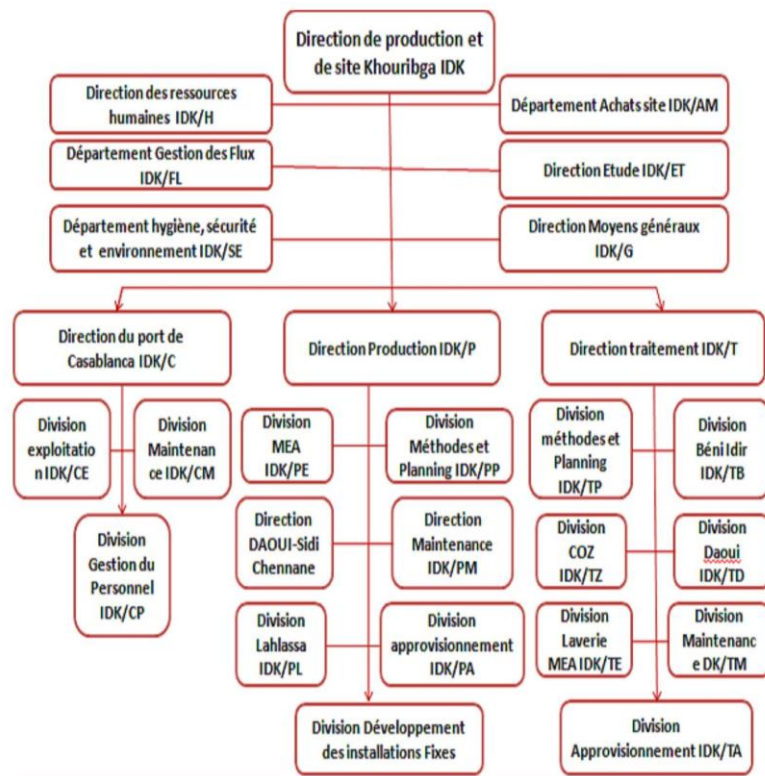


Figure 2:organigramme de la direction de production de Khouribga

## II. Étapes d'extraction du phosphate

La figure ci-après donne une présentation schématique de la chaîne d'extraction en découverte :

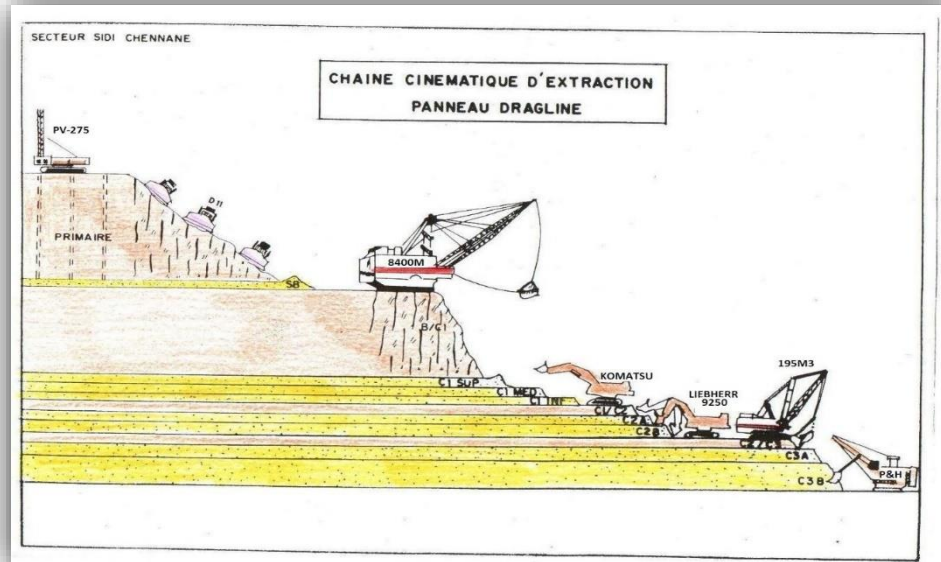
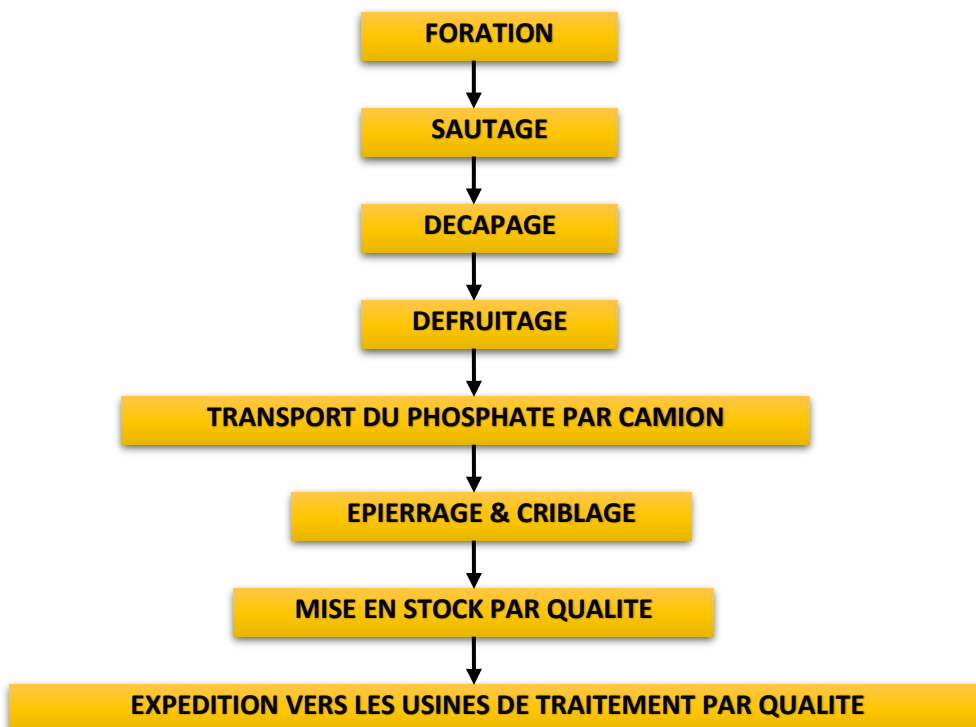


Figure 3:présentation schématique de la chaîne d'extraction.

### 1. Parcours de l'extraction

C'est le parcours que suit l'extraction de phosphate en respectant la teneur de chaque couche.





### a. Foration

Elle consiste à forer des trous de diamètres 9'' = 228 mm, ce choix permet d'avoir une énergie importante dégagée par l'explosif. Ces derniers serviront des loges pour les charges explosives, et leur profondeur dépend de celle du niveau phosphaté.



Figure 4 SONDEUSE BUCYRUS 50R.

### Principe de foration

Il s'agit d'enfoncer une tige dans le sol et de la retirer jusqu'à atteindre le niveau voulu. Il y a des sondeuses électriques BUSYRUS-ERIE 45 R pour les terrains stériles surmontant la première couche. Les trois principales méthodes de foration sont :

- ✚ **Foration par percussion** : elle se fait en battant une tige métallique contre la roche. L'arrivée au niveau phosphaté est assurée par la remonté des débris par un fluide envoyer sous pression de 7 bar qui permet de plus le refroidissement de l'outil de percussion.
- ✚ **Foration par rotation** : elle est basée sur la désagrégation de la roche obtenue par la rotation d'un outil sur lequel on exerce une certaine pression. Il existe deux types de forage :
  - Les forages où l'outil est couronne : Carottage.
  - Forages au tricône : pour la confection des trous.
  - Foration par roto percussion : c'est la combinaison des deux.
- ✚ **Foration par roto percussion** : c'est la combinaison des deux.

### b. Sautage

Cette opération consiste à mettre l'explosif dans les trous de foration et procédé au tir. L'explosif utilisé dans le les mines à ciel ouvert de K HOURIBGA est l'Ammonix composé de nitrate d'ammonium 94% et de fuel 6%. Le choix de telle explosif est justifier par le fait qu'il est :

- ✓ Sécuritaire : insensible au choc (10 kg / cm<sup>2</sup>)
- ✓ Economique : 4 DH / kg.
- ✓ Facile à mettre on ouvre.



Figure 5: opération de sautage

### c. Décapage

Le décapage sert à enlever les morts terrains pour découvrir les couches phosphatées. On distingue plusieurs modes de décapage suivant la hauteur des recouvrements :

- + Décapage par dragline pour les hauts recouvrements
- + Décapage par bulldozers pour les bas recouvrements.
- + Chargement et transport : en cas d'impossibilité de cassement.



Figure 6: décapage par dragline



Figure 7: décapage par bulls

### d. Défruitage

Le défruitage est l'opération qui consiste à charger et transporter le minerai vers des trémies ou des stocks, il y a plusieurs méthodes pour le faire :

- Défruitage par la chargeuse qui est utilisée pour défruitier les niveaux minces.



Figure 8:défruitage par chargeuse

- Défruitage par roues pelles (le minerai est transporté par convoyeurs).



Figure 9:défruitage par pelle

### e. Transport

Le transport vers les trémies d'épierreage et criblage est assuré par des camions de capacité de 110 t et de 170. Le transport est assuré par deux moyens :

- **Les camions** : Ces engins transportent le minerai du lieu d'extraction jusqu'aux trémies de l'installation d'épierreage, comme ils le transportent aussi aux stocks.
- **Les convoyeurs** : ils assurent la liaison entre les stocks et les lieux d'épierreage, et entre les différents stocks.

#### f. Epierreage – criblage et mise en stock

Cette opération close le cycle de la chaîne cinématique. Elle consiste à un simple traitement du P 205 qu'on peut le résumer dans les étapes suivantes :

- Dépôt du phosphate dans les trémies.
- Passage par l'extracteur métallique.
- Epierreage sur le crible de maille 90\*120 mm<sup>2</sup>.
- Passage du refus de crible par le concasseur.
- Le passant du crible est porté par des convoyeurs au recribleur à 2 étages. Le premier a pour maille 55\*32, le second a 15\*32.



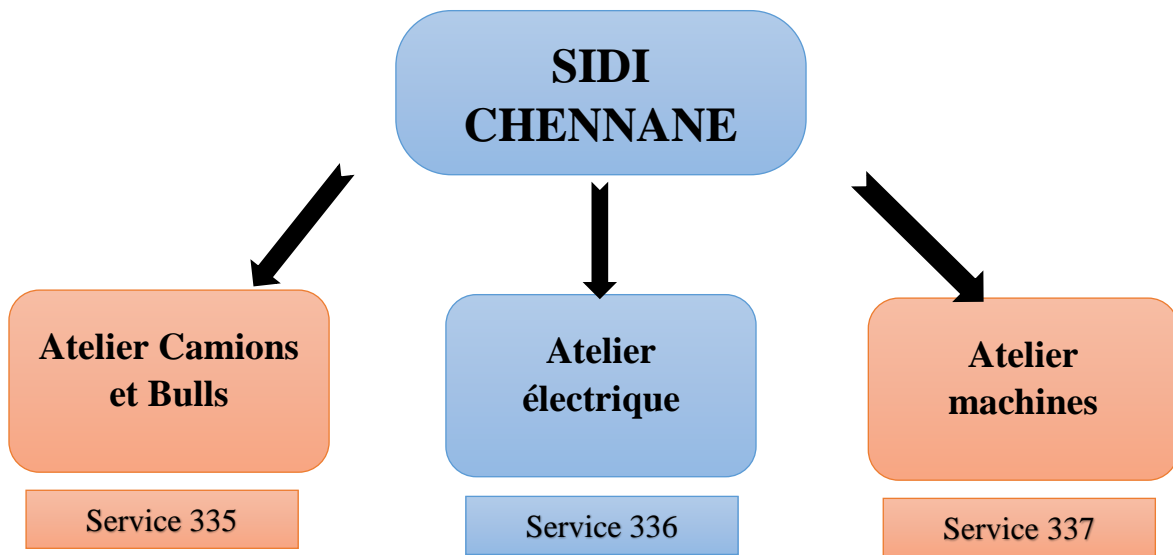
Figure 10:Convoyeurs et transporteurs des phosphates épierrés.

### III. Présentation du lieu de stage

#### 1. Service OIK/C/E 337

Le secteur Sidi Chennane est une nouvelle mine dont l'activité a démarré en 1994, c'est un secteur minier en pleine expansion, avec une production d'environ 6 Mt des phosphates en moyenne par an, et une réserve de 331Mt.

Le secteur SIDI CHENNANE est divisé en trois principaux ateliers :



#### a. Présentation du service

Le service 337 s'occupe de la maintenance des machines d'excavation et de foration au site de Sidi CHENNANE dans le but d'assurer une meilleure disponibilité mécanique des machines, afin de réaliser le programme de production prévu pour ce secteur. Pour ce faire, il est doté d'un potentiel humain et matériel nécessaire pour accomplir cette responsabilité.



Figure 11: atelier maintenance dragline et pelle

## b. Organigramme du service

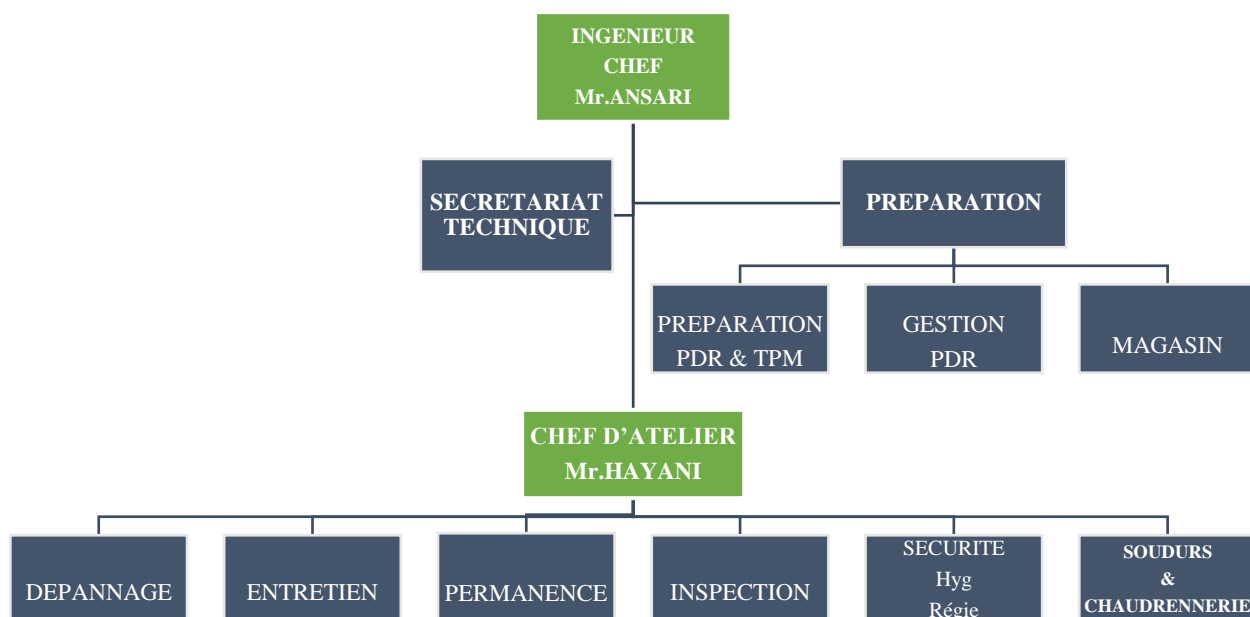


Figure 12:Organigramme du service

## c. Parc matériel d'extraction S/C -2017

Tableau 1:parc matériel de sidi chennane

Engins	Désignation	Capacité (m3)	Nombre	Date acquisition	Age
8400M	Draglines	48	1	1970	46
195M3		14	1	1994	22
200B (2-3)		10	2	1971	45
280 B1	PELLES	12	1	1970	46
PH (1-2)		17	2	1980	36
LIBHERE 4		15	1	2013	3
KOMATSU PC		15	3	2010-2009-2014	5
CAT 6040		22	1	2016	1
ATLAS COPCO 275E	SONDEUSES	228-279	1	2009	7
T48H		152-228	1	2006	10
DML		200-254	1	2014	3
SANDVIC (1-2)		200-280	2	2013	3
SK 60		200-280	1	1986	30
KOMATSU 730 E	CAMION DE CHANTIER	170 T	13	2007	90
UNIT RIG MT 3700		186 T	2	2016	1

<b>UNIT RIG MARK 36</b>		170 T	10	1979	37
<b>UNIT RIG M100</b>		110 T	4	1971-1975	45
<b>CAT 8348</b>	BULLS SUR PNEUS	7	2	1999	17
<b>PAY KOM</b>		8	7	1999-2012	11
<b>CAT D11</b>	ENGINS DE TERRASSEMENT	34	14	1992-2013	14
<b>KOM D 475</b>		34	3	2006-2012	6
<b>CAT D9R</b>		13	18	1998-2009	12
<b>KOMATSU</b>	NIVELEUSES	-	5	1999-2009	12
<b>CATERPILLAR</b>		-	3	1979-1992	37
<b>CAT 994 F</b>	CHARGEUSES	17	1	2009	7
<b>DART 620 C</b>		8	1	1991	25

## 2. Types de maintenances appliquées au service 337

La mission du service 337 est d'assurer la disponibilité des machines (dragline, sondeuses et pelles) et leur fiabilité avec un coût optimum tout en assurant une meilleure sécurité.

Pour qu'il puisse remplir sa mission, le service applique des différentes formes de maintenance.

### a. La maintenance corrective

Le dépannage : effectuées dans le chantier, dans le cas des petits problèmes qui ne dépassent pas une dizaine de minutes en raison de remettre en état les organes défectueux.

La réparation : effectuées à l'atelier ou au chantier par les équipes d'interventions spécialisées en vue d'une remise en état définitif.

### b. La maintenance préventive

Les inspections : l'inspecteur a pour rôle de vérifier l'état de la machine, détecter les pannes éventuelles et préparer les interventions.

### c. La maintenance systématique et conditionnelle

Le service adopte des interventions basées sur une périodicité bien déterminée, de plus quelques interventions basées sur un paramètre d'usure bien déterminé.

## IV. Présentation de la machine

### 1. Introduction

Les draglines sont des machines qui permettent la découverte des couches phosphatées pour qu'elles soient disponibles au transport. Elles jouent un rôle primordial dans l'exploitation minière, en particulier dans l'extraction des phosphates et constituent ainsi le support de la production.

La dragline 195M3 est la machine la plus moderne au niveau technologique, travaillant dans le secteur d'extraction à DEK/EK (division d'extraction Khouribga), et mise en service depuis 1995.

La dragline 195M3 est une machine électrique destinée à travailler dans des mines à ciel ouvert, elle est fabriquée par Marion Power Shovel. Elle est destinée généralement à dégager la première couche du sol stérile, pour permettre le défruitage des couches de Phosphate. Cette opération est appelée décapage.



Afin d'accomplir la mission de décapage, la dragline 195M3 est équipée d'un arsenal de moteurs puissants, d'organes mécaniques robustes, d'un équipement de protection du matériel électrique et mécanique et d'une logique de commande assez sophistiquée.

La 195M3 est employée pour décaper la couche du sol inutile (stérile), pour cela elle ramasse le sol par le godet dans un mouvement appelé dragage, puis elle le lève (levage), avant que le bâti tournant (rotating frame) ne tourne tout entier (orientation), pour permettre enfin de dégager ce sol dans une zone à part. Après, le bâti tournant retourne à sa position initiale et le cycle recommence.

### 2. Architecture élémentaire de la machine 195M

De point de vue structure, la dragline 195m peut être décomposée en six parties :



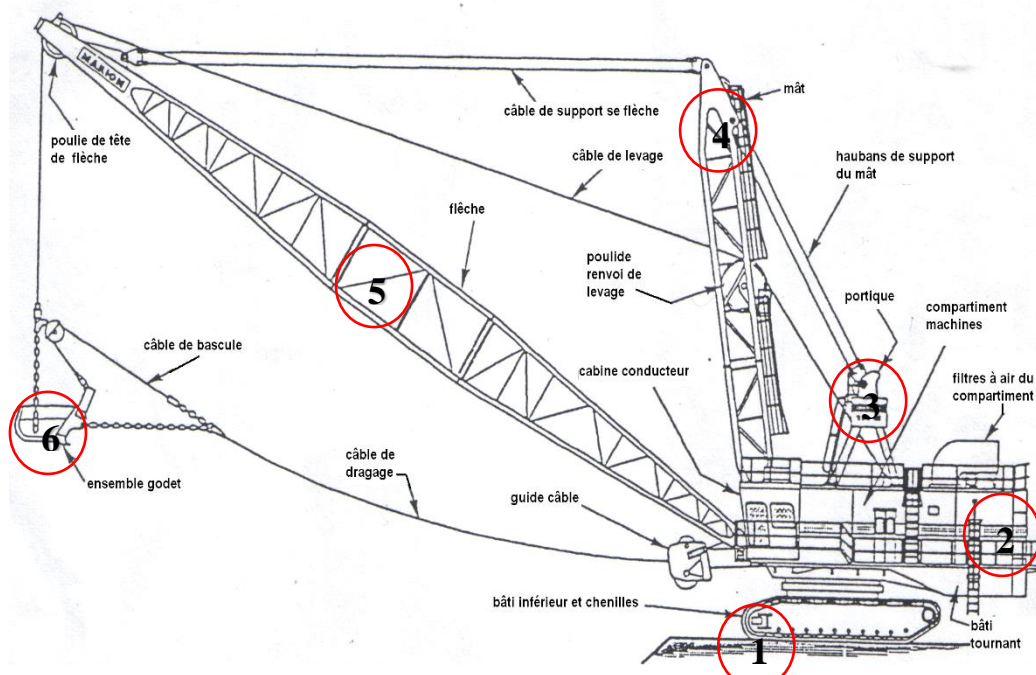


Figure 13: structure de la machine 195M

**1-Plateforme fixe :** C'est la base de la machine ou bien la partie inférieure.

**2-Plat forme tournante :** Elle repose sur la plateforme fixe par l'intermédiaire du chemin des galets et du pivot central.

**3-Le portique (le chevalier fixe):** Il permet le maintien de la flèche et du mât à l'intermédiaire des haubans, il contient la poulie de renvoi de câble qui permet la descente de la flèche et les points d'amarrage des haubans.

**4-Le Mât :** Il a une position inclinée, articulée à la plateforme tournante et rendu rigide en arrière par deux haubans (deux câbles de précontrainte du mât) articulées au portique qui est lui-même fixé à la plateforme tournante.

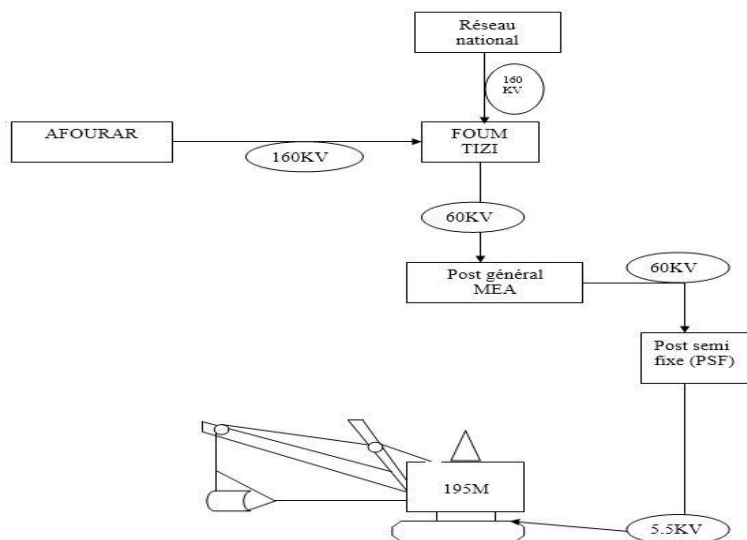
Le mât comporte deux poulies, une pour le guidage et le renvoi du câble de levage, et l'autre pour permettre la descente de la flèche et le mât.

**5- La flèche :** C'est grâce à elle que le godet peut travailler loin de la machine, sa longueur et son angle d'inclinaison déterminent le rayon d'action de la machine.

**6-Le Godet :** C'est l'outil de travail de la machine, il est articulé au câble de levage et de dragage par chaînes, et à un câble de bascule qui permet de décharger le godet lorsque le câble de dragage est détendu

### 3. Alimentation de la machine :

Elle est alimentée à partir d'un réseau de câbles branchés sur un PSF (poste semi fixe), sous une tension de 5500V triphasée, 50Hz. Le câble est branché dans la partie fixe de la machine et c'est grâce au circulaire moyenne tension que l'alimentation est transmise vers la partie tournante de la machine via les charbons.



