

**UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA**  
**FACULTE DES HYDROCARBURES ET ENERGIES RENOUVELABLES ET SCIENCES**  
**DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS**  
**DEPARTEMENT DE FORAGE ET DE MECANIQUE DES CHANTIERS PETROLIERS**



## **Mémoire**

**Master professionnel en Mécanique des Chantiers Pétroliers**

**Présenté par : SAHRAOUI Khaled**

**Rapporteur : ZIARI Saber**

## **Thème**

**Etude et maintenance de TOP DRIVE TDS 11**

**Soutenu le**  
**Devant le jury composé de:**

**Président : TOUAHRI Abdeldjebar**

**Examineur : BOUKSANI Mohamed**

**Encadreur : ZIARI Saber**

**Année universitaire 2016/2017**

## List de figure

<b>Figure</b>	<b>Titre de Figure</b>	<b>Page</b>
Figure I.1	Equipement de fond	4
Figure I.2	Table de rotation	5
Figure I.3	Tête d'injection	6
Figure I.4	Pompe à boue	7
Figure I.5	Schéma cinématique d'un mécanisme de levage	8
Figure I.6	moufle fixe	9
Figure I.7	Ensemble moufle et crochet	9
Figure I.8	Câble de forage	10
Figure I.9	Treuil De Forage	11
Figure I.10	Top drive	13
Figure II.1	Principe de fonctionnement	15
Figure II.2	Schéma Variable Fréquence Drive	18
Figure II.3	Achèvement de mat	19
Figure II.4	faisceau sectionné de guide	20
Figure II.5	Chariot de guidage	21
Figure II.6	Le bloc supérieur	22
Figure II.7	Moteur électrique	23
Figure II.8	Dispositif de freinage	25
Figure II.9	System de refroidissement	25
Figure II.10	le bonnet	26
Figure II.11	Boite de vitesse	27
Figure II.12	Le bloc inférieur	28
Figure II.13	Les différents vus de manifold de rotation	29
Figure II.14	Ensemble d'entraînement et verrouillage	30
Figure II.15	Système d'inclinaisons des bras	31
Figure II.16	Les vannes de contrôle de puits	32
Figure II.17	La clé dynamométrique	33
Figure II.18	Système hydraulique	34
Figure III.1	Pompe de lubrification	42
Figure III.2	Jeu entre-dents	43
Figure III.3	Col de cygne	44
Figure III.4	Tube d'usure	45
Figure III.5	Le bonnet	45
Figure III.6	IBOP	47
Figure III.7	Manifold de rotation	48
Figure III.8	Clé dynamométrique	48
Figure VI.1	mécanisme d'engrenage	51
Figure VI.2	Schéma cinématique du mécanisme d'engrenage	52
Figure VI.3	caractéristiques géométriques	52
Figure VI.4	Courbe d'équidurée	54
Figure VI.5	Les différents efforts appliqués sur les engrenages	55
Figure VI.6	Forces appliquées sur une dent d'un engrenage hélicoïdale	56
Figure VI.7	La répartition des forces sur l'arbre intermédiaire	58

## List des tableaux

<b>Tableau</b>	<b>Titre du tableau</b>	<b>Page</b>
Tableau.1	caractéristiques du top drive varco TDS11	17
Tableau.2	Tableau d'Evaluation des risques de panne	38
Tableau.3	Tableau d'Evaluation des conséquences de panne	39
Tableau.4	Classe de maintenance	40
Tableau.5	Maintenance systématique du bloc supérieur	41
Tableau.6	Maintenance systématique du bloc inférieur	46
Tableau.7	Maintenance systématique du système hydraulique	49
Tableau.8	Caractéristiques des engrenages cylindriques à denture hélicoïdal	52
Tableau.9	Caractéristiques géométrique des engrenages hélicoïdaux	56
Tableau.10	Caractéristiques des roulements	58

## **I. Introduction :**

Les ressources pétrolières sous terrains existantes en Algérie participent dans le développement économique d'une façon notable, cependant plusieurs entreprises ont été installés dans le sud Algérien dans les spécialités : forage et exploitation.

Le pétrole est le résultat de la décomposition de la matière organique végétale et animale qui se déroule très profondément sous la terre au cours des temps géologiques écoulés.

Pour récupérer le pétrole, le forage est le seul moyen pour atteindre le réservoir et extraire le pétrole.

Pour cela plusieurs techniques ont été élaborées à travers le temps afin de résoudre de nombreux problèmes liés au forage rotary.

Dans ce cadre un équipement appelé TOP DRIVE a été créé et il a commencé à prendre sa place dans les chantiers de forage en Algérie.

On a choisi cet équipement comme sujet de notre mémoire de fin d'étude car il est moderne et important.

## **I.1-Les Activités de l'ENTP :**

### **a. Le Forage :**

L'entreprise nationale des travaux aux puits (ENTP), est assignée aux forages à moyennes et grandes profondeurs, aussi bien ceux de l'exploration que ceux du développement. Les zones de forage hydrocarbures où active ENTP se situent principalement dans le grand sud Algérien.

ENTP est par ailleurs intervenu dans d'autres pays aux climats les plus divers comme en Tanzanie et au Yémen. Le forage horizontal est en plein essor en Algérie, ENTP s'y distingue comme un acteur majeur inscrivant à son actif un nombre important de forages horizontaux.