### 4. Caractéristiques techniques 195M

Tableau 2:Caractéristiques techniques 195M

Prix et date d'acquisition	64.024.710 DH / 94
Longueur de flèche	45,7 m
Angle de flèche	37°88'
Rayon de travail	40 m
Profondeur de drague	35,4 m
Longueur du câble de drague (ø 63)	67 m
Longueur du câble de levage (ø63)	132 m
Hauteur du sol au sommet du portique et en tête de flèche	11,60 m
Hauteur de déversement	20,9 m
Capacité du godet	12,2 m3
Vitesse de drague à 75% de la puissance maxi	2,7 tr/mn
Vitesse de levage en charge	2,7tr/mn
Poids de la machine en ordre de marche	633 t
Puissance totale des moteurs de drague (Nbre =1)	596 kW
Puissance totale des moteurs de levage (Nbre =1)	596 kW
Longueur et largeur des chenilles	11,07m - 1,83m
Surface de contact des chenilles avec le sol	40,52 m2
Pression au sol en position de travail	15,62 t/m2
Tension d'alimentation	5500V (50 HZ)

Vitesse de déplacement	1600 m/h
Rendement	320 m <sup>3</sup> /h

## 5. Systèmes de la machine Dragline 195M

### a. Système de Drague

C'est l'opération qui consomme le plus d'énergie. Le pignon d'attaque du moteur entraîne une couronne montée folle sur un arbre. L'embrayage à bande peut créer au moment voulu une liaison et donc en entraînement de l'arbre précité sur lequel est monté un pignon engrenant avec une couronne solidaire du treuil de dragage.

Le treuil de drague est solidaire de la grande couronne à l'intermédiaire des boulons, le but de la réduction est d'avoir un couple suffisant pour actionner le treuil.

L'accouplement entre le moteurs et l'entrées du réducteur est élastique (CITROEN) afin d'éviter les vibrations, amortir le couple de démarrage et compenser les petits défauts d'alignement des arbres.

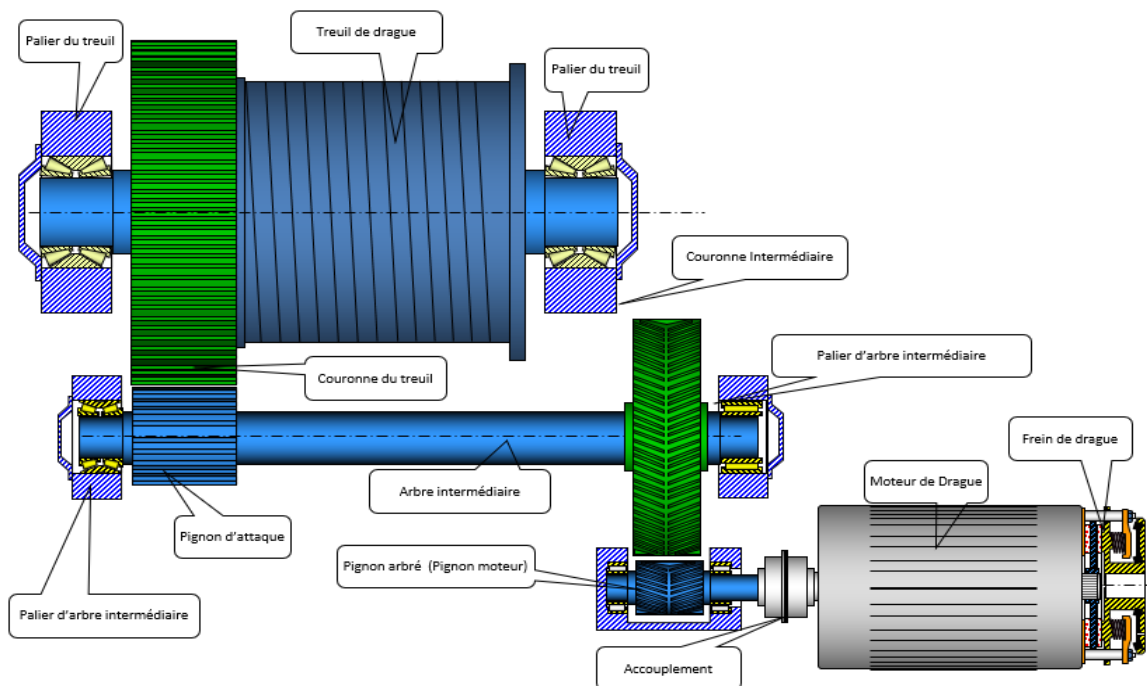


Figure 14:système de drague

## b. Système d'Orientation

L'orientation est indépendante des autres fonctions. Elle est servie par deux moteurs électriques à courant continu. Chaque moteur entraîne un réducteur qui à son tour entraîne un pignon attaquant la couronne fixe sur l'infrastructure de la machine.

Le mécanisme d'orientation est installé sur la structure du bâti tournant. Le mécanisme est composé de deux ensembles, chacun d'eux comprenant un frein, un moteur, un ensemble d'engrenages à deux étapes de réduction, et un arbre principal d'orientation. Le pignon principal d'orientation, placé à la base de l'arbre principal, s'engage dans l'engrenage principal de rotation installé sur le bâti inférieur.

Un frein à disque pneumatique, à ressorts de rappel est installé au-dessus de chaque moteur. Les freins sont destinés au blocage de l'engin à l'arrêt. Ils ne sont pas utilisés en tant que frein d'opération excepté en cas d'urgence.

Les mouvements d'orientation sont stoppés ou renversés à l'aide de la commande manuelle d'orientation.

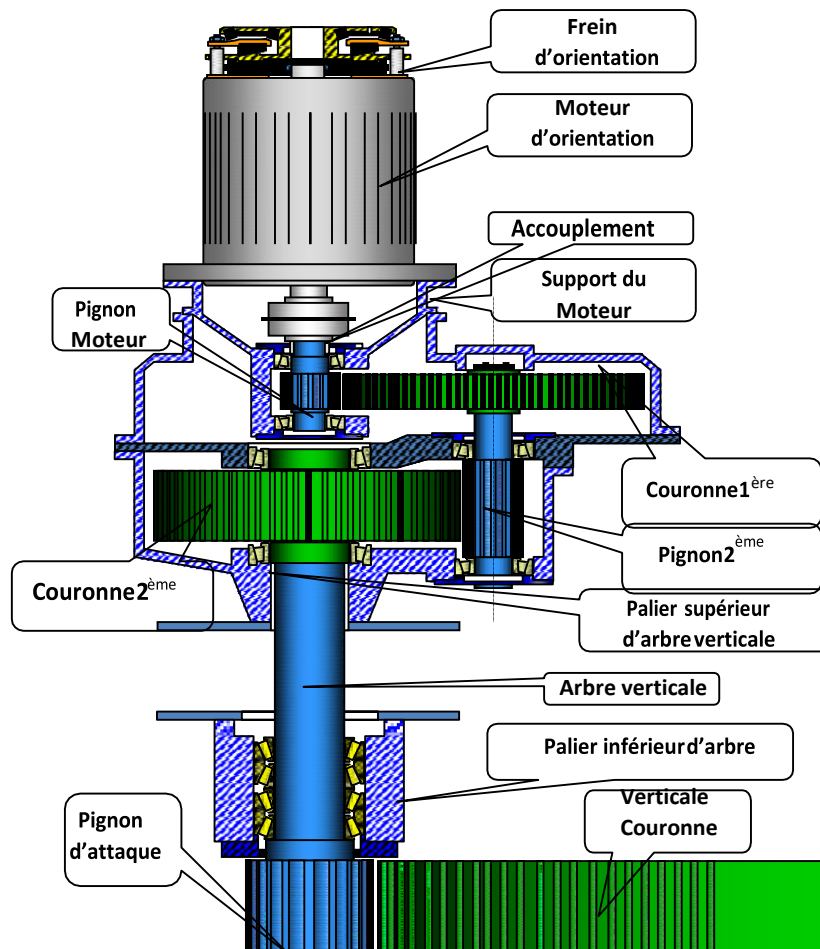


Figure 15: système d'orientation

### c. Système de Translation

La couronne engrenée avec une autre couronne montée folle sur un arbre muni d'un pignon baladeur. Ses cannelures lui permettent, avec l'arbre, une fixation en rotation et un déplacement longitudinal possible par l'intermédiaire d'un piston et d'une fourche liés par une tringlerie.

En engrenant le pignon baladeur, le premier arbre de translation est ainsi entraîné en rotation et par conséquent les 2ème, 3ème et 4ème arbres grâce aux 3 couples coniques, un sur la superstructure et les deux autres sur l'infrastructure.

Les deux crabots permettent :

- La translation : entraînement des deux barbotins.
- Le braquage : immobilisation d'un barbotin et entraînement de l'autre.

Le système de translation est constitué de deux moteurs à courant continue et deux réducteurs à trois réductions qui entraînent les deux chenilles.

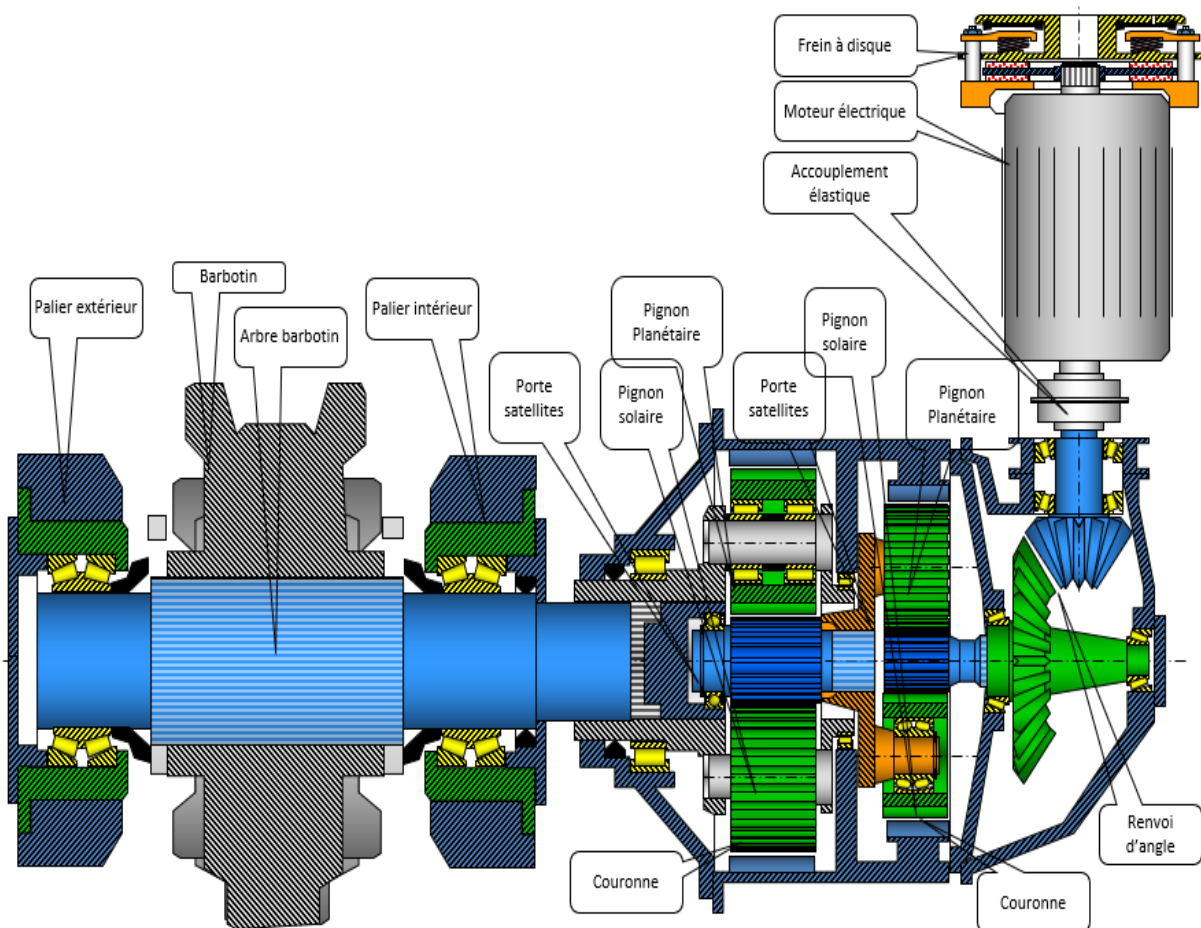


Figure 16:système de translation

#### d. Système de Levage

Le levage, indépendamment des autres fonctions, est assuré par un moteur et deux réductions entraînant un treuil. La même chaîne est utilisée pour la manœuvre de la flèche en remplaçant le câble de levage par celui de dragage et en le faisant pousser par un moulage prévu à cet effet. L'arbre intermédiaire de levage est supporté par un roulement à double rangé de galets coniques.

Le roulement de l'extrémité pignon de l'arbre est fixe, pour empêcher tout mouvement axial.

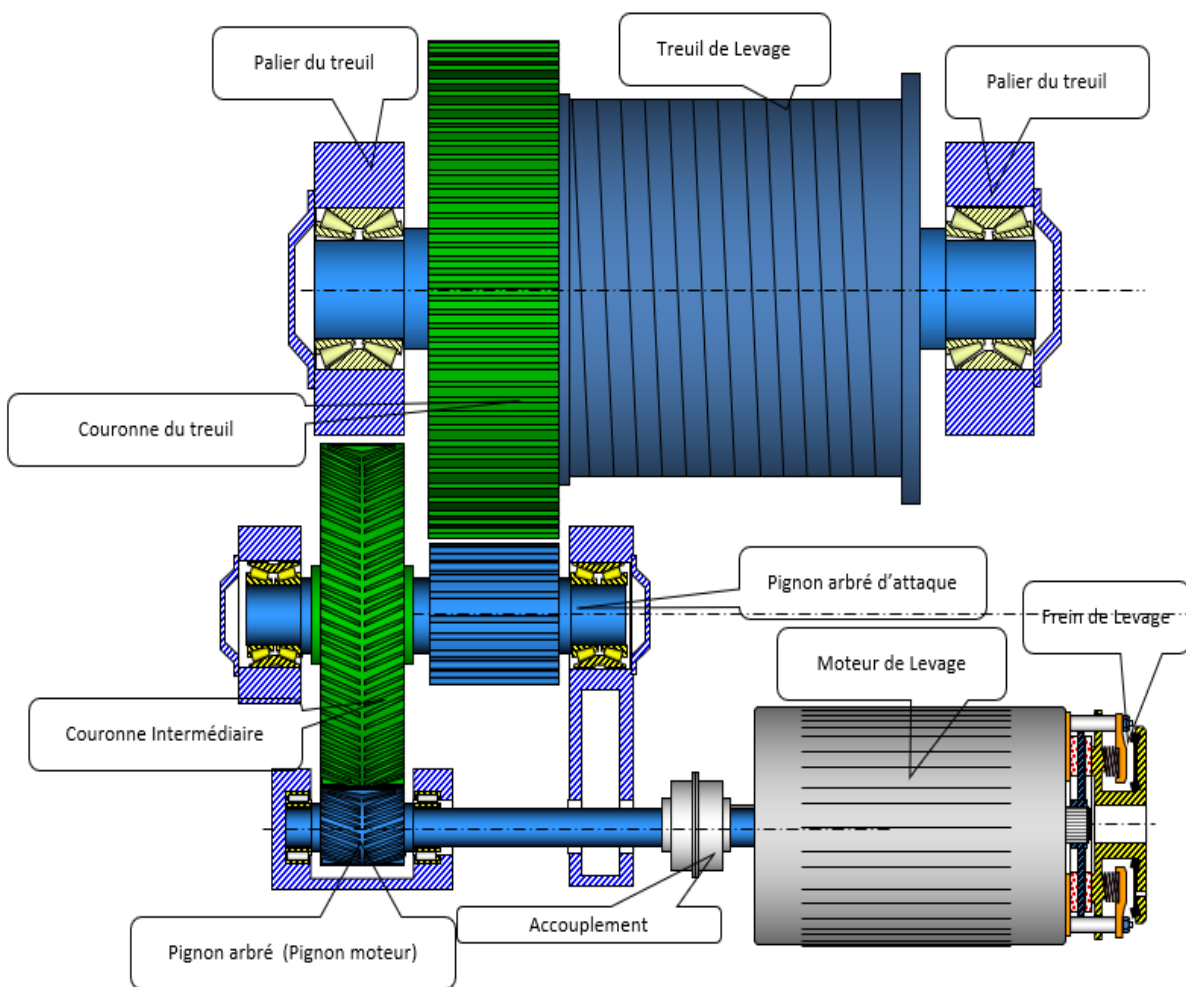


Figure 17:système de levage

### e. Système de Freinage

Dans cette machine chaque système a son propre frein , dans le tableau ci-dessous on trouve les freins existants.

Frein de levage	Frein d'orientation	Frein de translation
-----------------	---------------------	----------------------

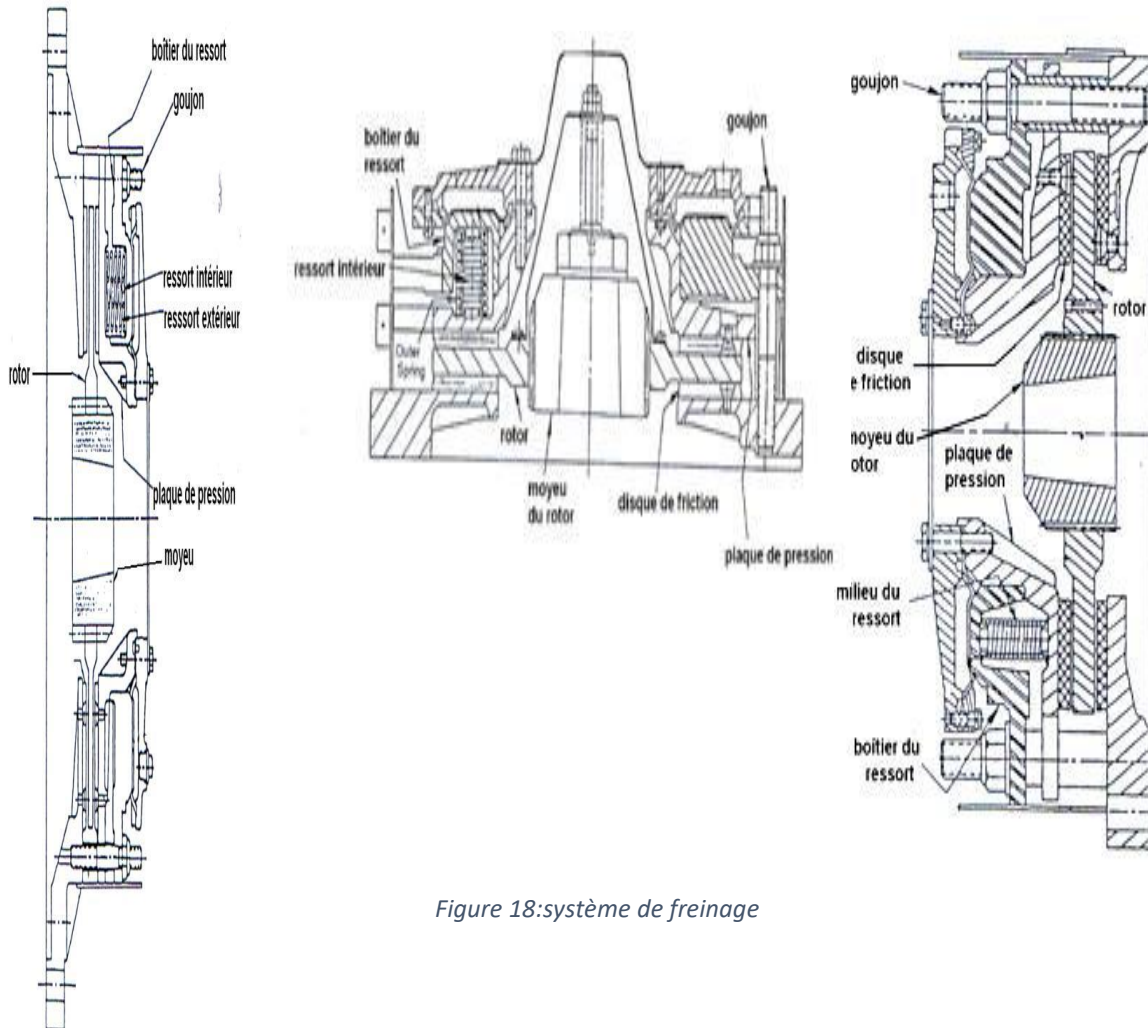


Figure 18: système de freinage

- **Fonctionnement des freins**

Quand la pression d'air est trop faible, le ressort verrouille le disque entre les disques ou la bride de montage et la tête de pressurisation. Pour déverrouiller le frein, l'air entre à travers la bride à l'intérieur de la cavité du diaphragme. En augmentant, la pression d'air fait reculer la bride, la faisant s'écarter du logement du ressort. La bride est boulonnée à la tête de pressurisation et se déplace dans la même direction que celle-ci en comprimant le ressort et en déverrouillant le frein.

## V. Etudes et analyses des arrêts de la machine 195M

Après avoir accès à l'historique des arrêts de la 195M de 2016 jusqu'à 2017 nous avons construit des diagrammes PARETO pour chaque année, cet outil est un graphique à colonnes qui présente les informations par ordre décroissant et fait ainsi ressortir le ou les éléments les plus importants qui expliquent un phénomène ou une situation. Dans notre cas le diagramme PARETO permet de hiérarchiser les arrêts en fonction de nombre d'occurrence et ainsi de définir des priorités dans le traitement des arrêts :

### 1. Les arrêts de l'année 2016

Tableau 3: les arrêts de l'année 2016

ARRET	FREQUENCE	TEMPS D'ARRET	TEMPS D'ARRET ANNUEL	POURCENTAGE	FREQUENCE CUMULE
Levage	3	12	36	32,438%	32,438%
Godet & accessoires	4	9	36	32,438%	64,877%
Drague	3	4,5	13,5	12,164%	77,041%
Orientation	2	5	10	9,011%	86,052%
Câbles métalliques	4	2,37	9,48	8,542%	94,594%
Chenille	1	6	6	5,406%	100,000%
Somme			110,98	100,000%	

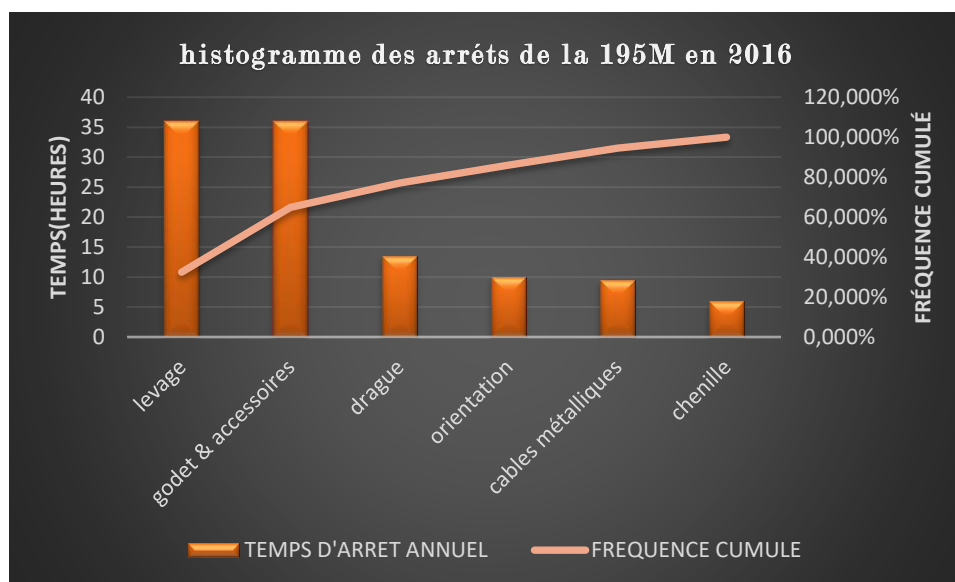


Figure 19: : histogramme des arrêts de 195M pour l'année 2016



## 2. Les arrêts de l'année 2017

Tableau 4: les arrêts de l'année 2017

ARRET	FREQUENCE	TEMPS D'ARRET	TEMPS D'ARRET ANNUEL	POURCENTAGE	FREQUENCE CUMULE
Levage	3	9,22	27,66	51,470%	51,470%
Drague	2	7,23	14,46	26,907%	78,377%
Câbles métalliques	1	3,38	3,38	6,290%	84,667%
Godet & accessoires	2	2	4	7,443%	92,110%
Orientation	1	3,24	3,24	6,029%	98,139%
Chenille	2	0,5	1	1,861%	100,000%
Somme			53,74	100,000%	

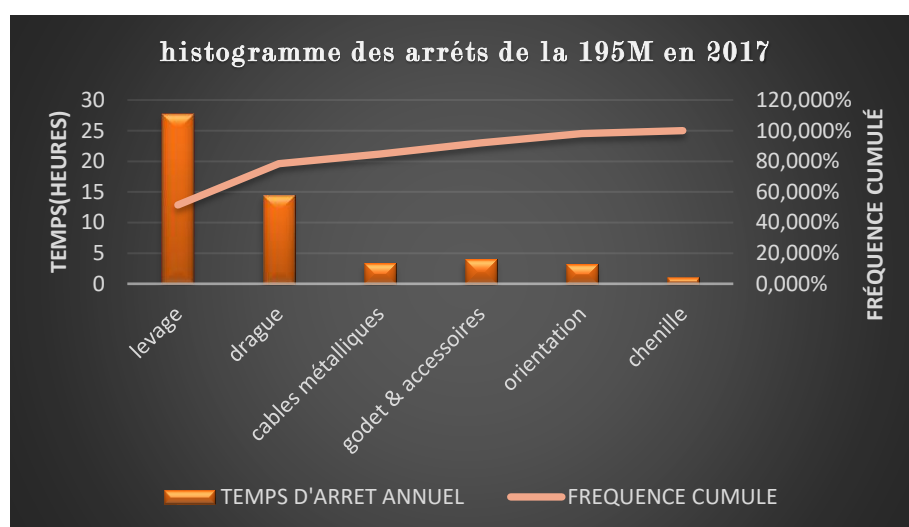


Figure 20: histogramme des arrêts de 195M pour l'année 2017

## 3. Interprétation de diagramme PARETO

D'après ce qui est en précédent, nous avons constaté que les travaux liés aux systèmes de levage et de drague représentent 80 % de la durée globale des arrêts de la machine 195 M. Il est donc nécessaire de réagir sur ces deux arrêts afin de diminuer le temps d'arrêts de la machine. Puisque notre problème de vibration apparait juste sur le système de levage donc le système de drague nécessite une autre étude. C'est pour cela nous allons traiter que le système de levage.

### Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons mis le point sur le groupe OCP et l'atelier DRAGLINE ou nous avons effectué notre projet de fin d'études. Ainsi, nous avons aborder plusieurs informations sur la machine 195M et le fonctionnement de ses systèmes.

## **Chapitre 2 : Présentation de la problématique**

### **Contenu du chapitre**

Dans ce chapitre nous allons présenter en détailles la problématique imposée au niveau du système de levage de la dragline 195M, ainsi les problèmes qui peuvent se dévoiler à cause de cette problématique.

De plus, nous allons mettre l'accent sur le cahier de charge qui contient les axes sur les quelles, nous allons mieux détailler et les étapes à suivre pour ce fait.

## I. Introduction

Durant nos premières semaines d'assistance dans l'atelier dragline (la maintenance des engins mécaniques) à l'OCP, nous avons remarqué que tout le personnel du chef du service jusqu'à les opérateurs ont un but fondamental dans leur travail quotidien. C'est d'éviter strictement les pannes des machines et surtout les plus critiques en utilisant la maintenance préventive des machines ainsi le respect des heures de marches des composants qui consistent une maintenance systématique.

Malgré tous ces efforts, on aura de temps en temps des pannes qui consistent un long temps de réparation soit sur le champ au chantier, soit quand il nécessite un démontage du système contenant le problème puis sa préparation dans l'atelier avant de continuer son fonctionnement.

Ces longs arrêts concernent les grands composants comme un moteur thermique, une pompe, un pignon moteur ou une couronne, ainsi un roulement qui nécessite un énorme travail de démontage comme celui du dragline 8400.

## II. Problématique

Aujourd'hui, toutes les sociétés peu importe leurs tailles cherchent à maximiser les bénéfices. Et l'OCP de son rôle cherche à améliorer les moyens de la production et du rendement, cette amélioration consiste à minimiser le temps d'indisponibilité des machines. Vu le travail continu et forcé des engins, ces dernières rencontrent des problèmes au niveau des systèmes et leurs composants mécaniques, ce qui provoque des vibrations défavorables qui influencent négativement sur le rendement des machines.

Nous avons vu durant notre inspection sur les machines existantes dans le chantier que ces vibrations remarquables fait face à des nombreux problèmes tel que :

- Usure de la denture des engrenages.
- Détérioration des roulements.
- Un bruit insupportable lors du fonctionnement des machines.

Notre projet était sur l'analyse de l'état du dragline 195M qui rencontre des vibrations très délicates au niveau du système de levage.

Notre mission se représente dans le fait de chercher lequel des composants mécaniques constituant le système de levage est la raison critique de ces vibrations.

### III. Cahier de charge

Pour atteindre nos objectifs de stage, nous avons procédé par les étapes suivantes :

- Décomposition du système du levage.
- Connaître comment il se fait le montage et le démontage de ce système.
- Suivre la procédure du réglage des jeux d'engrènement et d'alignement.
- Vérification de la compatibilité de l'état actuel des composants du système avec les standards du constructeur.
- Détection des sources des vibrations.
- Application de la méthode MRP (méthode de résolution des problèmes).
- Proposition des solutions.

### IV. Planification du problème

La planification du problème est la phase cruciale de l'avant-projet elle consiste à prévoir le déroulement du projet tout au long des phases constituant le cycle de développement grâce aux réunions tenues avec les responsables, nous avons pu discerner plusieurs étapes dans le cadre de ce projet.

#### Etape 1 : étude d'existant

- Collecte des informations et documentations
- Description de l'environnement du travail
- Interaction avec la machine 195M : connaître ses circuits et comment ils se fonctionnent.

#### Etape 2 : vision sur le système de levage

- Montage et démontage des composants mécaniques du système
- Procédure de réglage des jeux.

#### Etape 3 : Utilisation de la méthode MRP (Méthodologie de résolution des problèmes)

- La recherche des causes racines du problème
- Etude des solutions

#### Etape 4 : Qualification de la valeur ajoutée et préparation de la synthèse

- Valorisation de l'apport du projet sur la productivité.

### V. Gestion de projet

Ce diagramme présenté ci-dessous, nous a servi de fil conducteur tout au long du projet. Il nous a permis d'ajuster les dérives et de maîtriser la gestion du temps alloué pour sa réalisation.

	i	Mode Tâche	Nom de la tâche	Durée	Début	Fin	Prédé
DIAGRAMME DE GANTT	1	★	collecte des informations et documentation	15 jours	Lun 15/01/18	Ven 02/02/18	
	2	★	interaction avec la machine	11 jours	Lun 05/02/18	Lun 19/02/18	1
	3	★	savoir la procédure de réglage des jeux ainsi la prise de charge des roulements	15 jours	Mar 20/02/18	Lun 12/03/18	2
	4	★	la recherche des causes racines du problème	22 jours	Mar 13/03/18	Mer 11/04/18	3
	5	★	etude des solutions	8 jours	Jeu 12/04/18	Lun 23/04/18	4
	6	★	conception d'un carter de lubrification	9 jours	Mar 24/04/18	Ven 04/05/18	5
	7	★	présentation des propositions	1 jour	Lun 07/05/18	Lun 07/05/18	6
	8	★	validation de solution	4 jours	Mar 08/05/18	Ven 11/05/18	7
	9	★	rédaction du rapport	72 jours	Lun 05/02/18	Mar 15/05/18	1

Les activités du tableau sont représentées dans le planning GANTT :

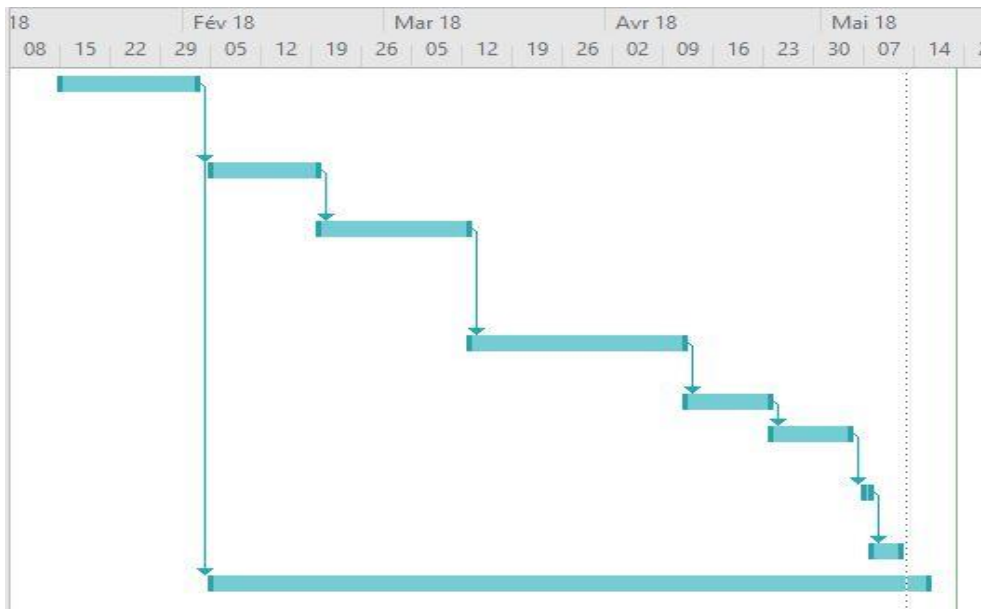


Figure : diagramme de Gantt

## Conclusion

Dans ce chapitre nous avons mis notre problématique sous projecteurs afin de pouvoir l'explicitier et l'analyser de tous côtés pour pouvoir par suite proposer des solutions efficaces qui seront réaliser et qui vont améliorer la productivité de la machine.

## **Chapitre 3 : Vision sur le système de levage**

### **Introduction**

Dans ce chapitre, nous allons nous concentrer sur le système contenant le problème imposé dans la problématique citée précédemment, il s'agit du système du levage.

Nous allons mettre l'accent sur les composants mécaniques qui constituent ce système : leurs désignations, leurs codes et leurs références, ainsi le mode opératoire pour le démontage et le remontage.

De plus, nous expliquerons comment procéder pour régler les jeux (jeux d'engrènement et l'alignement).

## I. Montage et démontage des composants mécaniques du système

### 1. Mécanisme de levage

Ce schéma représente le mécanisme du levage en détail.

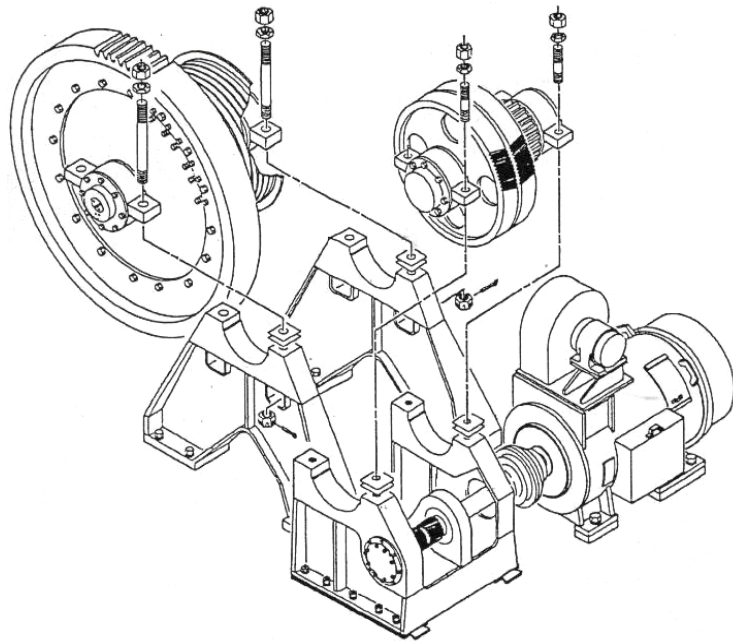


Figure 21:mécanisme de levage

### 2. Schéma cinématique du système

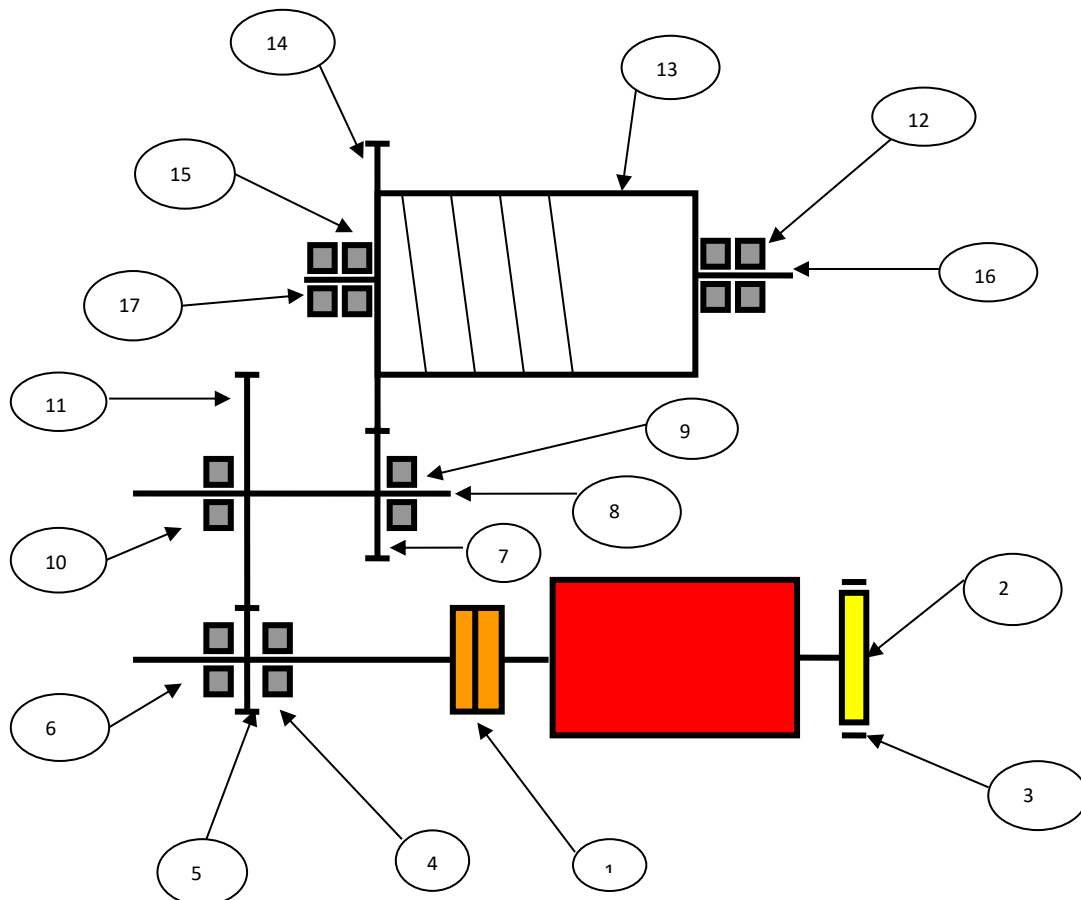


Figure 22:schéma cinématique

### 3. Liste des pièces de rechange

Rep	Désignation	Reference	Code	Qtité inst
1	Accouplement	MC-104A	82900542	1
2	Jante	598C176B	82900308	1
3	Bande	10F320 et 535d103	82900382	2
4	Roulement	60R1U249	89323038	1
5	Pignon arbré	653CF58	82900912	1
6	Roulement	60R1U249	89323038	1
7	Pignon arbre	680C30	82900906	1
8	Arbre	94F221		1
9	Roulement	EE126097 126151D	83290066	1
10	Roulement	NA190950 171457D	83290328	1
11	Couronne	339C106	82900910	1
12	Roulement	EE126097 126151D	83290066	2
13	Treuil	643CF151A	82903907	1
14	Couronne	665C16	82900907	1
15	Roulement	EE126097 126151D	83290066	2
16	Bout d'arbre			1
17	Palier			
18	Axe de la poulie de levage			1
19	Roulement de poulie de levage			2
20	Poulie de levage			1

Figure 23:liste des pièces de rechange



## II. Le démontage et remontage du système de levage 195M

Dans le cadre de vérification des composants qui constituent le système de levage de la dragline 195M, les techniques de démontage jouent un rôle très important de telle façon que le temps qui peut être gaspiller à cause d'une méthode non tellement efficace de démontage va enlever le temps d'arrêt de la machine et alors une influence directe sur la productivité de la machine.

Par suite, après notre assistance à un démontage complet du système de levage, nous présentons les étapes à suivre.

### 1. Les étapes à suivre

- ✚ Positionnement de la machine : c'est la première étape et celle la plus important, c'est une étape basique qui permet aux techniciens qui ferons le démontage de trouver la machine dans un positionnement optimal et qui leur permet d'appliquer les étapes suivantes avec flexibilité.
  
- ✚ Le démontage de la partie supérieure du système :
  - ❖ Démontage du câble de levage.
  - ❖ Démontage des 2 paliers rep 12,15 : c'est une étape essentielle pour qu'on puisse enlever le treuil.
  - ❖ Dépose du treuil rep 13.
  
- ✚ Démontage du moteur électrique : cette opération permet d'isoler la partie électrique qui est représenter par un entrainement du moteur, de la partie mécanique pour pouvoir vérifier cette dernière d'une manière plus à l'aise.
  
- ✚ Le démontage de la partie intermédiaire du système :
  - ❖ Démontage des 2 paliers de l'arbre intermédiaire rep 9 et 10
  - ❖ Dépose de l'arbre intermédiaire.

- ✚ Démontage des flasques du pignon arbré rep 8 : les flasques ont le rôle de bien fixer le pignon arbré, leur démontage permet un dépose facile su pignon.



Figure 24 :Image d'un flasque

- ✚ Extraire l'arbre rep 5
- ✚ Faire l'expertise des pièces démontées pour le chargement se réfère aux pièces de rechange dans la liste.

Les étapes citées ci-dessus sont celles les plus importantes pour faire un démontage correct de notre système. Le remontage se fait de la même façon en appliquant la même procédure mais au sens inverse. Et ça après avoir faire les changements pour lesquelles nous avons démonté le système au premier lieu, ces changements peuvent concerner un changement de quelques pièces de rechange ou le changement d'un engrenage, roulement ou même m'accouplement.

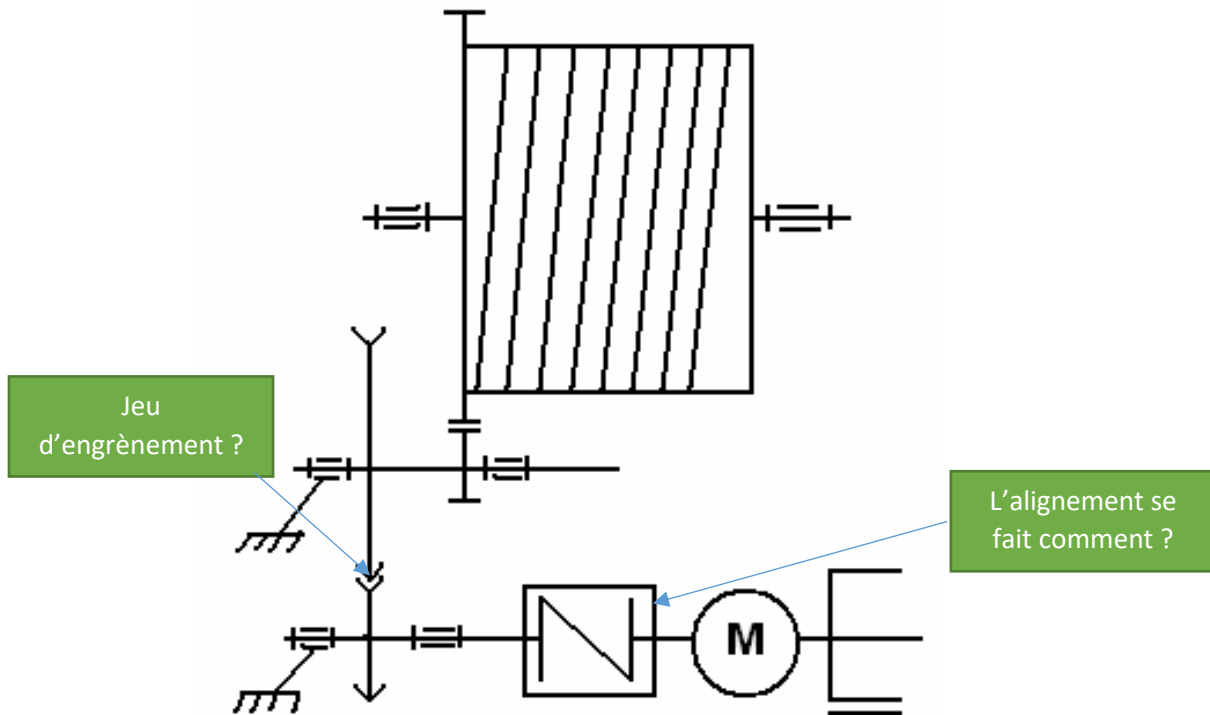
Une fois les travaux de montage sont achevés, nous devons faire un essai à vide pour s'assurer que tous notre système travaille comme il faut puis nous faisons le montage du câble de levage pour que la machine continue ses travaux au chantier.

Les travaux de démontage du système de levage de la dragline 195M se font à la fois au chantier et dans l'atelier de façon que le démontage des câbles de levage, le dépôt du treuil, le dépôt de l'arbre intermédiaire et le démontage du moteur électrique se font sur le champ au chantier, par suite une équipe spécialisée transporte le reste du système à l'atelier de la maintenance afin de continuer les travaux de démontage.

### III. Procédure de réglage

Avant la mise en marche d'un système tournant, il faut suivre plusieurs techniques ou bien des démarches pour assurer le bon réglage des composantes de système, le réglage comprend essentiellement l'alignement, le jeu d'engrènement et la prise de charge des roulements.

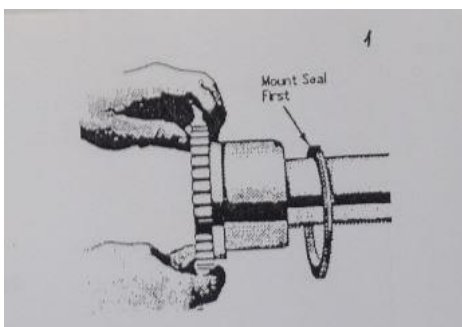
Les réglages qu'il faut effectuer se voient clairement dans la figure si dessous, elle contient les endroits où les réglages vont se localiser.



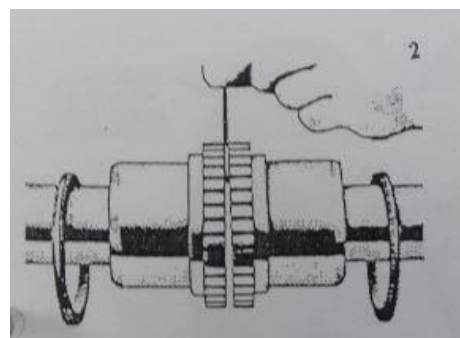
## 1. Réglage d'alignement

A peu près 40% des problèmes sur les machines rotatives viennent du mauvais alignement. Les arbres désalignés peuvent provoquer la rupture de roulements, la rupture d'arbre, la rupture de joint, le bruit d'accouplement, la surchauffe ainsi que les vibrations. L'alignement au sein de service dragline 337 de l'OCP est effectué à l'aide d'un comparateur à cadran ainsi d'un jeu de calle. Pour assurer cet alignement le constructeur a utilisé des accouplements élastiques.

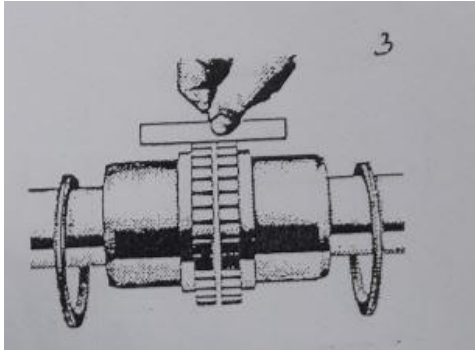
**La procédure de réglage d'accouplement se fait de la manière suivante :**



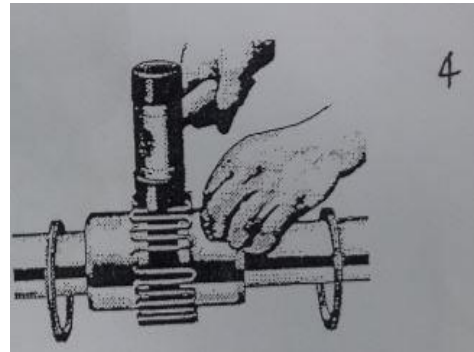
**Etape1 : monter (seal ring)**



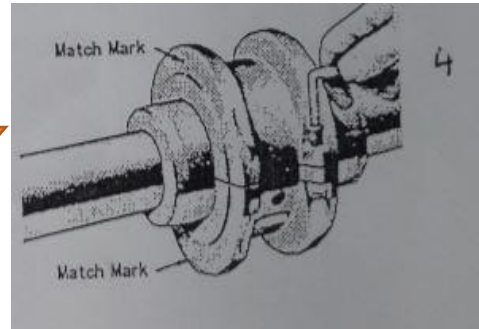
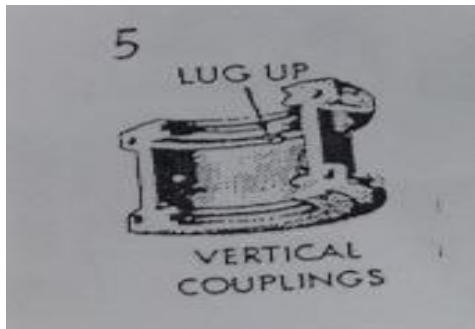
**Etape2 : mesurer la distance axiale entre les deux parties d'accouplement.**



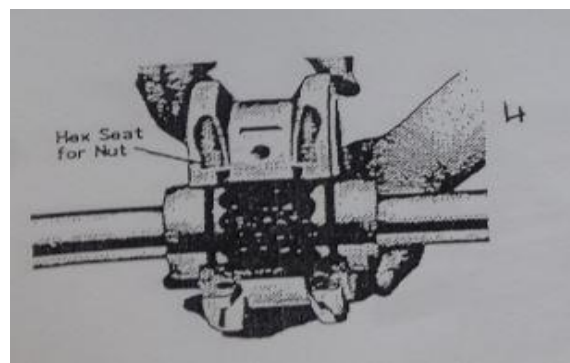
**Etape 3 : vérifier  
l'alignement**



**Etape 4 : insérer le ressort  
sur son emplacement**



**Etape 6 : montage de  
soutien d'accouplement**



**Etape 7 : fixation de soutien**

## 2. Réglage de jeu d'engrènement

Les jeux entre dents requis pour des engrenages utilisés sur des engins miniers, varient en fonction du pas diamétral et de la distance entre axes.

Ils sont mesurés sur un plan de rotation à l'aide d'un comparateur entre les dents d'un ensemble d'engrenages.

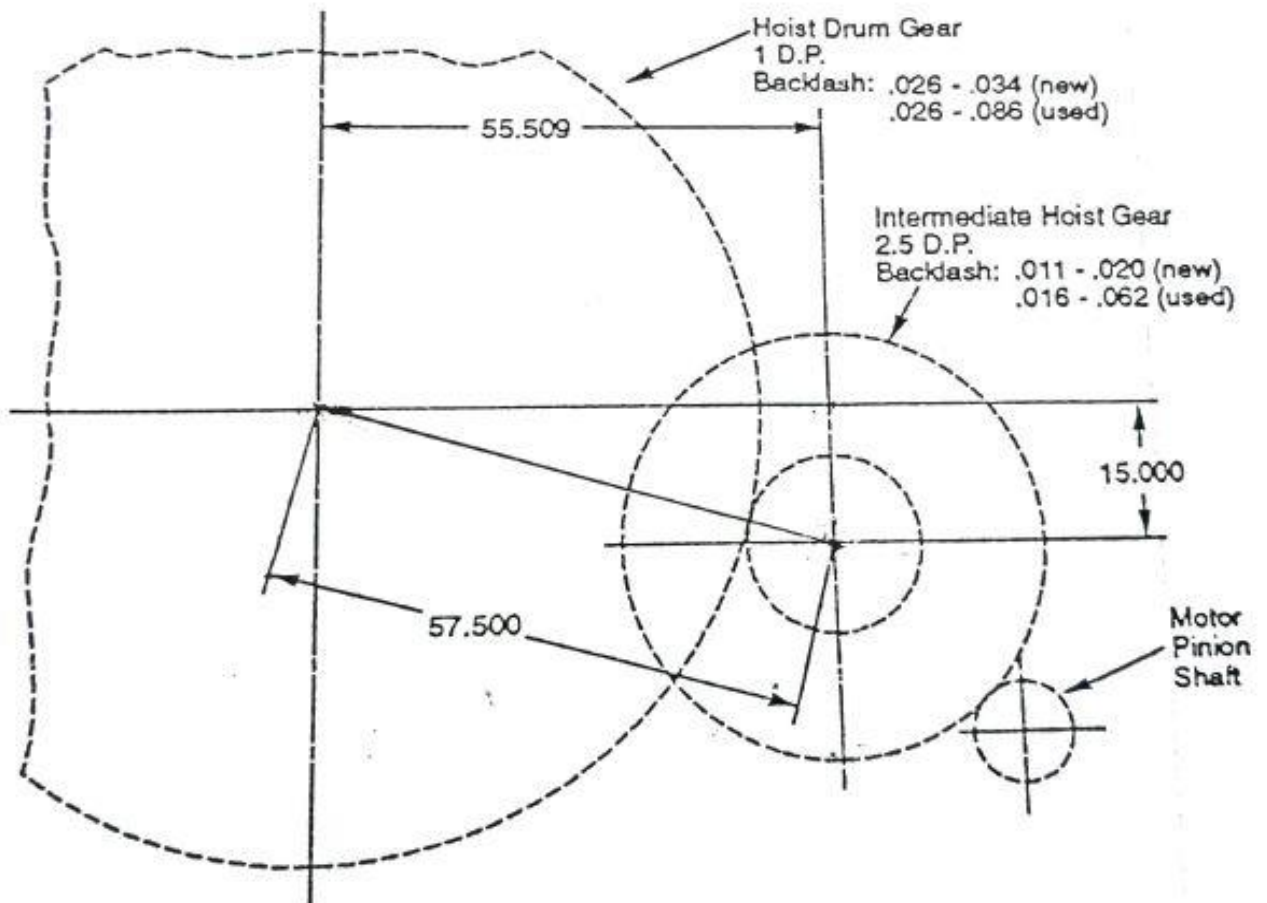


Figure 25 : jeu d'engrènements

Pour les valeurs recommandées pour le réglage des jeux d'engrènement nous avons :

**Les valeurs des engrenages du tambour de levage :**

- **Jeu axial :**
  - Des engrenages neufs ont une marche de 0.66-0.86.
  - Des engrenages usés ont une marche de 0.66-2.18.
- **Jeu entre les dents :**
  - Des engrenages neufs ont une marche de 0.66-0.86.
  - Des engrenages usés ont une marche de 0.66-2.18.

### Les valeurs des engrenages intermédiaires de levage :

- **Jeu axial :**
  - Des engrenages neufs ont une marche de 0.27-0.5.
  - Des engrenages usés ont une marche de 0.27-1.57.
- **Jeu entre les dents :**
  - Des engrenages neufs ont une marche de 0.27-0.5.
  - Des engrenages usés ont une marche de 0.27-1.57.

### La réalisation de jeu d'engrènement se fait en deux étapes :

#### a. Portage des dents

L'utilité de cette étape est la vérification des coïncidences des dents, il se fait par la sanguine (peinture). Le déroulement de cette technique commence par le nettoyage des dents du pignon et les dents correspondantes de l'engrenage, puis, le badigeonnage des dents du pignon d'une couche mince de sanguine. Après, on fait tourner le pignon en lien avec l'engrenage, de telle sorte que chaque dent du pignon est en contact avec la dent correspondante de l'engrenage, enfin on renverse la rotation en retournant au point de départ.

La sanguine se transférera de la dent du pignon à celle correspondante de l'engrenage quand le contact est établi.

Après la validation de cette étape, on passe à l'étape suivante :

#### b. Jeu d'engrènement

Le jeu entre dents doit être mesuré en quatre endroits disposés dans  $90^\circ$  sur tous les engrenages, toute mesure plus faible que le minimum spécifié est inacceptable, une mesure (au niveau de l'endroit zoomé sur l'illustration ci-dessous) individuelle peut excéder la valeur maximum, toutefois la moyenne des quatre mesures doit demeurer à l'intérieur de la fourchette spécifiée. Ces mesures sont établies par le fil de plomb en quatre points différents

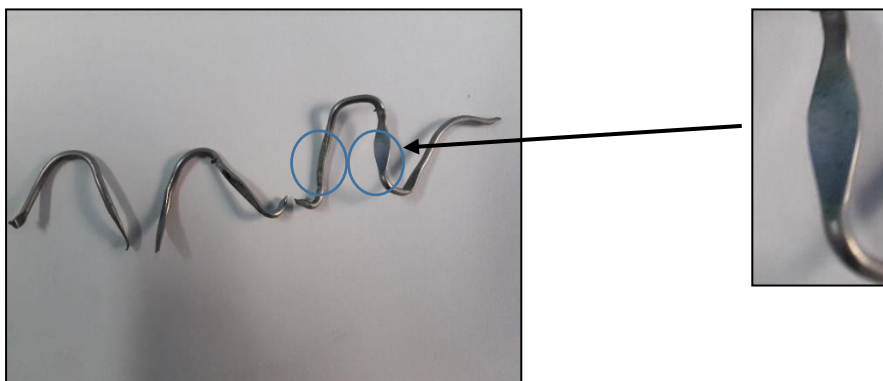


Figure 26 : image d'un fil de plomb

### 3. Réglage des roulements

Les roulements utilisés à l'extrémité du pignon arbré sont les roulements à rouleau cylindrique, ce choix a été fait en raison d'existence des charges radiales importantes.

La prise en charge des roulements (le réglage des cales de retenue des roulement) s'effectue par les étapes suivantes :

- Installer les retenues sous les cales et serrer les boulons à 148 Nm
- Mesurer à travers les trois trous de 6.35 mm avec un palmer de profondeur pour déterminer la distance de la face de la retenue jusqu'en bout d'arbre.
- Démontez les retenues et mesurez l'épaisseur à chaque trou de 6.35 mm
- Soustraire la valeur moyenne des mesures de l'étape précédente de la moyenne des valeurs de mesures de l'étape '2' et ajuster l'épaisseur de la cale à la dimension calculée, + 0.000 à 0.076 mm
- Installer les cales, retenues et boulons, serrer les boulons à 162 Nm



Figure : image d'un roulement réglé

### Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons vu la procédure la plus complète pour le démontage des composants du système de levage ce qui facilite la tâche pour capter l'organe qui rencontre un problème et qui nécessite une réparation instantanée.

Et le plus important c'est que nous avons cité les réglages précis des jeux, et qui jouent un rôle fondamental dans la performance de la machine, tout ça pour l'amélioration de la compétitivité qui impose l'augmentation du temps de production.

## **Chapitre 4 : Méthodologie de résolution des problèmes**

### **Contenu du chapitre**

Dans ce chapitre nous allons appliquer la méthodologie de résolution des problèmes MRP par la suite de ses différentes étapes pour pouvoir extraire les causes racines de notre problématique.

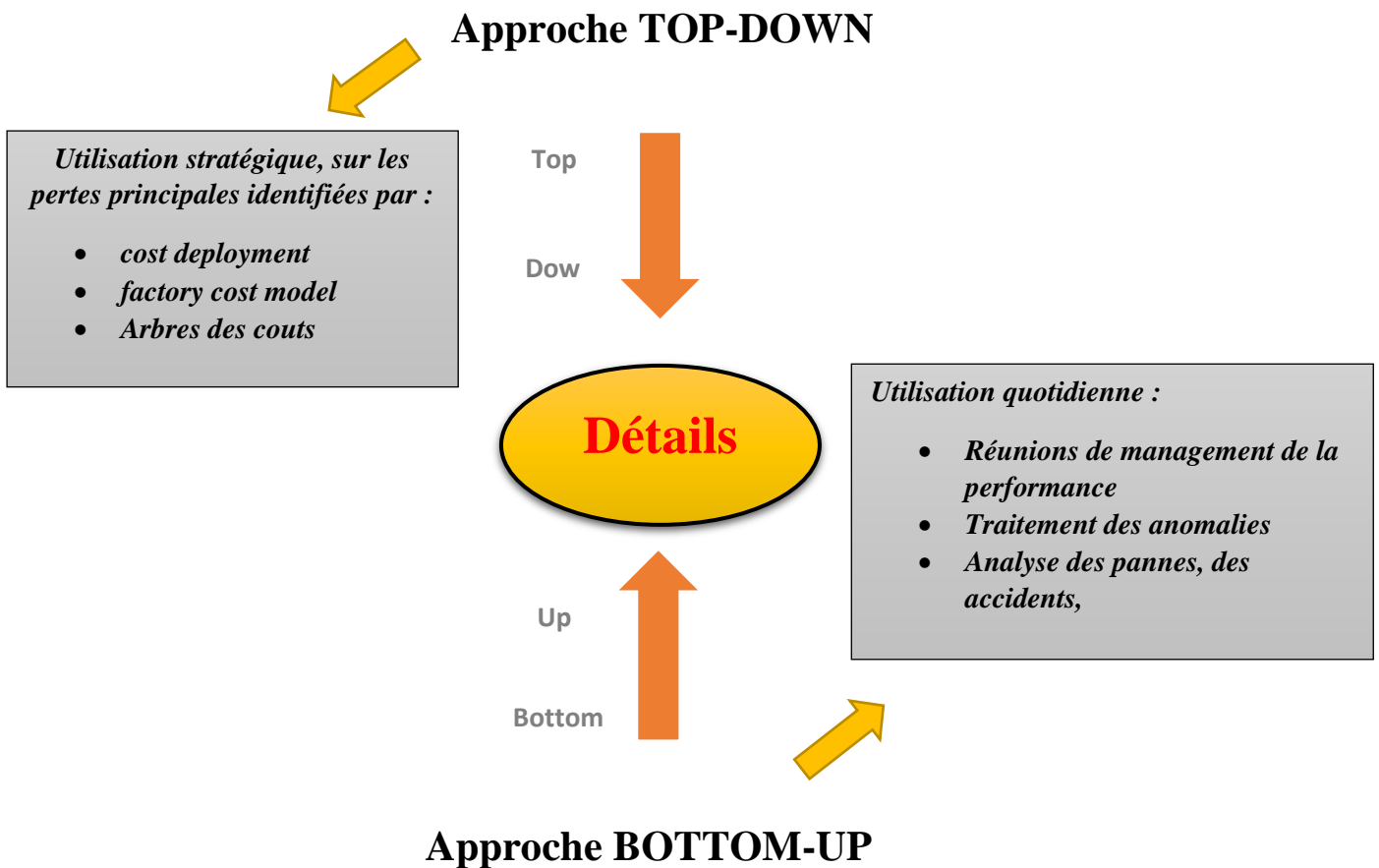
Ainsi, nous proposerons des solutions pour chaque problème imposé en le détaillant avec les justifications des options et des choix sélectionnés.



## Qu'est-ce que c'est ?

C'est comme l'antibiotique que nous allons administrer à notre problème. Il va agir directement sur les causes du mal et pas uniquement sur les symptômes (l'aspirine agit uniquement sur la fièvre, pas sur ce qui provoque la fièvre). Avec la résolution de problèmes nous identifions les causes (pourquoi, pourquoi...) du mal et nous les éradiquons.

## Utilisation de la résolution de problème



## Les 7 étapes de la résolution du problème

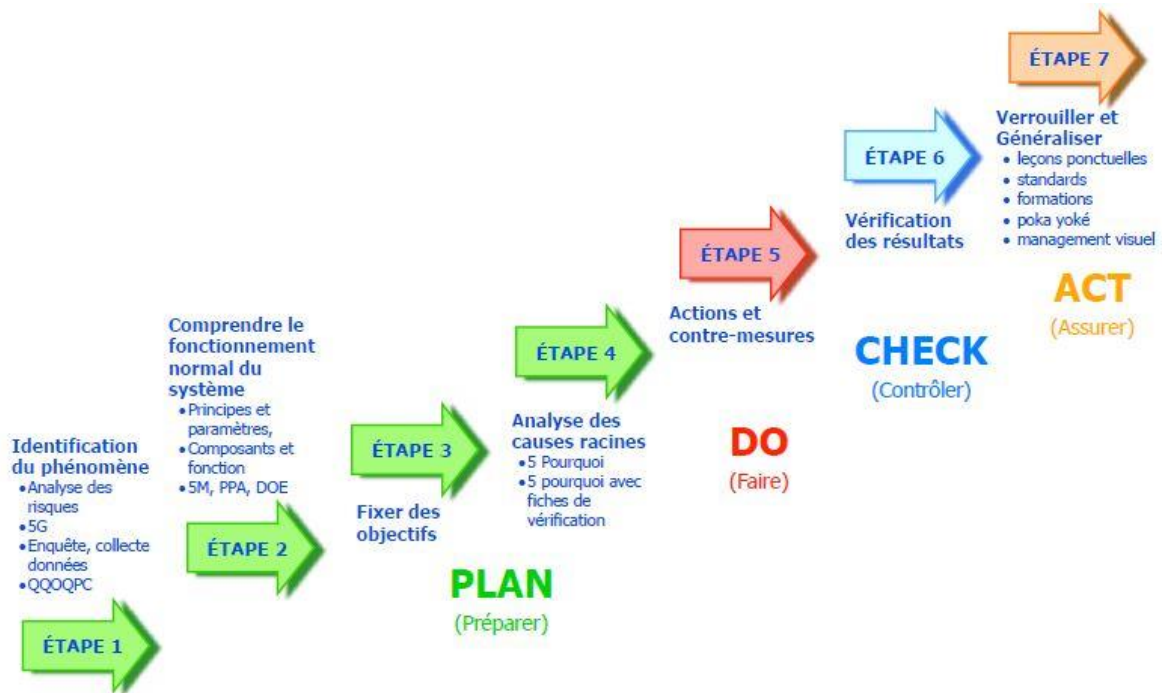



Figure 27: les 7 étapes de la résolution du problème

### I. Identification du phénomène

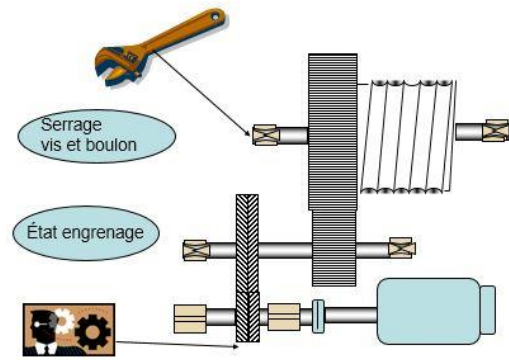
#### 1. Définition du problème :

Quel est le thème du groupe de résolution de problème ?	Quel type de perte est-ce ?
<p>Bruit lors du fonctionnement de dragline 195 au niveau de réducteur du système du levage.</p> 	<input type="checkbox"/> Maintenance planifiée <input type="checkbox"/> Panne machine <input checked="" type="checkbox"/> Outillage <input type="checkbox"/> Procédé de fabrication <input type="checkbox"/> Démarrage et monté en régime <input type="checkbox"/> Changement de fabrication sous vitesse, micro arrêts ou marche à vide <input type="checkbox"/> Rebuts, déchet de fabrication
	Classification de la perte
	<input checked="" type="checkbox"/> Chronique <input type="checkbox"/> Sporadique

## 2. Le QQQOPC

Le tableau suivant est fait pour encadrer le problème et savoir de quoi il s'agit ainsi les éléments qui sont en interaction avec le problème posé.

Tableau 5:tableau de QQQOPC

<b>Données relatives au problème</b>		<b>Présentation du problème</b>
<b>Quoi</b>	Vibration au niveau du système de levage lors du fonctionnement de Marion 195.	
<b>Quand</b>	Période allons du mois 01 au mois 03	
<b>Où</b>	Sur la dragline 195 opérante au chantier de sidi Chennane.	
<b>Qui</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Equipe de maintenance Draglines et sondeuses</li> <li>-Equipe des électriciens hautes tension</li> <li>-Conducteurs de dragline</li> </ul>	
<b>Pourquoi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-L'un ou plusieurs composants mécaniques du système ne sont pas bien montés.</li> <li>-le système de lubrification n'est plus efficace.</li> </ul>	
<b>Comment</b>	Ces vibrations provoquent : <ul style="list-style-type: none"> <li>-l'augmentation du jeu d'engrènement ce qui induit à l'usure des dents</li> <li>-la dégradation des roulements</li> <li>-le desserrage des boulons de la chaise</li> </ul>	
<b>Problème reformulé</b>	Bruit au niveau du système de levage lors du fonctionnement de Marion 195 opérante au chantier de Sidi Chennane provoque plusieurs l'usure des dents, la dégradation des roulements, le desserrage des boulons de la chaise...	

### 3. Analyse des risques

La vibration lors du fonctionnement de la machine peut provoquer des dégâts **matériels** et **humain** qui peuvent être dangereux :

#### a. Les dégâts matériels

- ✚ Usure des dents (pignon, couronne).
- ✚ Desserrage des boulons de fixation de la chaise.
- ✚ Echauffement des roulements.
- ✚ Des fissures au niveau de l'arbre liée au moteur et au pignon d'attaque.
- ✚ Diminution de la performance des câbles.

#### b. Les dégâts humains

Le bruit qui est dû au travail de la machine peut engendrer des maladies graves dans les oreilles des agents qui travaillent à ses côtés

### 4. Décomposition des arrêts par système

Cette figure présente les arrêts de la dragline 195M dans l'année 2017.

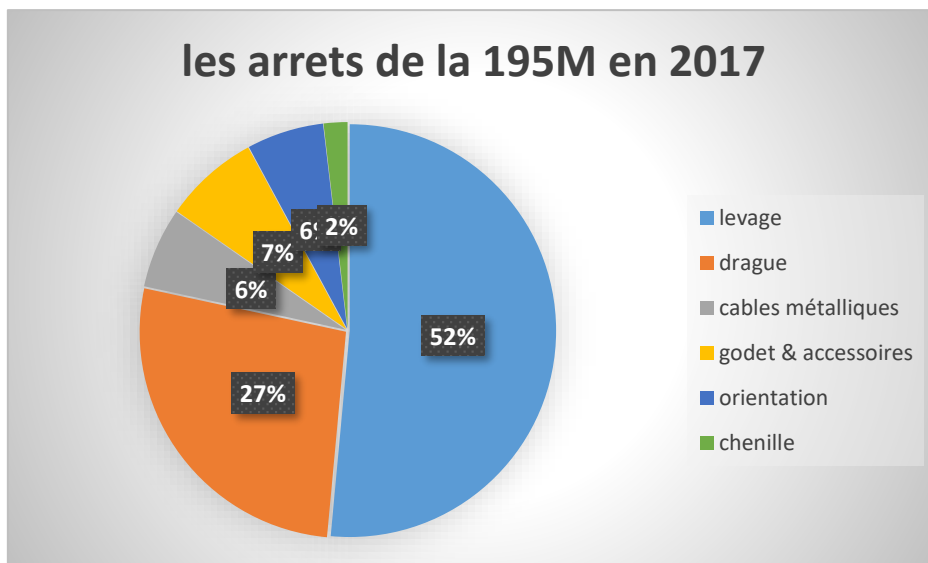


Figure 28: les arrêts de la 195M en 2017

Le système de levage représente 52% des arrêts de la 195M à la dernière année.

Un moyen annuel de 27 h d'arrêt.

## II. Description de fonctionnement

### 1. Chaîne cinématique du système de levage 195m

La figure ci-dessous représente le schéma cinématique du système de levage.

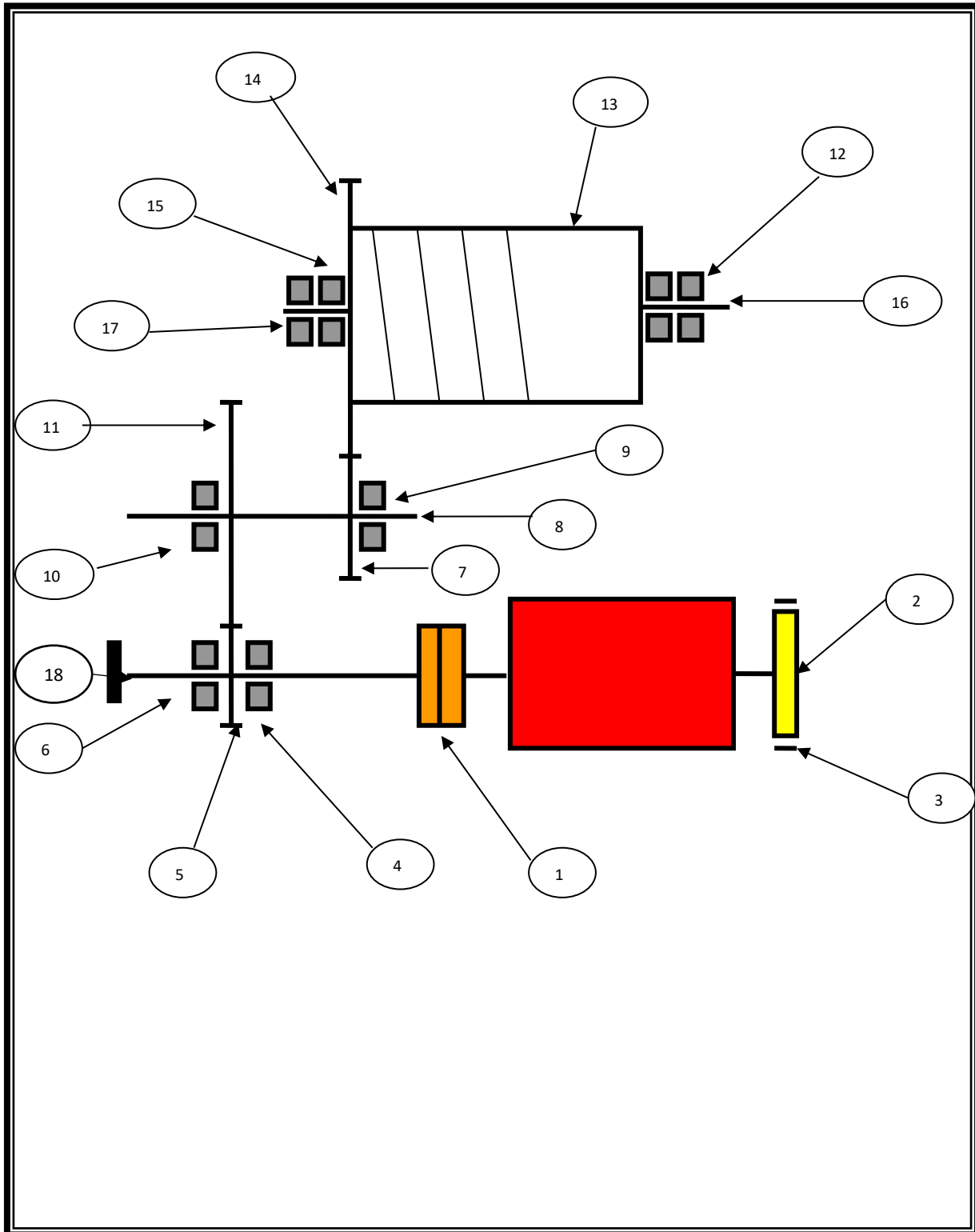


Figure 29:schéma cinématique

## 2. Principe de fonctionnement

Le levage, indépendant des autres fonctions, est assuré par un moteur et deux réductions entraînant un treuil « Après le défreinage du système, le moteur tourne en entraînant le pignon (5) qui transmet le mouvement à l'arbre intermédiaire par le biais de la couronne (11) vers le pignon d'attaque (7) qui fait tourner la couronne (14) solidaire du treuil de levage ».

La même chaîne est utilisée pour la manœuvre de la flèche en remplaçant le câble de levage par celui de dragage et en le faisant pousser par un moulage prévu à cet effet.

L'arbre intermédiaire (8) de levage est supporté par un roulement (9-10) à double rangé de galets coniques.

Le roulement de l'extrémité pignon (4-6) de l'arbre est fixe, pour empêcher tout mouvement axial.

## 3. Liste des composantes

Le tableau ci-dessous contient les composants mécaniques du système de levage et qui sont représentés d'avant dans le schéma cinématique ci-dessus. Il montre les fonctions de chaque composant, son mode de défaillance et la conséquence induit à cause de cette défaillance.

Tableau 6: tableau des listes des composantes

N°	Désignation	Fonction	Mode défaillance	Conséquence
1	Accouplement	Assurer l'alignement entre la bague du moteur et celle du pignon arbré.	Usure	-Désalignement -vibration du mécanisme
4-6	Roulement à rouleaux cylindrique	-Guidage en rotation. -Empêchement de tout mouvement axial.	-Usure forcée -Echauffement anormal	-Mouvement axial -bruit
5	Pignon arbré	La transmission du mouvement du moteur à la couronne.	-Usure des dents - pique -Fissuration. - la casse d'arbre	-Augmentation du jeu -vibration du mécanisme - Disfonctionnement du système
9-10	Roulement à rouleaux conique	Guidage de rotation Le Support de la charge due à l'arbre intermédiaire	-Usure forcée -Echauffement anormal	-bruit

11	Couronne	Transmission de mouvement à l'arbre intermédiaire	Usure, casse, pique, Fissuration.	-Augmentation du jeu -vibration du mécanisme
13	Treuil	Assurer l'emplacement du câble de levage	Usure des gorges.	-Diminution des performances des câbles
18	Flasque	Fixation de l'arbre	Desserrage des boulons de fixation.	-Augmentation énorme du jeu au niveau de l'arbre.
20	La chaise	Assurer la tenue du système	Desserrage des boulons de fixation.	-Bruit

#### 4. Diagramme d'ISHIKAWA

Nous avons procédé à la méthode des 5M qui nous a donné une idée globale sur tous les facteurs qui peuvent influencer sur notre système.

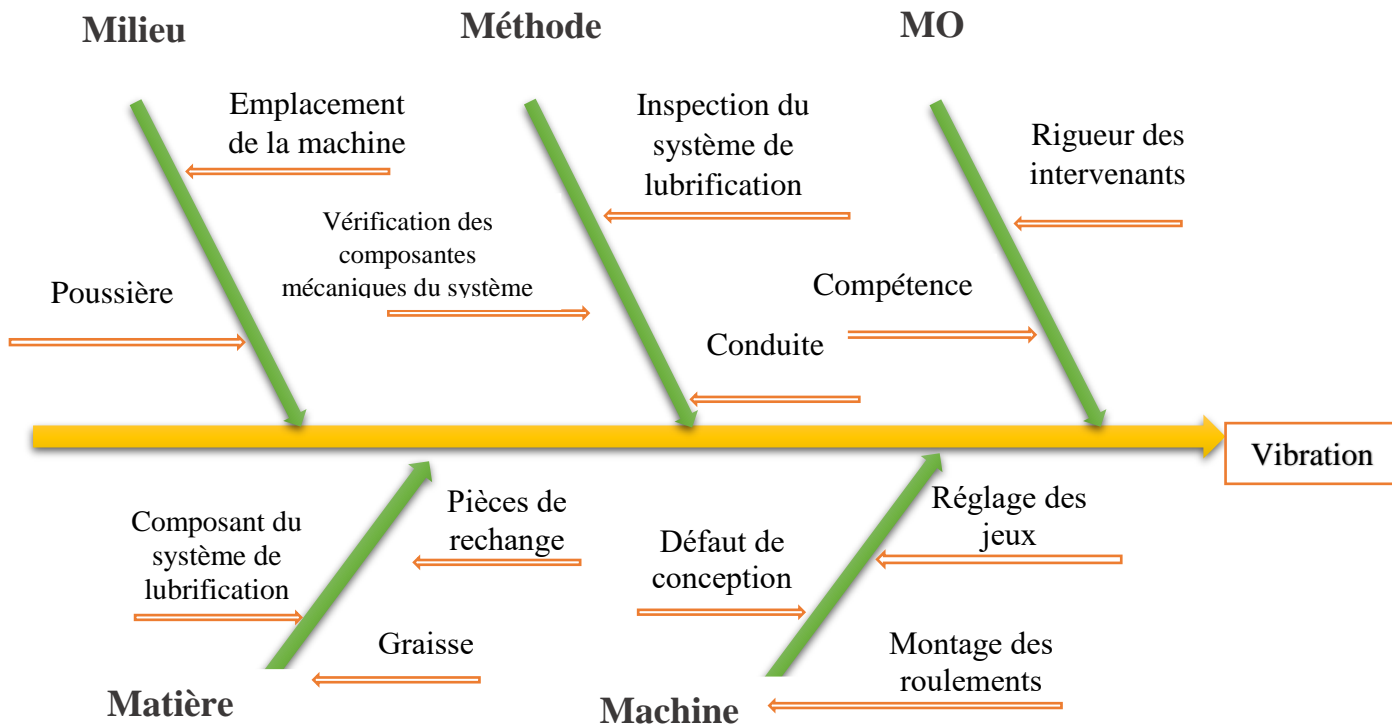


Figure 30: diagramme d'ISHIKAWA

## 5. Paramètre de réglage et de fonctionnement

Ce tableau est fait essentiellement pour comparer les valeurs tolères avec les valeurs mesurées afin de faire une évaluation qui va nous aider à extraire les paramètres qui influencent sur le fonctionnement du système.

N°	Désignation	Valeurs tolères	Valeur mesurées	évaluation
1	Accouplement	H=4.78mm	H=4.7 mm	V
		V=0.102mm	V=0.1mm	V
		Angle=0.279mm		
4-6	Roulement à rouleaux cylindrique	Pas d'usure	Pas d'usure	V
		Pas d'échauffement	Pas d'échauffement	V
5	Pignon arbré	Jeu entre dents : 0.5mm	Jeu entre dents : 0.5mm	V
		Pas d'usure	usure	X
9-10	Roulement à rouleaux coniques	Pas d'usure	Pas d'usure	V
		Pas d'échauffement	Pas d'échauffement	V
11	Couronne	Jeu entre dents : 0.5mm	Jeu entre dents : 0.5mm	V
		Pas d'usure	Pas d'usure	V
18	Flasque			
20	La chaise	Les boulons de fixation sont bien serrés	Les boulons de fixation ont des problèmes de serrage	X
	Moteur	-Puissance :596 kW -Couple de serrage :4660 Nm	Puissance : 596 kw	V

### III. Fixation d'objectif

L'objectif de cette analyse est de :

- **Minimiser le maximum possible les vibrations dans le système de levage**
- **Assurer la protection des composants mécanique du système de la dégradation résolue de ces vibrations.**

### IV. Identification des causes racines

Après l'analyse du fonctionnement de chaque composant pour le système de levage dans la deuxième étape, nous allons nous intéresser dans celle-là à étudier les causes qui provoquent ces vibrations.



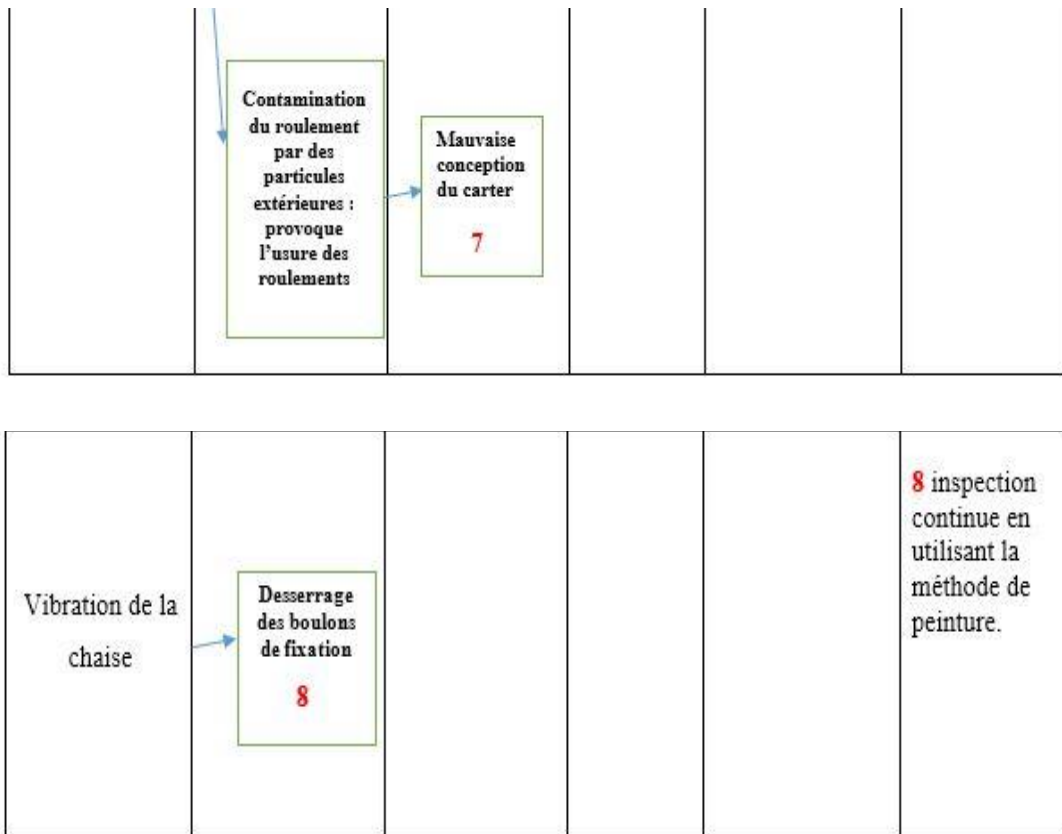
## 1. La méthode des 5 Pourquoi

Nous allons baser sur la méthode des 5 pourquoi pour bien clarifier les causes racines de problème, Il s'agit de poser la question pertinente commençant par un pourquoi afin de trouver la source.

Tableau 7:méthode des 5 pourquoi

Pourquoi 1	Pourquoi 2	Pourquoi 3	Pourquoi 4	Pourquoi 5	Mesures	
					Temporaires	Permanentes
Vibration	Problème d'engrènement	Jeu n'est pas réglé	Manque de compétence de la main d'œuvre <b>1</b>	La non-conformité de la graisse <b>2</b>	<b>2</b> analyse de graisse.	<b>1</b> formation du personnel sur le réglage des jeux. <b>3</b> changement du système de graissage par un autre plus efficace.
		Casse ou usure des engrenages	Faible efficacité de lubrification			

Problème D'alignement	L'accouplement n'assure par la bonne liaison	Mauvaise performance du ressort de l'accouplement	La durée de vie a dépassé le temps de bon fonctionnement <b>4</b>	<b>4</b> changement du ressort de l'accouplement chaque 10000h. <b>5</b> suivre les normes du constructeur. <b>7</b> redimensionnement du carter
	Les défauts de montage au niveau des roulements.	Défaut de montage d'un palier <b>5</b>	Déformation du châssis	
	Les deux paliers ne sont pas concentriques			



## 2. Les causes racines

A partir de cette analyse nous remarquons que les causes racines dû au problème de vibration sont les suivant :

**Problème d'engrènement**

- Manque de la compétence de la main d'œuvre
- La non-conformité de la graisse
- Mauvais fonctionnement du système de lubrification

**Problème d'alignement**

- La durée de vie d'accouplement a dépassé le temps de bon fonctionnement
- Mauvaise conception du carter
- Les défauts de montage des roulements

**Problème de vibration de la chaise**

- Desserrage des boulons de fixation

Après l'extraction des causes racines, nous allons les classer selon leurs criticités. Et pour le faire nous allons étudier les causes des pannes du système de levage, et nous allons voir les causes les plus critiques.

Pour faire ces analyses, nous avons pris les arrêts de machine pendant les deux dernières années et plus précisément les arrêtes ayant une relation avec le système de levage et nous allons les classer en utilisant de diagramme de PARETO.

Tableau 8: causes des arrêts de système de levage

Causes	Fréquence	Temps d'arrêt	Temps d'arrêt annuel	Pourcentage	Pourcentage cumulé
<b>Système de lubrification</b>	3	4	12	50,00%	50,00%
<b>Desserrage des boulons</b>	2	3,75	7,5	31,25%	81,25%
<b>Défaut des roulements</b>	1	2	2	8,33%	89,58%
<b>Somme</b>			24	100,00%	

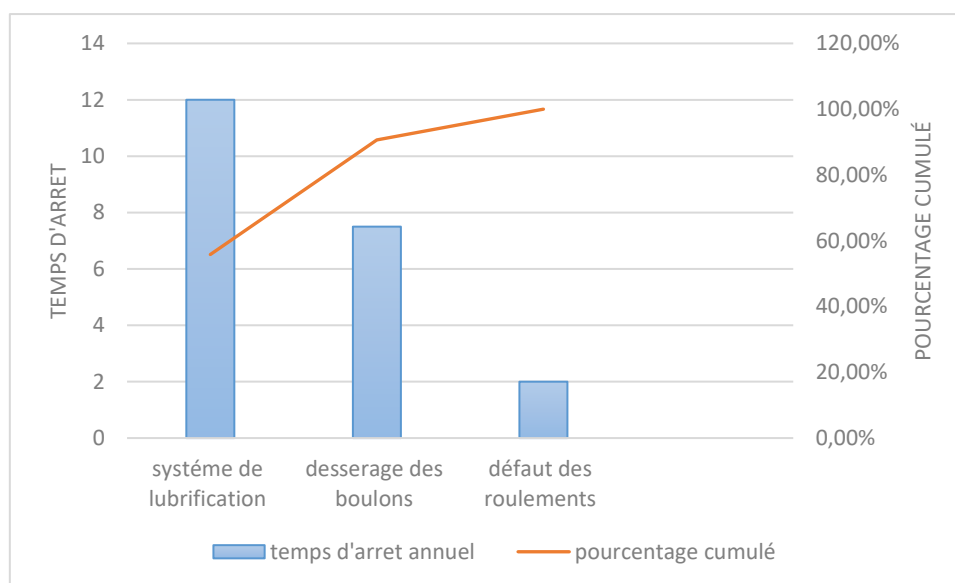


Figure 31: l'histogramme des causes des arrêts du système de levage

D'après ce qui est en précédent, nous avons constaté que les causes ayant relation avec le desserrage des boulons et le système de lubrification représentent 80 % de la durée globale des arrêts du système de levage de la machine 195 M.

Il est donc nécessaire de réagir sur ces deux principales causes afin de diminuer le temps d'arrêtes de système. C'est pour cela nous allons nous focaliser sur ces deux causes en proposant

des solutions qui vont aider pour augmenter le temps de disponibilité du système de levage et partant la disponibilité de la machine.

## V. Actions et contre-mesures

Dans cette étape, nous allons extraire les contre-mesures associées aux causes racines trouvées dans l'étape précédente. Et pour cela on va traiter chaque problème indépendamment de l'autre.

Nous allons commencer par les raisons les moins critiques jusqu'à arriver à celles les plus critiques.

### 1. Problème du jeu d'engrènement

#### a) Manque de la compétence de la main d'œuvre

Dans ce cadre la meilleure solution adaptée est de donner aux personnels responsables une formation obligatoire et délicate sous le thème « **réglage des jeux, meilleures façons** » dans le centre de formation situé à LEHLASSA, une fois par semaine pendant un mois.

Après la formation, il faut réserver une équipe d'inspection de la suivie des travaux de réglage des jeux dans l'atelier et le contrôle s'il y a vraiment un respect des modes opératoires déjà vu dans la formation.

#### b) La non-conformité de la graisse :

Avant l'utilisation de la graisse, on l'envoie au laboratoire pour faire des analyses afin de savoir est ce qu'elle est bien adaptée ou pas. Le critère utilisé est de comparer le résultat de l'analyse avec le standard d'OCP.

Après avoir analyser la graisse utilisée dans la lubrification du système, il s'est avéré qu'elle ne respecte pas le standard imposé, donc nous pouvons dire que la graisse est non-conforme et ça entre dans le cadre des facteurs qui causent les vibrations.

### 2. PROBLEME D'ALIGNEMENT

#### a) La durée de vie d'accouplement peut ne pas atteindre celle recommandée par le constructeur :

Les accouplements sont utilisés pour lier en rotation deux arbres de transmission de puissance en prolongement l'un de l'autre.

L'accouplement utilisé dans ce système est un accouplement élastique de marque Citroën.



Figure 32: image d'une partie d'accouplement Citroën

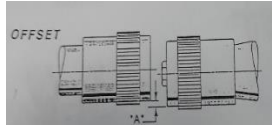
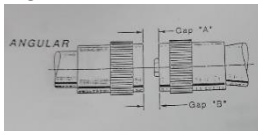
Le problème proposé ci-dessus est dû probablement à deux principales causes :

- ✚ Le non-respect des normes d'assemblage d'accouplement.
- ✚ Les responsables ne prennent pas par considération le planning d'entretien continu, ainsi les outils, les méthodes et les conditions pour un meilleur entretien.

**i. 1<sup>er</sup> solution : respecter les valeurs recommandées par le constructeur**

Lors d'assemblage d'accouplement plusieurs mesures sont exigées par le constructeur pour assurer un bon fonctionnement, ces mesures, nous les avons représentés sous forme d'un tableau :

Tableau 9: les valeurs recommandées par le constructeur

Valeur	Mesure
Décalage radiale : 	0.102 mm
Décalage angulaire maximum : A-B 	0.279 mm
Couple des boulons	203 Nm
Nombre des boulons	6
La quantité de la graisse	0.23 kg

ii. 2<sup>ème</sup> solution : le respect du calendrier d'entretien

Pour une meilleure maintenance autonome d'accouplement de système de levage, il faut bien respecter les critères en rigueur imposer les standards généraux ainsi les méthodes et techniques proposer dans le tableau suivant :

Tableau 10:calendrier d'entretien

Ligne		Équipement	Critère niveau requis	Méthode, outil et conditions	Périodicité	Organe en charge	Durée d'activité
Décapage		195M/3					
Type	N	Zone					
Inspection	L 19	Accouplement	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ressort non cassé</li> <li>-Manchon non déformé</li> <li>-État joint est bon</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Démonter le carter</li> <li>-Désassembler les flasques</li> <li>-Nettoyer la graisse usée</li> <li>-Vérifier les ressorts</li> <li>-Vérifier les manchons</li> <li>-Assembler les flasques</li> <li>-Graisser (sortie de graisse de l'orifice opposé)</li> </ul>	1000H	Opérateurs	1H

b) Les défauts de montage des roulements

i. Les procédures du montage utilisé dans l'atelier

Au sein de l'atelier Dragline, pour monter les roulements, ils les échauffent d'une manière manuelle, approximative et non précise en utilisant un chalumeau comme outil de chauffage. D'un part, cette procédure n'assure pas une température uniforme au niveau des roulements ce qui nous mène à des difficultés lors du montage. De plus tout dépassement d'un seuil bien précis de température (125°C) peut dégrader le roulement. D'autre part, la procédure utilisé pour pousser le roulement dans l'arbre n'est pas pratiques (utilisation d'un marteau) est l'un des raisons fondamentales pour l'endommagement des roulements.

## ii. Les méthodes les plus juste de montage des roulements



### Montage

Le montage fait partie des étapes importantes du cycle de vie d'un roulement. Si le roulement n'est pas correctement monté, selon la méthode et à l'aide des outils appropriés, il pourrait être endommagé et ainsi ne pas atteindre sa durée de service optimale.

Notre cas de montage des roulement (roulement à rouleaux cylindriques) nécessite l'utilisation des méthodes de montage mécaniques, thermiques et hydrauliques pour garantir un montage adéquat et efficace.

Pour toutes les raisons citées ci-dessus, nous aurons recours au montage à chaud. Le montage s'effectue à l'aide d'un chauffe-roulement par induction, d'un bain d'huile, d'une plaque chauffante et des bagues chauffantes.

L'utilisation de bains d'huile pour chauffer des roulements avant montage est une pratique courante. Cette méthode, peu sécurisée, est susceptible de contaminer le roulement et ne permet pas un chauffage correctement contrôlé. Il en résulte une mauvaise position du roulement sur sa portée et une contamination qui peuvent entraîner une avarie prématurée. De nos jours, le chauffage par induction est la technique la plus répandue pour chauffer les roulements, frettes ou pignons car elle procure un niveau élevé de contrôle, d'efficacité et de sécurité.

Le roulement doit être chauffé de 80 à 90°C au-dessus de celle de l'arbre pour augmenter sa taille (la dilatation du roulement). Et son l'échauffement doit être à une température supérieure à 125°C, car la matière pourrait subir des transformations métallurgiques qui entraîneraient des variations de diamètre et de dureté. De plus nous devons Contrôler la température du roulement avec un thermomètre, et porter des gants de protection propres lors du montage des roulements à chaud.



### Lubrification

Une lubrification appropriée des roulements est une étape essentielle pour optimiser leur durée de service. C'est pourquoi, il est très important de sélectionner la graisse la plus adaptée à notre application et d'appliquer la quantité adéquate avant que le roulement ne soit mis en service. Pendant son fonctionnement, le roulement nécessite une lubrification périodique.

L'application de la bonne graisse en bonne quantité et aux bons intervalles est cruciale pour obtenir des performances optimales du roulement et une durée de service maximale. L'utilisation des méthodes de lubrification manuelle est courante.

La lubrification continue offre toutefois de nombreux avantages. En effet, elle peut être effectuée à l'aide de systèmes de lubrification automatiques qui permettent une distribution de la graisse plus uniforme, en bonne quantité et sans contamination.



### Alignement

En cas de défaut d'alignement, le roulement risque en effet d'être soumis à une charge, un frottement et des vibrations supplémentaires. Ces conditions entraînent une fatigue précoce et réduisent la durée de service du roulement et des autres éléments de la machine. En outre, des niveaux élevés de vibration et de frottement peuvent se traduire par une augmentation significative de la consommation d'énergie et de risques de défaillances prématurées.



### Contrôle

Il est important d'inspecter régulièrement l'état du roulement pendant son fonctionnement en appliquant les mesures de base en matière de maintenance conditionnelle.

Ces inspections régulières permettront de détecter les problèmes potentiels et de contribuer à éviter les arrêts machines imprévus. Par conséquent, la maintenance des machines peut être planifiée de manière à correspondre au calendrier de production, améliorant ainsi l'efficacité et la productivité de l'usine.

## 3. Vibration de la chaise

La vibration de la chaise était remarquée comme une cause fondamentale des arrêts du système, c'est pour cela nous allons chercher à la minimiser par proposer une solution pour le desserrage des boulons de fixation.

### a) Desserrage des boulons de fixation

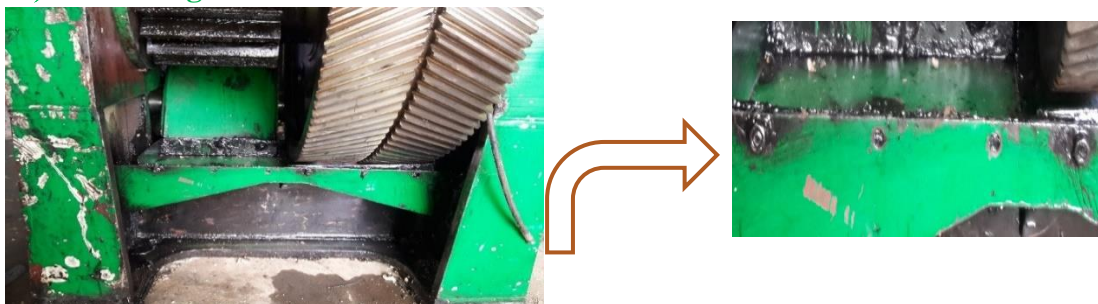


Figure 33: : image d'emplacement des boulons de fixation



Pour assurer un bon soutien de la chaise le constructeur a posé deux types de boulons avec un couple de serrage bien déterminé pour chaque type.

Le problème qui se pose dans ce cas, c'est que l'existence de n'importe quelle vibration (même si ces vibrations sont normales) dans la machine influence directement sur la fixation des boulons, par conséquent il se desserrent même s'ils sont fixés par le couple exigé par le constructeur. Ce qui rend les vibrations dans la machine de plus en plus délicates.

La meilleure solution que nous proposons dans ce cadre est :

D'utiliser une colle appelée « **LOCTITE 270** », c'est un frein filet haute résistance extrêmement efficace pour sécuriser et sceller les boulons, écrou et goujons pour éviter qu'ils ne se desserrent à cause des vibrations. Le produit permet d'assurer un freinage permanent des assemblages qui ne doivent pas se desserrer. Le produit est adapté à tous les métaux, y compris les substrats passifs (par exemple, acier inoxydable, aluminium, surface plaquées).

▪ **Principe de LOCTITE 270**

Pour améliorer la répartition de la pression de contact en place une quantité épaisse sous la tête de la vis et sous l'écrou.

**NB :**

Lors du démontage de la chaise, il faut chauffer l'emplacement des boulons à 300°C pour les enlever d'une manière flexible.

**VI. Mauvais fonctionnement du système de lubrification et Conception d'un nouveau carter**

**1. Mauvais fonctionnement du système de lubrification :**

**a. Description du système actuel**

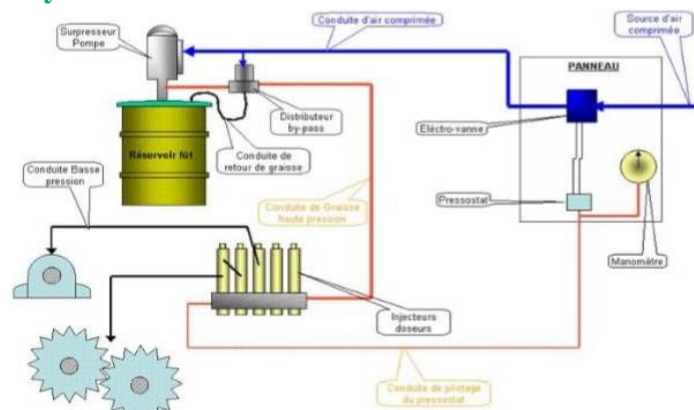


Figure 34 : le système de lubrification actuel

Une impulsion électrique annonçant le début du cycle de graissage, permet à l'électrovanne de laisser passer l'air au compresseur de la pompe, celui-ci entraîne la pompe qui refoule la graisse vers les injecteurs (du type LINCOLN SL 1), la pression est augmenté dans les canalisations, agit sur le pressostat qui renvoie un signal électrique à l'électrovanne d'air (Fermeture) par l'intermédiaire du panneau de graisse, au même temps, la valve de décharge renvoie la graisse en excès au fut de 55 galons (environ 250 litres). Le recommencement se fait lorsque le panneau de control renvoie un signal électrique à l'électrovanne pour laisser passer l'air au sur presseur.

Le système automatique de lubrification est protégé par un système d'alarme, quand une panne est produite, l'alarme est activée dans la cabine de conduite. Citant au titre d'exemple des pannes à rechercher :

- ✚ Cassure de l'une des lignes d'injecteurs.
- ✚ Panne d'alimentation d'air comprimé.
- ✚ Blocage de la ligne d'alimentation.
- ✚ Fuit de lubrifiant vide ou cavitation de la pompe.
- ✚ Panne du système de contrôle.
- ✚ Panne de pompe.

### b. Pourquoi changer ce système

Lors du fonctionnement de ce système, le niveau de la graisse doit être contrôlé d'une manière systématique selon un calendrier d'entretien, en utilisant des outils de réglage de niveau bien précis. En effet, ce système actuel a un manque au niveau des outils de réglage du niveau de la graisse.

Et puisque la machine se trouve dans un milieu explosif, sa température augmente ce qui fait la viscosité de lubrifiant se diminue. Après cette diminution la graisse devient bitumeuse par conséquent le lubrifiant n'atteint pas les heures de marche garantie par le constructeur. Ce qui nous donne enfin un contact direct entre les dents.

### c. Le système proposé

Pour atteindre notre objectif nous avons pensé à changer l'ancien système de lubrification pour les engrenages (lubrification par pulvérisation de graisse) et de remplacer par un nouveau système (lubrification par bain d'huile (barbotage)).

**La raison de notre choix :**

### Barbotage : I

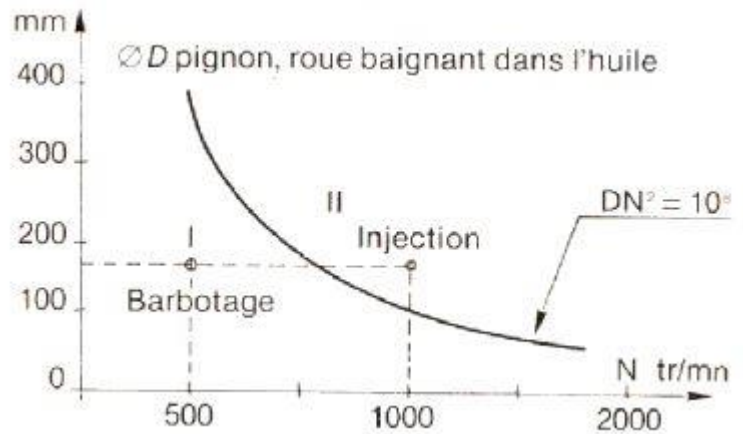
### Injection : II

Dans notre système :

- ❖ La vitesse de rotation du moteur est : 600 tr/min
- ❖ Le diamètre du pignon est : 242 mm

Donc, d'après la figure ci-dessus, nous avons remarqué que

l'intersection entre la vitesse de rotation du moteur et le diamètre du pignon se trouve dans la zone du Barbotage.



#### d. Principe de fonctionnement

Le pignon moteur doit être trempé en permanence dans un bain d'huile, avec la rotation, les dents entraînent une certaine quantité d'huile qui permet la lubrification au niveau des dents en contact. La hauteur d'immersion doit être sensiblement, ni trop faible, ni trop grande (une trop grande immersion peut provoquer une élévation de la température). Il est nécessaire de surveiller les niveaux prescrits.

Le système de lubrification par barbotage doit comporter les éléments suivants :

- ✚ Bâti carter
- ✚ Bouchon de vidange
- ✚ Indicateur de niveau d'huile
- ✚ Remplissage d'huile et prise d'air

#### e. Le lubrifiant utilisé dans ce système :

Pour le choix de lubrifiant il faut bien respecter les facteurs du choix, et parmi les principaux facteurs à considérer sont la rigueur du service, la nature du système à lubrifié (ça divers si on a des engrenages chargés sous carter, ou bien un moteur, une turbine...) et les contraintes d'environnement ou de sécurité, ainsi le respect du standard OCP.

Notre choix de type du lubrifiant est d'utiliser « **HUILE CARTER EP EPAISSE ISO 460** » c'est un lubrifiant qui offre de nombreux avantages qui peuvent contribuer à améliorer les performances du matériel au cours des années à venir.

Voici un tableau qui présente les différents composants de cette huile :

Tableau 11: standard d'huile

<b>Huile extrême-pression</b>  <b>Norme : ISO 460</b>			
<b>UTILISATION : Engrenage chargés sous carter, à vitesse lent (réducteur et tambours moteurs)</b>			
Caractéristiques	Normes	Unités	Valeurs de référence OCP
Caractère...(tendance)	-	-	Paraffinique
Masse volumique	NF EN ISO 3675	Kg/m <sup>3</sup>	890 - 910
Couleur	NF EN ISO 2049	-	0.5 - 8.0
Viscosité cinématique à :			
• 40°C	NF EN ISO 3104	mm <sup>2</sup> /s	150 - 350
• 100 °C	NF EN ISO 3104	mm <sup>2</sup> /s	29 - 31
Indice de viscosité	NFT60-136	-	≥95
Point d'éclair en vase ouvert.	NF EN ISO 2592	°C	≥200
Point d'écoulement	NFT60-105	°C	≤-10
Corrosion du cuivre	NF EN ISO 2160	Cotation	≤1b
Eau (teneur)	NF EN ISO 2160	%	0
Sédiments (teneur)	NF EN ISO 3735	%	0
Moussage à :			
▪ 24°C	NF EN ISO 6247	ml/ml	50-0
▪ 93 °C	-	ml/ml	50-0
▪ 24°C (après essai à 93°C)	-	ml/ml	50-0
Essai 4 billes : usure (1h - 20 daN)	NFE48-617	mm	≤0.3
Essai FZG (palier dégât)	DIN 51-354	-	≥12
Propriétés particulières :			
▪ Antirouille	ASTMD 665	-	Passe
▪ Antimousse	-	-	Oui
▪ Extrême pression	-	-	Oui
▪ Extrême pression	-	-	Oui
▪ Onctuosité	-	-	Oui

### Remarque :

Pour appliquer ce changement du système de lubrification de ce système de levage, il faut prendre en considération des arrêts d'huiles qui vont bien assurer l'étanchéité, ainsi un redimensionnement obligatoire d'un carter approprié qui va contenir un contrôleur de niveau d'huile et une vanne de vidange.

## 2. Conception d'un nouveau carter

Suite au mauvais fonctionnement du système de lubrification cité d'avant, nous avons proposé de changer le système de lubrification, ce qui va engendrer des modifications dans le système ainsi, pour la réalisation de ce changement il faut prendre en considération plusieurs mesures concernant le matériau du carter, le niveau d'huile et d'autre mesures que nous allons expliciter en détails par suite.

- Le changement du système de lubrification : de la lubrification par pulvérisation de la graisse à la lubrification par bain d'huile exige la conception d'un nouveau carter qui va assurer une bonne étanchéité d'huile, aussi, la nécessité de contenir un bouchon de vidange et un indicateur du niveau d'huile.
- Pour assurer une bonne étanchéité d'huile il faut choisir les arrêts d'huile appropriés, ainsi un bon choix du matériau avec lequel on fabriquera le carter.
- L'utilisation de nouveau système de lubrification va inclure juste la partie **pignon-couronne**, parce que c'est la partie la plus critique qui contient le contact entre engrenages, et qui peut devenir un contact métal-métal avec le système de graissage précédent.
- Le volume d'huile utilisé pour construire le bain est pris jusqu'à un niveau bien normalisé, car il ne sert à rien d'immerger tout le système, mais plutôt le pignon arbré et l'emplacement de son contact avec la couronne.
- L'épaisseur du carter n'est pas importante dans notre cas, car sa mission principale est de ne pas laisser l'huile s'enfuir dehors, et aussi, sa récupération après l'utilisation.
- Le carter qu'on va concevoir va se composer de deux parties, une partie fixe et une autre qui est mobile, de plus, une conception des flasques avec un système excentrique sera nécessaire dans le réglage du jeu d'engrènement : la rotation des flasques entraîne une augmentation ou une diminution du jeu.

### a. Choix des joints d'étanchéité

Les joints sont utilisés pour obtenir l'étanchéité d'une enceinte d'un mécanisme. On distingue :

- ❖ L'étanchéité statique entre deux pièces sans mouvement relatif.
- ❖ L'étanchéité dynamique entre deux pièces ayant un mouvement relatif.

Il faut également tenir compte des conditions de fonctionnement : pression, température, fluide à étancher, vitesse, état de surface.

Dans notre système, d'une part une étanchéité statique doit être assurée entre le carter supérieur et le carter inférieur.

Cette étanchéité sera assurée à l'aide des joints plats, qui sont généralement découpés à partir d'un matériau en feuilles et ils conviennent pour des étanchéités statiques.

Le choix d'un joint plat se base sur la détermination de son épaisseur et sa matière.

#### vi. Détermination de l'épaisseur

L'épaisseur d'un joint plat dépend essentiellement de la rugosité des surfaces sur lesquelles il s'applique. L'épaisseur du joint décroît si la rugosité des surfaces diminue. D'une manière générale, l'épaisseur d'un joint plat est choisie aussi faible que possible.

#### vii. Choix du matériau des joints d'étanchéité

On choisit habituellement dans les matières suivantes celle qui satisfait le mieux aux exigences de fonctionnement : fluide à étancher, température, ainsi dont le prix le plus bas.

Catégorie	Matériaux	Propriétés	Dimensions	Emplois	Prix relatifs*
Papiers	Papier kraft.	Pour poussières et graisses.	Épaisseur : 0,15. Largeur des rouleaux : 1 000.	Joints de carters rigides.	1
	Papier kraft imprégné d'une résine thermoplastique jouant le rôle d'enduit hermétique.	Insoluble dans les hydrocarbures.	Épaisseurs : 0,27 et 0,5. Largeur des rouleaux : 500.	Évite l'imprégnation au montage mais nécessite une source de chaleur de 50 °C à 125 °C.	9
	Papier kraft armé (une feuille d'aluminium collée entre deux feuilles de papier).	Bonne stabilité dimensionnelle. Température : 125 °C max.	Épaisseur : 0,27. Largeur des rouleaux : 500 – 1 000 – 1 200. Épaisseur : 0,4 Largeur des rouleaux : 500.	Carters. Joints de pompe à eau.	10
	Fibre de cellulose imprégnées et plastifiées à la gélatine.	Bonne tenue aux huiles et aux hydrocarbures.	Épaisseurs : 0,15 à 6,4. Largeur des rouleaux : 1 000.	Joints de carburateurs, pompes à eau, huile, essence.	5 à 8
Remarque générale : ces joints nécessitent des surfaces bien usinées (Ra < 3,2).					

\* À épaisseur et surface égales, à titre de première estimation.

290

Figure 35: image des matériaux des joints

Les papier kraft armé et la fibre de cellulose plastifiées à la gélatine sont tous les deux des choix convenables à notre système, mais le mieux adapté est le deuxième grâce à sa bonne teneur aux huiles ainsi son prix économique.

La liaison entre la partie inférieure et supérieure n'est pas parfaitement plane, c'est pour cela pour avoir une meilleure étanchéité, nous proposons une pâte à joint appelée « PLASTEX » pour compenser les vides résiduels du contact qui est non parfaitement plan.



Figure 36 : image de PLASTEX

Et d'autre part, l'étanchéité dynamique doit être assurée au niveau des paliers,

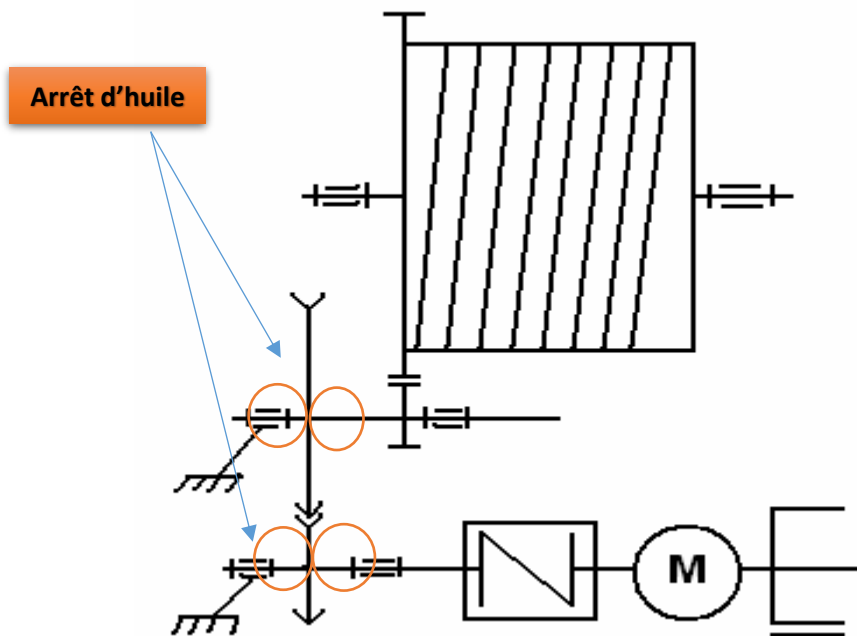


Figure 37 : image de l'emplacement des arrêts d'huile dynamiques

Nous proposons l'utilisation des joints à lèvres comme arrêt d'huile, nous distinguons deux types des joints :

**Joints à une seule lèvre :**

Ils assurent une étanchéité dans un seul sens par contact sur l'arbre.



Figure 38 : image du joint à lèvres

### Joint à deux lèvres :

Ils assurent une étanchéité dans un seul sens avec, en plus, une protection dite « anti-poussière » dans l'autre sens.

NB : Pour assurer la retenue de l'huile, la lèvre est orientée vers l'intérieur du palier.



Figure 39: image du joint à deux lèvres

Les deux joints cités d'avant sont convenables, mais le mieux adapté est le joint à deux lèvres parce que comme nous avons vu dans le diagramme ISHIKAWA le l'emplacement de la machine rencontre la contrainte de la poussière, donc il faut utiliser un joint anti-poussière.

#### b. Choix de niveau d'huile

Le choix de la lubrification par bain d'huile est basé essentiellement sur la condition d'avoir des faibles vitesses, de plus c'est le choix le plus simple et le plus usuel. Une partie du mécanisme en mouvement (pignon, couronne...) trempe dans le bain et emporte par adhérence de l'huile vers les points à lubrifier.

Le choix de la quantité d'huile est très important car, d'un côté si le bain contient trop d'huile, nous aurons donc le risque d'y avoir des pertes d'énergie et un échauffement dû au brassage ... D'un autre côté si la quantité d'huile est faible la lubrification de tous les éléments ne sera pas assurée.

En général, Le niveau d'huile doit être tel que l'élément roulant le plus bas soit immergé jusqu'à son axe. L'illustration ci-dessous montre le niveau d'immersion au bain d'huile :

#### c. Matériau de la fabrication du carter

##### i. Généralités sur l'acier

En général, la classification des alliages FER+CARBONE. On distingue :

- ❖ Le fer industriel, il contient un pourcentage du carbone inférieur à 0.03% il s'appelle aussi l'acier 'à pourcentage du carbone très bas'.
- ❖ Les aciers d'usage courant, pourcentage de carbone allant de 0.05% à 2%.
- ❖ Les fontes, pourcentage de carbone allant de 2.5% à 5%.

#### L'effet de la variation du taux du carbone :

Toute augmentation du pourcentage du carbone dans les aciers augmente :

- La dureté (H)
- La résistance à la rupture (Rr)



- La limite élastique (Re)
- La résistance à la corrosion
- La résistance à l'usure
- La trempabilité (la mise en solution du carbone, formation de carbures).

**Et sa diminution influence sur :**

- La malléabilité (plasticité-ductilité)
- La résistance aux chocs
- La soudabilité

**Remarque :**

Les changements survenus de l'augmentation ou la diminution du pourcentage du carbone nécessite de choisir un acier plus ou moins carburé selon que l'on désire réaliser :

- Acier dur (fort % du carbone) pour une bonne résistance à l'usure.
- Acier doux (faible % du carbone) pour la chaudronnerie ou l'emboutissage.

**ii. Le choix du matériau**

Dans notre système, nous avons des faibles vitesses c'est pour cela on n'aura pas un dégagement très fort d'huile, de plus la pression dans le carter est faible. Donc, pour notre carter nous allons choisir **un acier d'usage courant**, on distingue entre deux types :

- Le type S qui correspond à un usage général de base (construction de bâtiment...)
- Le type E qui est utilisé dans la construction mécanique

Pour la fabrication de notre carter, nous choisissons un acier de construction mécanique et qui a une limite d'élasticité (Re) minimale, il s'agit du type **E295** :

*Tableau 12 : les caractéristiques de l'acier E295*

Nuance normalisé	La résistance à la rupture en MPA	La limite élastique en MPA	L'allongement en %
<b>E295 (A50)</b>	<b>470</b>	<b>295</b>	<b>10 à 20</b>

**d. Les boulons de fixation**

Dans notre système nous avons plusieurs parties à assembler, c'est pour cela on doit choisir pour chacune son boulon de fixation ainsi que le système de freinage correspondant.

### i. La forme de la tête du boulon

De la forme de la tête correspond le niveau de sécurité du boulon, son côté esthétique et bien évidemment sa facilité de mise en place. il existe différentes formes de têtes de boulon, mais les plus courantes sont les suivantes :

Hexagonale

Carrée

Fraisée

Six pans creux

Cylindrique

### iii. Le type de filetage

Le pas correspond à notre carter est le pas de type standard car les boulons à pas normaux conviennent à la plupart des travaux d'assemblage.

### iv. Les dimensions du boulon

Les dimensions sont d'autres critères à prendre en compte au moment de choisir un boulon. D'une manière générale, plus le diamètre du boulon est important, plus il affiche une grande résistance au cisaillement et à l'arrachement.

Concernant les boulons qu'il faut utiliser pour la fixation, le constructeur a recommandé dans le manuel de la machine 195M d'utiliser des boulons bien précis, leurs diamètres et leurs couples de serrage. Par suite nous allons présenter les boulons choisis pour chaque fixation existante.

### v. Les différents types de boulons

Les boulons disponibles sur le marché ne sont pas tous faits dans le même matériau. Le matériau choisi pour la confection du boulon détermine sa qualité et doit être pris en considération au moment de l'achat. Plus le matériau est de bonne qualité, plus le boulon résiste à la corrosion.

Tableau 13: différents types des boulons

<i>Type de boulon</i>	<i>Résistance à la corrosion</i>
<b>Boulon bichromaté</b>	Faible :se corrode en cas de serrage trop important
<b>Boulon zingué</b>	Moyenne
<b>Boulon en acier</b>	Forte

Les boulons les plus utilisables au sein de notre service sont **les boulons en acier**, parce que ce type est conçu pour fixer les structures importantes comme dans notre cas « **le carter** ».

#### vi. Choix des boulons de fixation

- **Bâti-machine :**

Le serrage du carter avec la machine, les vis les mieux adaptés sont **M30-100/70**

**Avec :**

**H :** la forme de la tête, dans notre cas c'est hexagonal.

**M30 :** filetage métrique, diamètre nominal 10

**100 :** longueur sous tête

**70 :** longueur filetée

- **Flasque-bâti :**

- Pour serrer le flasque qui fait la fixation du 1<sup>er</sup> arbre, les boulons les mieux adaptés sont 19 mm avec un couple de serrage de 870 Nm.
- Et pour serrer le flasque qui fait la fixation du 2<sup>ème</sup> arbre, les boulons les mieux adaptés sont 25mm avec un couple de serrage de 1512 Nm.

- **Partie supérieure-partie inférieure :**

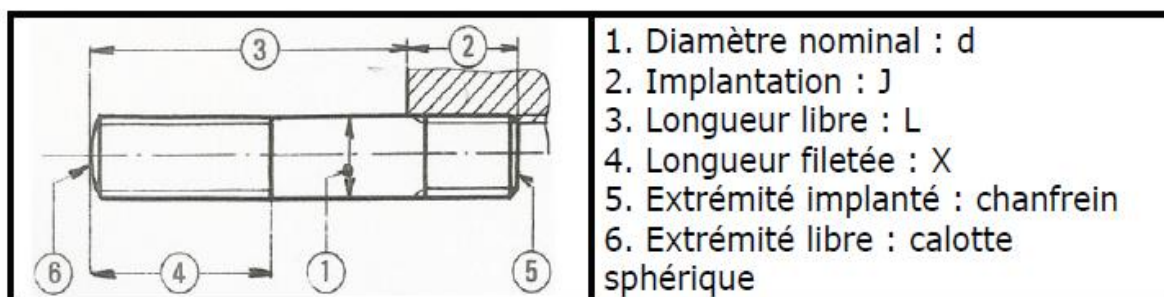
Cette fixation se base sur la facilité de démonter la partie supérieure d'une façon fréquente, ainsi les parties à assembler sont très épaisses. Pour ces raisons nous proposons d'utiliser **des goujons**.

Un goujon est composé d'une tige, filetée à ses extrémités, et d'un écrou de même diamètre et il est utilisé en remplacement des vis lorsque le métal de la pièce est peu résistant ou lorsqu'il est nécessaire de faire des démontages fréquents.



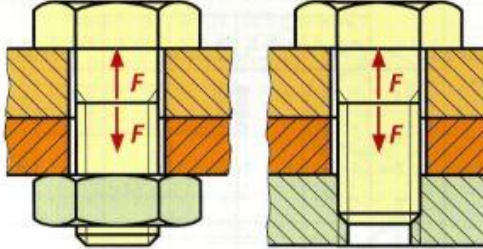
Figure 40 : image du goujon

#### Caractéristiques :



Les goujons qui peuvent accomplir la mission de la fixation de la partie démontable avec le bâti sont ceux qui ont un diamètre de 27 mm.

vii. Etude de choix des boulons



Avec : F l'effort de tension de la vis

Effort de tension de la vis :

Pour calculer la charge de traction F supportée par la partie filetée de la tige, nous allons utiliser la formule approchée suivante :

$$F_{max} = 0.9 \times R_E \times S_{eq}$$

$R_E$  : limite élastique du matériau

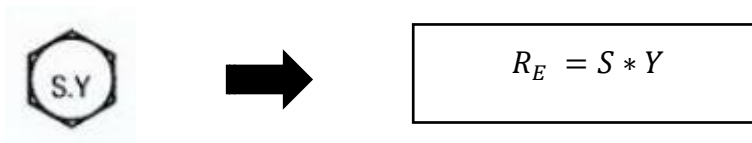
$S_{eq}$  : Section résistante de la tige filetée

0.9 : taux de charge de 90 % (marge de sécurité de 10 %)

1) Etude d'assemblage (carter-machine)

Nous avons choisi une vis de qualité 5-6 et un diamètre  $d= 30$  avec un pas de 2mm.

Pour obtenir la limite élastique de la vis, on a cette relation :



Donc :  $R_E = 300 \text{ N/mm}^2$

Ainsi pour obtenir la valeur de la section résistante de la tige filetée, nous avons utilisé le tableau suivant :

$$S_{eq} = 561 \text{ mm}^2$$

Enfin :

$$F_{max} = 0.9 \times 300 \times 561 = 151 \text{ KN}$$

d (mm)	pas gros	S <sub>eq</sub> en mm <sup>2</sup> section résistante
1	0,25	0,460
(1,1)	0,25	0,588
1,2	0,25	0,732
(1,4)	0,30	0,983
1,6	0,35	1,27
(1,8)	0,35	1,70
2	0,4	2,07
(2,2)	0,45	2,48
2,5	0,45	3,39
3	0,5	5,03
(3,5)	0,6	6,78
4	0,7	8,78
(4,5)	0,75	11,3
5	0,8	14,2
6	1	20,1
(7)	1	28,9
8	1,25	36,6
10	1,5	58,0
12	1,75	84,3
(14)	2	115
16	2	157
(18)	2,5	192
20	2,5	245
(22)	2,5	303
24	3	353
(27)	3	459
30	3,5	561
(33)	3,5	694
36	4	817
(39)	4	976
42	4,5	1121
(45)	4,5	1306
48	5	1473
(52)	5	1758
56	5,5	2030
(60)	5,5	2362
64	6	2676

Pour 4 boulons répartis sur les deux côtés, la charge supportée est F= 604 KN.

Et nous avons la charge appliquée sur les boulons est :  $P = m \times g$

$$= 3581 \times 10 = 36 \text{ KN}$$

$P \ll F_{max} \rightarrow$  le boulon peut supporter la charge appliquée par le carter.

## 2) Etude d'assemblage (carter supérieur-inférieur)

Nous avons choisi une vis de qualité 5-6 et un diamètre d= 27mm avec un pas de 1mm.

La limite élastique de cette vis est : 300 N/mm<sup>2</sup>

La valeur de la section résistante de la tige filetée est :

$$S_{eq} = 459 \text{ mm}^2$$

En appliquant la formule :

$$F_{max} = 0.9 \times 300 \times 459 = 124 \text{ KN}$$

Pour deux goujons répartis sur les deux côtés, la charge supportée est F= 248 KN.

Et nous avons la charge appliquée sur la tige est :  $P = 198 \times 10 = 1.98 \text{ KN}$

d (mm)	pas gros	S <sub>eq</sub> en mm <sup>2</sup> section résistante
1	0,25	0,460
(1,1)	0,25	0,588
1,2	0,25	0,732
(1,4)	0,30	0,983
1,6	0,35	1,27
(1,8)	0,35	1,70
2	0,4	2,07
(2,2)	0,45	2,48
2,5	0,45	3,39
3	0,5	5,03
(3,5)	0,6	6,78
4	0,7	8,78
(4,5)	0,75	11,3
5	0,8	14,2
6	1	20,1
(7)	1	28,9
8	1,25	36,6
10	1,5	58,0
12	1,75	84,3
(14)	2	115
16	2	157
(18)	2,5	192
20	2,5	245
(22)	2,5	303
24	3	353
(27)	3	459
30	3,5	561
(33)	3,5	694
36	4	817
(39)	4	976
42	4,5	1121
(45)	4,5	1306
48	5	1473
(52)	5	1758
56	5,5	2030
(60)	5,5	2362
64	6	2676

$P \ll F_{max} \rightarrow$  le goujon peut résister la charge appliquée par le carter supérieur.

### 3) Couple de serrage

Le couple de serrage C est exercé sur la tête du boulon par une clé dynamométrique ou une visseuse rotative étalonnée.

Pour calculer le couple de serrage nous allons utiliser la formule suivante :

$$C = (0.16p + 0.583 \cdot f_f \cdot d_2 + 0.5 \cdot f_t \cdot D_m) \cdot F$$

P : pas (mm)

$d_2$  : diamètre sur flanc

$f_f$  : frottement au niveau du filetage

$f_t$  : frottement entre tête (vis) et support (pièce)

$D_m$  : diamètre moyen au niveau de la tête

F : tension de la vis

Couple de serrage pour l'assemblage (carter-machine) :

Nous avons : F = 151 KN

$f_f$  et  $f_t$  Enlevé à l'aide du tableau ci-dessous :

Valeurs du frottement			Nature face d'appui (pièce, rondelle...) / Nature filetage de l'écrou			
valeurs de $f_f$ et $f_t$			acier non traité			fonte grise usinée
			laminé	usiné	rectifié	
nature filetage vis	acier noirci ou phosphaté	roulé	0,13 à 0,19	0,10 à 0,18	0,16 à 0,22	0,10 à 0,18
		usiné	0,10 à 0,18		0,10 à 0,18	0,10 à 0,18
nature tête de vis (ou écrou)	acier galvanisé		0,10 à 0,18	0,10 à 0,18	0,10 à 0,18	0,10 à 0,18

Donc : T =  $(0.16 \times 2 + 0.583 \times 0.1 \times 27.72 + 0.5 \times 0.12 \times 26.54) \times 151$

$$= 532 \text{ Nm}$$

#### e. La vidange

Toute huile se dégrade et perd ses propriétés dans le temps à cause des fortes pressions et températures auxquelles elle est soumise. Cette dégradation peut s'accélérer en fonction de notre utilisation. L'huile est également polluée par des impuretés telles que l'humidité et les poussières. C'est pour cela il est nécessaire de respecter un calendrier strict de vidange d'huile recommandé par le constructeur.

Dans notre nouveau carter, nous avons choisi l'emplacement du trou de vidange de telle façon d'être **ergonomique**.

L'ergonomie dans notre situation se voit dans le positionnement du trou de vidange qui doit être à la disposition de l'opérateur qui va faire l'opération, et nous avons pris aussi en considération la rapidité de l'opération de vidange (elle doit être rapide).

**NB :**

Lors du fonctionnement du moteur, l'huile est chauffée ce qui augmente la pression dans le carter à cause de la transformation d'une partie d'huile en vapeur ; il faut donc dégager cette vapeur hors du carter, c'est pour cela nous allons utiliser **un reniflard** pour éjecter les vapeurs polluantes vers dehors.

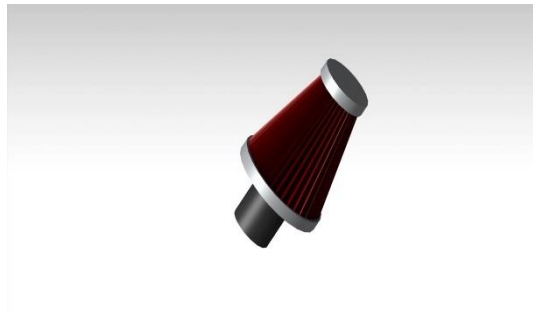


Figure 41 : image de reniflard

**f. Le remplissage et le contrôle du niveau d'huile**

Le carter proposé doit obligatoirement contenir un bouchon de remplissage pour pouvoir changer l'huile vidé. Ainsi la visualisation du niveau qui va contenir un niveau maximum et un autre minimum comme il se voit ci-dessous :

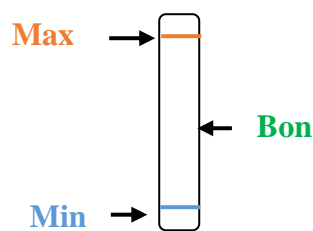


Figure 42 : indicateur du niveau d'huile

**g. Conception du carter sur CATIA :**

Après avoir étudié les hypothèses concernant le nouveau carter, nous avons pu les traduire en dessin 3D sur CATIA en considérant tous les points que nous avons discuté. Par conséquent, nous proposons le concept ci-dessous :

i. La forme du carter dessiné sur CATIA

- Une vision globale sur la forme générale du carter

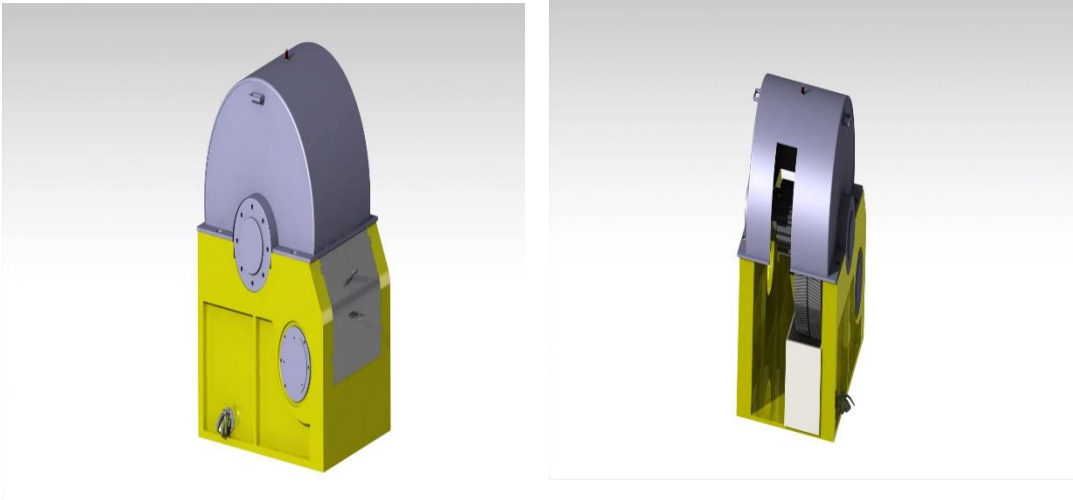


Figure 43:la forme générale du carter

- Une vision sur l'intérieur du carter qui contient le réducteur de levage

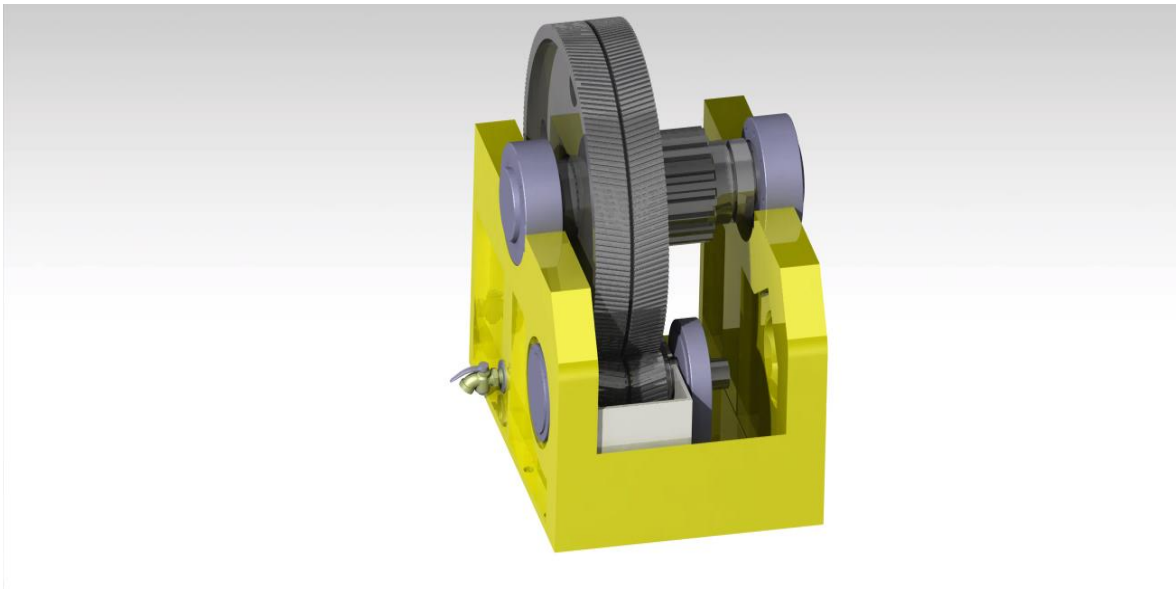


Figure 44:l'intérieur du carter

Notre carter redimensionné contient un bac dans lequel nous allons mettre la quantité d'huile nécessaire pour l'opération de lubrification. Il est fait de telle façon qu'il contient les éléments du réducteur selon les mesures existées.





Figure 45:le bac d'huile

L'emplacement d'inspection est une valeur ajoutée aussi, parce qu'il nous permet de vérifier les éléments que le carter contient sans son démontage complet.

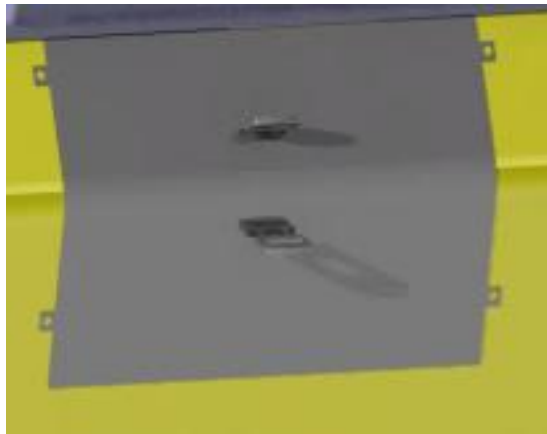


Figure 46:l'emplacement d'inspection

La partie supérieure de nouveau contient des supports qui vont être très utile lors de démontage de cette partie de celle inférieure.

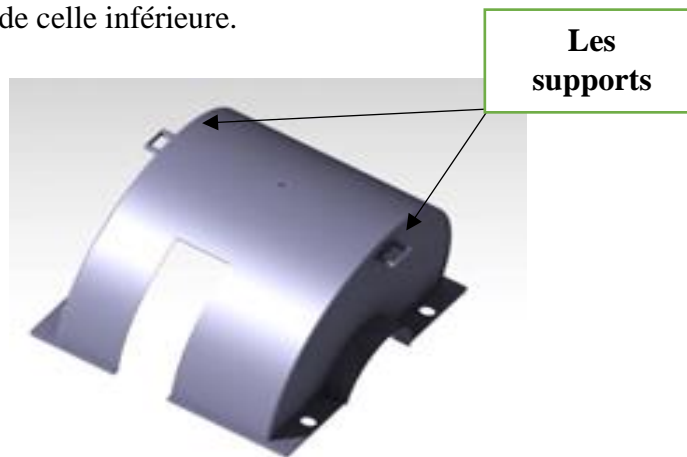


Figure 47:la partie supérieure

### 3. Analyse ergonomique

#### a. L'ergonomie

‘L’ergonomie (ou Human Factors) comme définit par l’Association Internationale d’Ergonomie (IEA) est la discipline scientifique qui vise la compréhension fondamentale des interactions entre les humains et les autres composantes d’un système, et la profession qui applique principes théoriques, données et méthodes en vue d’optimiser le bien-être des personnes et la performance globale des systèmes’

##### 1) De Quoi elle s’agit ?

- Etude scientifique de l’homme et de ses conditions de travail
- Destinée à améliorer les postures et l’efficacité (la plupart des opérations ne sont pas automatisées)
- Conception de l’environnement en fonction de la morphologie humaine et de son comportement
- Rendre l’environnement compatible avec les capacités humaines

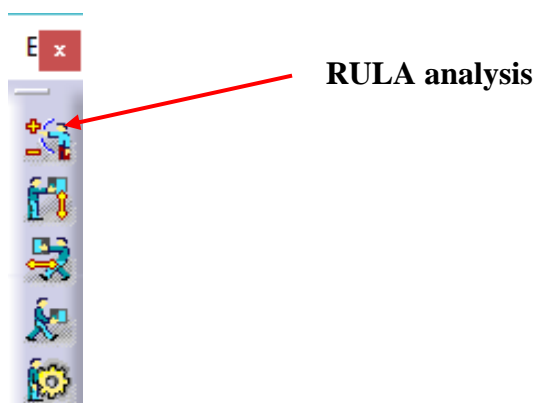
##### 2) Objectifs

- Plus facile à utiliser et à comprendre
- Réduire les erreurs humaines
- Améliorer la sécurité
- Améliorer la productivité (liée à la meilleur ergonomie)
- Diminuer les temps de maintenance
- Améliorer les ventes....

#### b. L’utilisation de la règle RULA

RULA : Rapid Upper Limb Assessment = Evaluation rapide des membres supérieurs

Conception et analyse ergonomique ➡ Human posture analysis



Cette règle sert à donner à l'opération ergonomique que nous avons un score qui représente une couleur avec laquelle nous pouvons juger notre opération :

- Mauvaise ergonomie
- Ergonomie acceptable
- Bonne ergonomie

**i. L'opération de l'inspection du l'intérieur du carter**

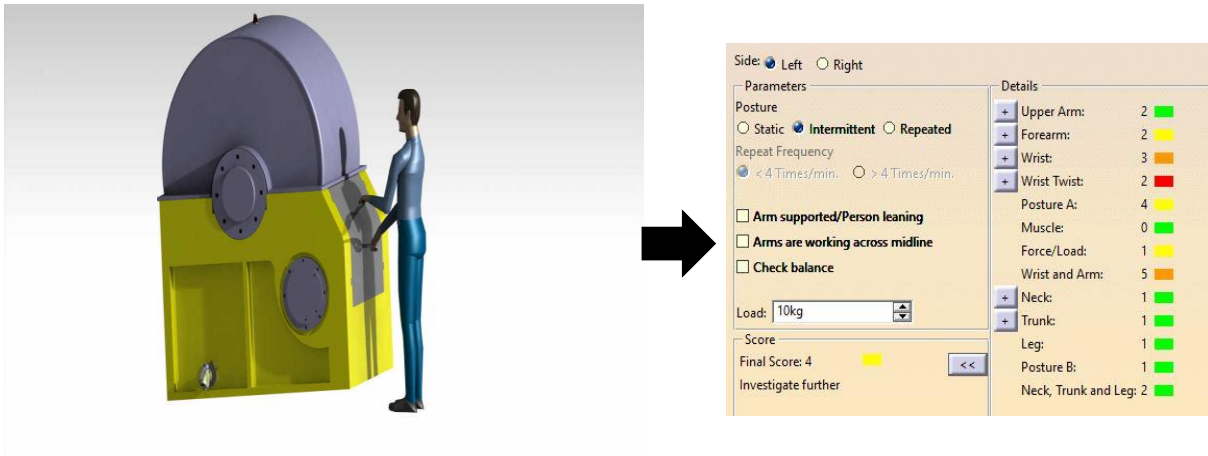


Figure 48:analyse ergonomique opération 1

L'analyse de cette opération nous a donné un score de 4 appartenant à la zone jaune, donc dans ce cas et avec les mesures que nous avons l'opérateur peut atteindre la tôle destinée à être enlever pour faire une inspection de l'intérieur du carter.

**ii. L'opération de la vanne de vidange**

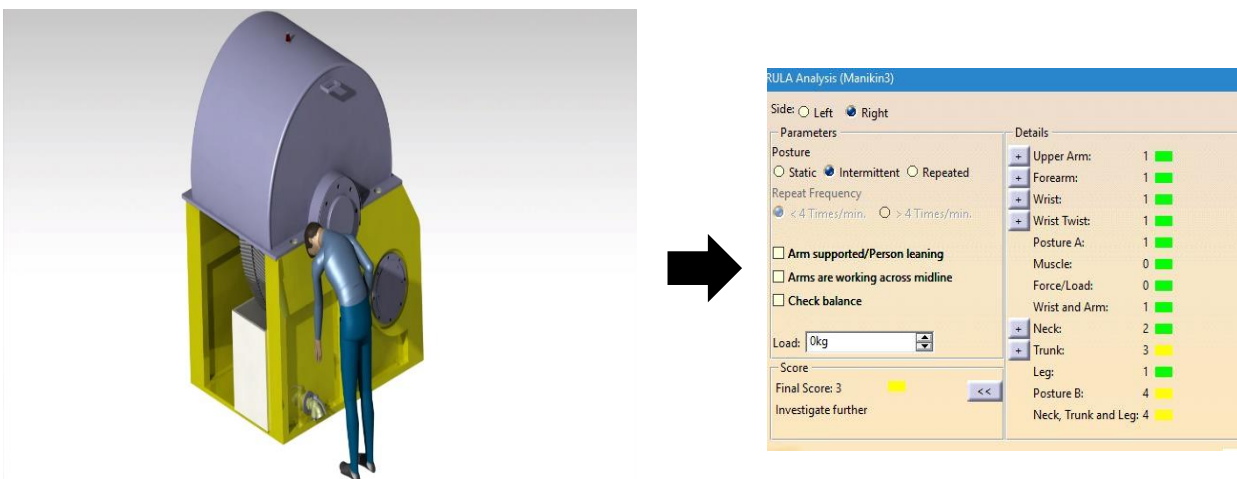


Figure 49 : analyse ergonomique opération 2

L'analyse de cette opération nous a donné un score de 3 appartenant à la zone jaune, donc l'opérateur doit faire un effort afin d'atteindre la vanne de vidange. Ce résultat n'est pas bon pour l'opérateur. Ça reste un point faible pour la conception imposée.

### iii. L'opération d'atteindre le niveau des flasques

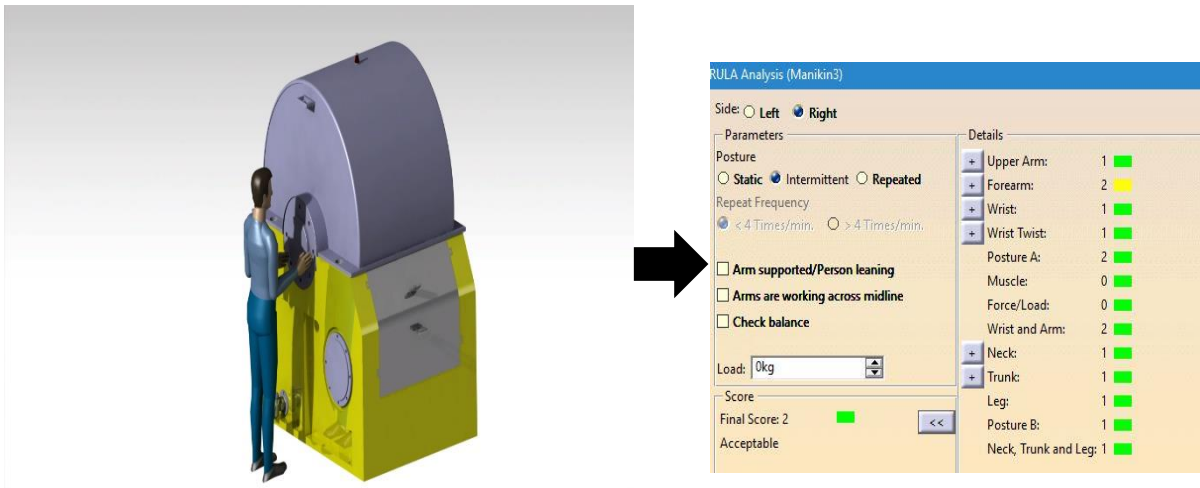


Figure 50:analyse ergonomique opération 3

L'analyse de cette opération nous a donné un score de 2 appartenant à la zone verte, donc une bonne ergonomie apparait ici. L'opérateur va facilement atteindre l'emplacement du flasque et donc il serrera les boulons de fixation d'une manière facile et flexible.

### iv. L'opération d'inspection (le champ de vision)

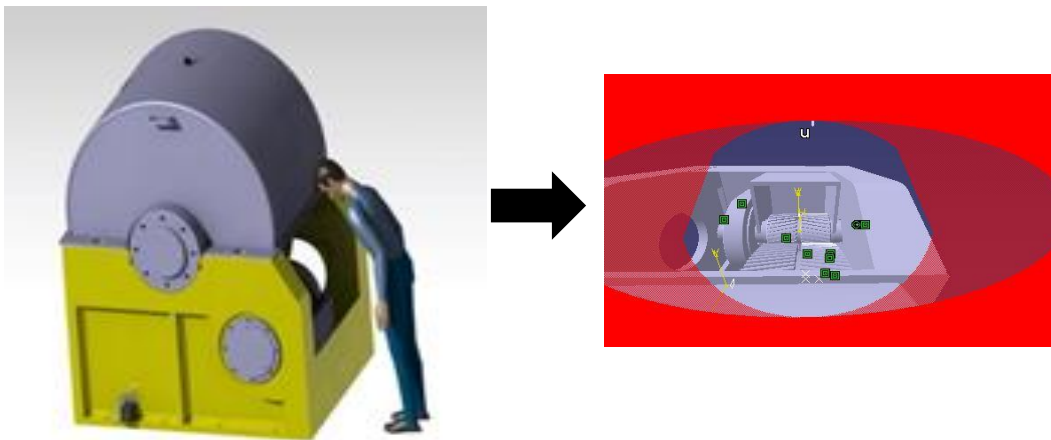


Figure 51:analyse ergonomique du champ de vision

D'après l'analyse de cette opération, il s'avère que l'opérateur peut voir tout l'intérieur du carter à partir l'emplacement d'inspection déjà que nous avons conçu, Donc nous pouvons certainement dire que cette opération représente une ergonomie très bonne.

## 4. Nouvelle solution basée sur l'analyse ergonomique

Vu que le système de lubrification proposé d'avant « lubrification par barbotage » pose des défauts qui vont être un obstacle face à la productivité de la machine.

Ces défauts sont cités ci-dessous :

- Un défaut remarqué dans l'ergonomie du bouchon de vidange (l'étude ergonomique de cette opération a donné une faible moyenne comme il s'est avéré d'avant).
- Une difficulté qui se pose lors du remplissage de bac d'huile.
- L'huile utilisé dans le système est toujours sensible à des abrasives dues à l'usure normale des organes ou bien la poussière.

Pour toutes ces raisons nous proposons d'utiliser un autre mode de lubrification qui est un petit peu couteux mais sophistiqué et très pratique, **c'est la lubrification par circulation d'huile.**

Cette lubrification consiste une circulation permanente d'huile, et arrive près des points à lubrifier grâce à une pompe et des canalisations. Le dispositif permet d'apporter la quantité d'huile strictement nécessaire là où elle est indispensable.

Ce mode de lubrification nécessite un paquet de matériel représenté comme suit :

- ✚ Une pompe
- ✚ Crépine d'aspiration
- ✚ Un filtre à huile
- ✚ Un clapet by-pass
- ✚ Un régulateur de débit et une buse d'injection

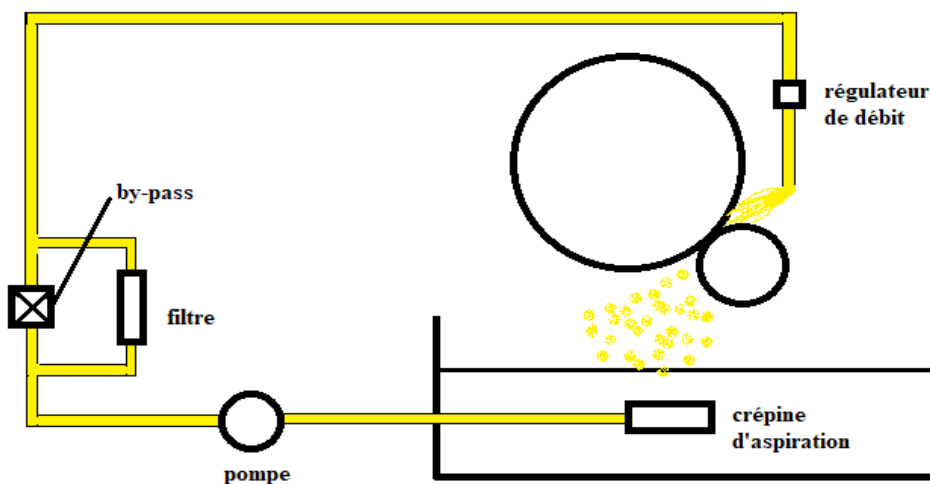
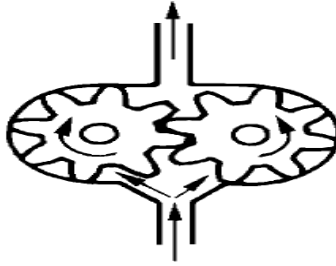


Figure 52:schéma simplifié de l'installation

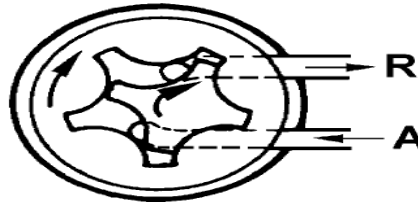
Les composants du système proposé sont définis comme suit :

**La pompe à huile** assure le pompage et la mise sous pression régulée de l'huile. Parmi les pompes volumétriques qui vont être appropriées pour notre système, nous citons :

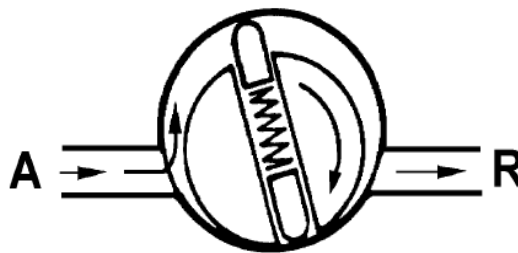
**La pompe à engrenages :**



**La pompe à rotor :**



**La pompe à palettes :**



Ces trois pompes citées sont valables pour notre application, mais nous allons choisir la pompe à engrenages car :

- + Aisée à mettre en œuvre
- + Faible prix de revient, et le plus agréable c'est que cette pompe existe déjà dans le magasin de l'atelier Dragline, donc nous allons gagner le temps de la commander et attendre sa livraison.

### Vision sur son fonctionnement :

Cette pompe comporte deux pignons, un pignon menant entraîne le second pignon. L'huile est entraînée dans les espaces laissés libres entre les dents des pignons et les parois du carter. Arrivée à l'orifice de refoulement, l'huile est expulsée vers la canalisation extérieure.

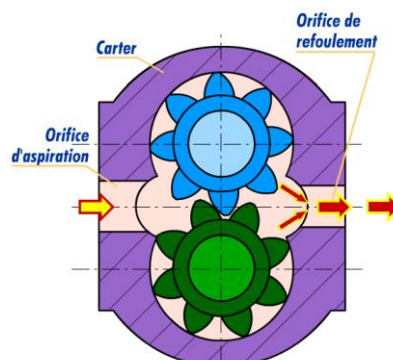


Figure 53:fonctionnement de pompe à engrenage

**La crépine d'aspiration** protéger la pompe d'aspiration d'huile en retenant des impuretés de taille définie avec une perte de charge faible afin de ne pas perturber le débit.

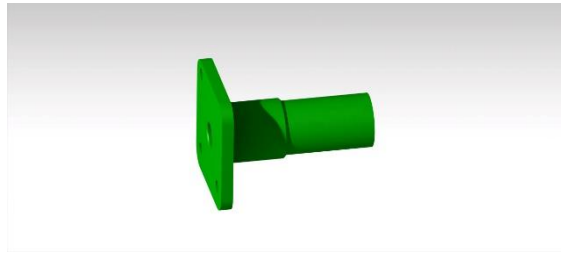


Figure 54:crépine d'aspiration sur CATIA V5

**Le filtre à huile** retient les impuretés (ex : déchets métalliques...). Il est en général en toile de coton ou en papier.



Figure 55:filtre à huile sur CATIA V5

**Remarque :**

En cas d'obstruction du filtre, on aurait une coupure du circuit d'huile et une montée en pression anormale dans le filtre. Pour éviter cela, le filtre est équipé d'un clapet de sécurité interne, qui permet à l'huile de rejoindre la rampe principale sans être filtrée.

**Le clapet by-pass** permet à l'huile de continuer de passer, cas de colmatage du filtre ou bien si l'huile est très visqueuse. Son rôle initial est donc de permettre aux pièces de continuer à être lubrifier au cas où le filtre soit bouché.

L'utilisation du by-pass n'est plus utile au cas d'utilisation d'un clapet interne dans le filtre.



Figure 56: clapet by pass sur CATIA V5

**Le régulateur de débit** fournit un débit d'huile constant à une valeur déterminée indépendamment des variations de charge, de viscosité ou de pression.

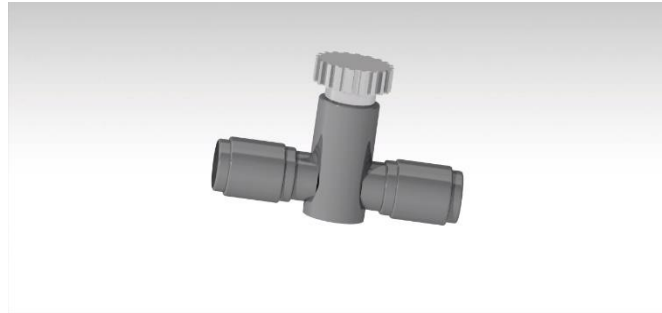


Figure 57: régulateur de débit sur CATIA V5

Il est constitué d'un étranglement réglable permettant d'afficher le débit souhaité, et d'un autre mobile piloté par un dispositif de comparaison. Il sert à comparer la pression de part et d'autre de l'étranglement réglable et maintient le débit constant.

#### a. Etude théoriques de l'installation

Nous avons choisi une pompe volumétrique ayant un rendement de 0.95 qui aspire l'huile à un débit volumique  $Q_V$  depuis un bac d'huile situé dans l'intérieur du carter.

Cette pompe est caractérisée par :

- Un volume refoulé de  $0.7 \text{ cm}^3/\text{tour}$
- Vitesse de rotation de 1000 tour/min

##### i. Calcul de débit volumique

Nous avons :

$$Q_V = C * N \quad \text{Avec} \quad \left\{ \begin{array}{l} C = \text{volume refoulé} \\ N = \text{vitesse de rotation} \end{array} \right.$$

AN :

$$\begin{aligned} Q_V &= 0.7 * 1000 \\ &= 0.7 * 10^3 \text{ cm}^3/\text{min} \end{aligned}$$

$$Q_V = 0.7 \text{ l/min}$$

##### ii. Calcul du diamètre de canalisation

**Le diamètre de la canalisation** dépend essentiellement de la quantité d'huile dans les canaux ainsi sa viscosité.

La relation qui permet de connaître la section d'orifice est :

$$A_{rab} = K_{ab} \cdot A_{ab}$$

$A_{rab}$  : section de l'orifice d'évacuation en tenant compte à la viscosité en  $\text{mm}^2$

$K_{ab}$  : facteur de correction de la viscosité



$A_{ab}$  : section de l'orifice d'évacuation en  $mm^2$

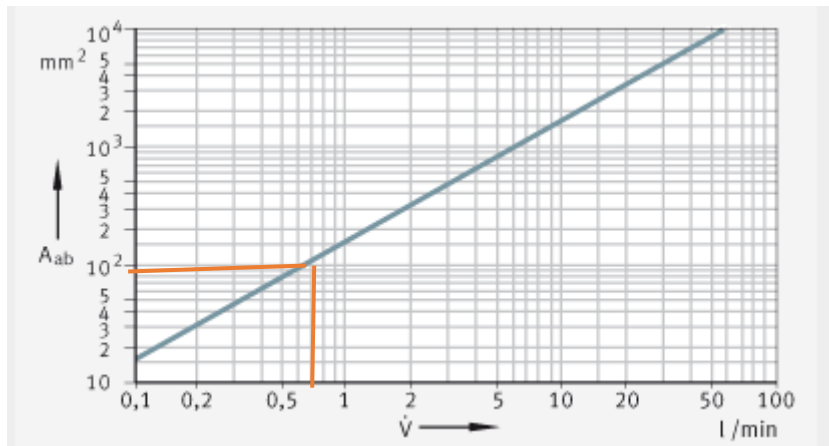


Figure 58:diagramme de débit volumique en fonction de la section de l'orifice

On se basant sur la quantité d'huile, nous pouvons préciser le diamètre de l'orifice d'évacuation qui sera corrigé par un facteur de correction qui dépend de la viscosité d'huile utilisée.

Pour enfin avoir la section d'orifice que nous allons utiliser dans notre système.

Tableau 14: tableau de facteur de correction en fonction de la viscosité

Viscosité		Facteur	
$mm^2 \cdot s^{-1}$		$K_{ab}$	
Jusqu'à 30			
30	à 60	1.2	à 1.6
60	à 90	1.8	à 2.2
90	à 120	2.4	à 2.8
120	à 150	3	à 3.4

Nous avons la viscosité d'huile à 40°C est :  $200 mm^2/s$

Donc  $K_{ab} = 3.4$

D'après le diagramme ci-dessus on obtient :  $A_{ab} = 90 mm^2$

Donc,

$$A_{rab} = 3.4 * 90 = 306 mm^2$$

$$\text{Nous avons } S = \pi * r^2 \Rightarrow r = \sqrt{\frac{306}{\pi}} = 9.78 \text{ mm}$$

Alors, le diamètre de la canalisation choisie est :

$$\mathbf{D = 20 \text{ mm}}$$

### b. Conception sur Catia V5

La conception que nous avons proposé pour ce changement va concerner les points suivants :

-Le bac d'huile déjà utilisé dans la première solution sera utile dans celle-ci aussi, il jouera le rôle du réservoir depuis lequel la pompe va aspirer l'huile.

-L'huile doit être circuler en permanence et arriver près des points à lubrifier grâce à l'insertion d'une pompe en derrière du carter et des canalisations.

-L'installation que nous avons proposé permet d'apporter la quantité d'huile strictement nécessaire pour notre système.

De plus, il est facile d'intervenir au cas des pannes dans toutes les unités de l'installation.

### c. Remplissage d'huile et vidange

Cette opération nécessite la mise en place d'une pompe afin d'effectuer la tâche d'une façon rapide et flexible.

Après toutes les modifications que nous avons fait dans notre système de lubrification, voici le résultat de la conception proposée :

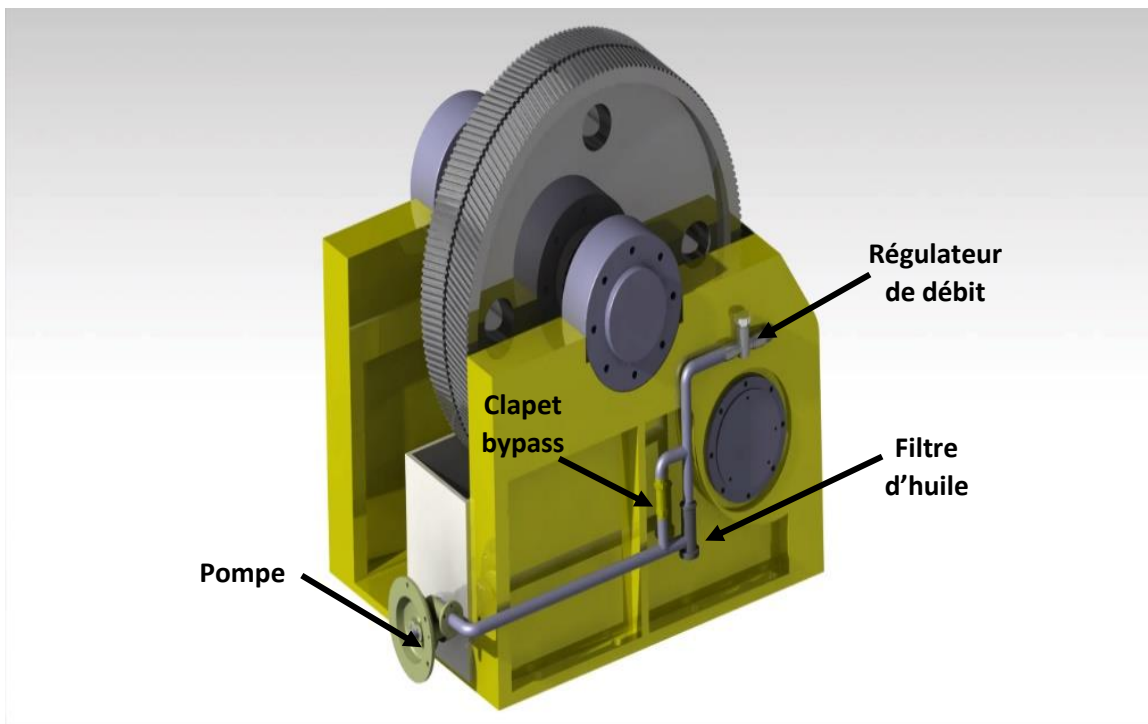
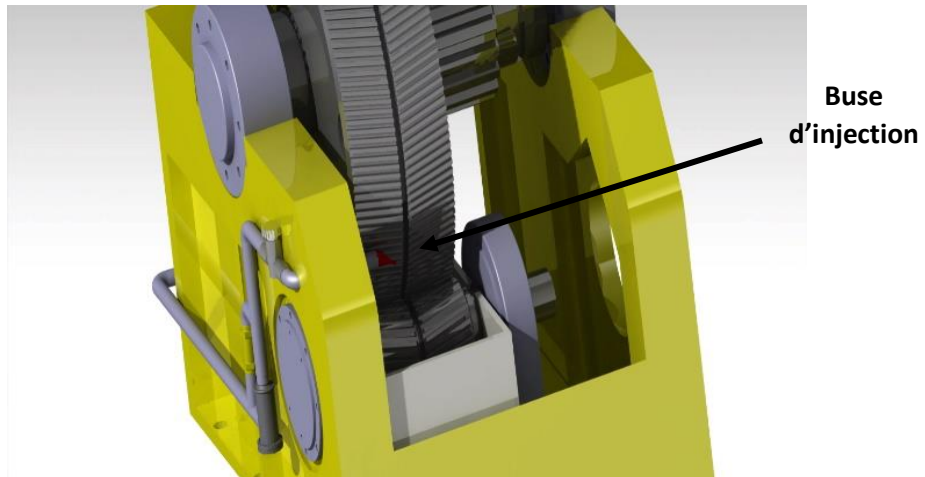


Figure 59:conception de la 2<sup>ème</sup> solution



*Figure 60:vue intérieure du carter*

### Conclusion

Durant cette chapitre nous avons suit la méthodologie de la résolution du problème, cette méthode nous nous aidons à mettre les causes principales de notre problème. En effet nous avons proposé plusieurs solutions ainsi leurs dimensionnements.

## Chapitre 5 : Valorisation du projet

### Contenu du chapitre

Dans ce chapitre nous allons calculer le coût de la réalisation du projet en tenant compte les deux solutions. De plus nous allons mettre le point sur les gains du projet qui sont deux types chiffrables et non-chiffrables.

## I. Coût de réalisation de solution :

### Le bac d'huile :

- **L'huile utilisée :**

Le prix de l'huile extrême haute pression pour engrenages chargés sous carter est de **63 DH/L**. Puisque notre carter a un volume de 58 L, donc la quantité d'huile dont nous avons besoin va couler  $63 \times 58 = 3654$  DH

- **Le matériau :**

Le prix standard de l'acier E295 varie en fonction de la quantité commandée, la masse de notre carter est de 57.89 kg, donc les tôles nécessaires pour la fabrication du bac ont un prix de 12 DH/Kg. Alors,  $57.89 \times 12 = 695$  DH

- **Opérateurs :** la réalisation du bac d'huile nécessite un travail forcé de 8H

Dans la phase de réalisation du bac, nous allons besoin :

**1 Soudeur :** 130 DH/h

**Le cout de la réalisation du bac est :**  $3654 + 695 + (130 \times 8) = 5389$  DH

### La partie fixe du carter :

- **Le matériau :** la réalisation de la partie fixe du carter nécessite un travail forcé de 16H  
Comme nous avons dit d'avant le prix d'acier E295 dépend de la quantité achetée et est ce qu'il est acheté en tôles ou en poutres ...ici, nous allons l'acheter avec prix de 8DH/KG.

$8 \times 3500 = 28000$  DH

- **Opérateurs :**

Dans la phase de réalisation de la partie fixe, nous allons besoin :

**Chef d'équipe :** 150 DH/h

**1 Soudeur :** 130 DH/h

**1 tôlier :** 130 DH/h

**Le cout de la réalisation de la partie fixe est :**  $28000 + (150 \times 16) + (130 \times 16) + (130 \times 16) = 34560$  DH

### La partie mobile du carter :

- **Le matériau :** la réalisation de la partie mobile du carter nécessite un travail forcé de 10H.

Nous allons acheter le métal de fabrication avec un prix de 8DH/KG donc on obtient :

$8 \times 198 = 1584$  DH

- **Opérateurs :**

Dans la phase de réalisation de la partie mobile, nous allons besoin :

**Chef d'équipe** : 150 DH/h

**1 Soudeur** : 130 DH/h

**1 tôlier** : 130 DH/h

**Le cout de la réalisation de la partie supérieure est :**

$$1584+(130*10) +(150*10)+(130*10)=5684 \text{ DH}$$

Prix total de réalisation :

**Le bac d'huile** + **La partie fixe du carter** + **La partie mobile du carter**

$$=5389+34560+5684$$

$$=45630 \text{ DH}$$

En tenant compte à la deuxième solution que nous avons proposé et vue qu'elle était une continuité pour la première, le coût de réalisation va augmenter en prenant en considération les prix des composant hydrauliques utilisés.

Composant	Prix
La pompe	3000 DH
La crépine d'aspiration	200 DH
Le clapé by-pass	450 DH
Le régulateur du débit	1800 DH
Le filtre à huile	70 DH
La conduite	42 DH/m

Ainsi, nous devons tenir compte au coût de la main d'œuvre qui fera l'installation de notre système : c'est un travail de 8h pour 3 opérateurs.

Donc, ce coût donne 3120 DH.

$$\text{Le coût total des composants hydrauliques est : } 3000+200+450+1800+70+(2*42) +3120 = 8724 \text{ DH}$$

$$\text{Donc, le prix total de la solution est de : } 45630+8724= 54354 \text{ DH}$$

## II. Les Gains

Notre solution nous a apporté deux types de gain :

**Un gain non chiffrable** : qui est la sécurité qui se voit dans le fais de protéger les gens qui marche à l'entourage du carter du dégagement d'huile qui peut être dangereux. Ainsi notre solution va diminuer la fréquence d'inspection et de nettoyage et partant la diminution des risques liés à ces interventions.

### Un gain chiffrable :

Le tableau ci-dessous permettra de récapituler les gains chiffrables de ce projet :

Tableau 15:le gain chiffrable

Gains	Valeurs
Trois opérateurs	$150 \times 365 = 54750 \text{MAD /an}$
Production	$(12+7.5) \times 4500 = 87750 \text{MAD/an}$
Temps	+20 heures/an

NB :

- 1 heure d'arrêt → 4500 DH de perte de production
- Sachant que le temps de travail se décompose en trois horaires, donc nous avons trois équipes ce qui conduit à gagner 3 opérateurs.

## Conclusion générale

Dans le cadre de notre travail, nous nous sommes fixés pour mission de minimiser les vibrations dans le système du levage de la dragline 195M pour éliminer les temps de non valeurs ajoutées.

Pour ce faire, nous avons procédé dans un premier lieu à définir le groupe OCP et l'atelier DRAGLINE ou nous avons effectué notre projet de fin d'études. Ainsi, nous avons abordé plusieurs informations sur la machine 195M et le fonctionnement de ses systèmes.

Dans un second lieu, nous avons mis notre problématique sous projecteurs afin de pouvoir l'expliquer et l'analyser de tous côtés pour pouvoir par suite proposer des solutions efficaces qui seront réalisées et qui vont améliorer la disponibilité de la machine.

Puis, nous avons décrit la procédure la plus complète pour le démontage des composants du système de levage. Cela facilite la tâche pour arriver à l'organe qui rencontre un problème et qui nécessite une réparation instantanée. Et le plus important c'est que nous avons cité les réglages précis des jeux, qui jouent un rôle fondamental dans la performance de la machine.

Ensuite, nous avons fait une analyse des différents composants du système de levage à l'aide de la méthode de résolution des problèmes (MRP). Dans le but de préciser les causes racines des vibrations de la machine. Après avoir évalué ces causes, nous avons proposé des solutions que nous avons traitées en matière de coût et de temps pour choisir la meilleure entre elles. Sans oublier les influences au niveau sécuritaire pour la 195M. Les solutions proposées sont comme suite :

- Changement du système de lubrification : de la lubrification par graisse à la lubrification par bain d'huile, ce qui a exigé un redimensionnement du carter.
- Une deuxième solution qui consiste à changer le mode de lubrification en **une lubrification par circulation d'huile**. Cela a exigé une conception de nouveau système en tenant compte à tout le matériel hydraulique nécessaire.

En conséquence, la réalisation de ces modifications vise essentiellement à augmenter la durée de service du système de levage et la machine 195M toute entière.

Enfin, en se basant sur les coûts investis et les recettes escomptées, nos solutions affichent des gains au niveau de la main d'œuvre et la productivité avec un coût de réalisation de 55000DH.



## Bibliographie

- [1] Guide du dessinateur industriel, Chevalier André, Hachette, édition 2004.
- [2] Produits de maintenance et de lubrification SKF (catalogue accessible sur internet)
- [3] Techniques de réparation mécanique (PDF accessible sur internet)
- [4] Aide en ligne CATIA V5, Dassault systèmes
- [5] guide des sciences et technologies industrielles, Jean Louis FANCHON, Nathan, édition 2009