Parmi les percées technologiques qui accompagnent le forage, les chantiers de l'ENTP emploient des équipements tels que la Top-drive, le SCR (redresseur de courant) et des récentes méthodes de forage

### **b. Le Work-Over :**

En matière de Work-Over et Short radius, sur le champ de Hassi Messaoud (reprise des anciens puits afin d'augmenter leur production tout en utilisant un nouveau procédé appelé Short radius, qui consiste au forage horizontal d'un drain de longueur avoisinant les 500 m), l'ENTP a contribué à la réalisation d'un nombre important de puits au moyen de ses appareils dotés d'équipements technologiques de dernière génération.

### **❖ Les moyens de l'entreprise ENTP :**

L'ENTP dispose d'un parc de 64 appareils dont 28 destinés pour le forage et 36 pour le Work-over. Certains de ces appareils sont dotés d'équipements modernes : SCR, Top Drive, Wireless Net Work Communication

L'intégration du système TOP DRIVE est atteinte à 50%

## **I.2-Description de l'Appareil de Forage :**

Un appareil de forage doit accomplir dans les meilleures conditions techniques et de sécurité, la réalisation d'un puits reliant un gisement à la surface.

### **I.2-1. Classification des appareils de forage:**

Il existe toute une gamme d'appareils : légers, moyens et lourds, appropriés aux forages, peu, moyen et très profonds.

Deux caractéristiques relativement liées interviennent dans la classification des appareils de forage :

- ❖ La capacité ou profondeur de forage maximale,
- ❖ La puissance au treuil.

La règle du pouce anglo-saxonne suivante donne d'une manière pragmatique : pour 110 pieds de forage, il faut 10 HP de puissance au treuil d'où :

- ❖ Appareil léger 4 921' à 6 561' (1 500 à 2 000 m) 650 HP
- ❖ Appareil moyen 11 482' (3 500 m) 1 300 HP
- ❖ Appareil lourd 19 685' (6 000 m) 2 000 HP
- ❖ Appareil super lourd 26 685' à 32 805' (8 000 à 10 000 m) 3000HP

### **I.2-2.Fonction d'un appareil de forage :**

Les installations de forage employées pour le forage rotary des puits profonds représentent un ensemble de différentes machines, mécaniques et bâtiments.

Au cours de forage rotary d'un puits profond, à l'aide d'une installation de forage, on réalise les opérations suivantes :

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

Pour la réalisation de ces opérations, les équipements utilisés se divisent en deux parties essentielles :

- ❖ Equipements de fond.
- ❖ Equipements de surface.

### **I.2-3.Equipements de l'appareil national OilWellVarco :**

#### **I.2-3-1.Equipements de fond :**

C'est l'ensemble des outils (figure.I-1) de forage et garniture qui travaillent au-dessous de la surface et sont en général :

➤ **Le trépan :** (figure.I-1-a)

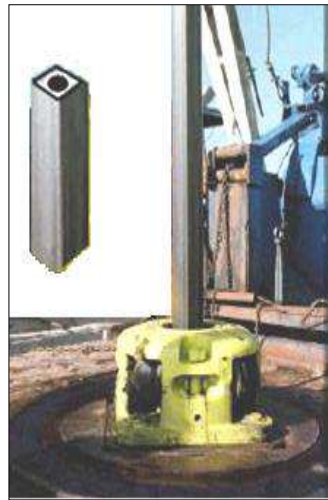
C'est l'outil qui assure sous l'effet de la compression et de rotation pour la destruction des roches.

➤ **Les tiges de forage :** (figure.I-1-b)

Ces sont des tiges qui descendent le long du puits et qui transmettent le mouvement de rotation de l'outil (Trépan). Celles-ci permettent aussi le passage de la boue de forage.

➤ **Tiges carrées :** (figure.I-1-c)

C'est la tige qui transmet le mouvement de rotation de la table de rotation au train de tige.



I-1-a : trépan I-1-c : tige carrée

I-1-b : tige de forage

Figure.I-1 Equipement de fond

### **I.2-3-2. Equipements de surface :**

C'est l'ensemble de tous les équipements qui travaillent au-dessus de la surface et qui permettent d'assurer ces fonctions principales :

#### **a. Fonction de rotation :**

Pour assurer la rotation de l'outil pendant le forage d'un puits de pétrole et effectuer plusieurs opérations nécessaires sur le plancher, on a recours à un système de rotation.

Ce système comprend deux équipements essentiels :

- ❖ La table de rotation. (figure.I-2)
- ❖ La tête d'injection.(figure.I-3)

#### **• Table de rotation :**

Les tables de rotation sont destinées principalement à l'entraînement d'une colonne de forage suspendue verticalement.

La table de rotation se compose de deux parties :

- ❖ Partie mobile.
- ❖ Partie fixe.

La partie fixe constitue le bâti de la table, elle sert aussi comme un carter d'huile où sont lubrifiées par barbotage les pièces d'usures de la partie mobile.

La partie mobile comprend une couronne dentée circulaire appelée « grande couronne » cette couronne est attaquée par pignon d'attaque monté sur l'extrémité d'un arbre à l'aide d'une roue à chaîne de l'autre extrémité.

Cet arbre repose sur deux roulements à billes, l'un simple et l'autre comme roulement buté. Le fonctionnement d'une table de rotation est très simple.

Le pignon d'attaque qui est entraîné par l'arbre d'attaque à partir d'une roue à chaîne, entraîne avec lui la couronne dentée qui fait tourner la partie mobile de la table, qui entraîne à son tour la colonne de forage au moyen d'une tige carrée ou hexagonale.



Figure.I-2 : Table de rotation

- **Tête d'injection :**

La tête d'injection (figure.I-3) représente le mécanisme qui relie la partie mobile d'une installation de forage à la partie fixe.

En effet la tête d'injection qui est suspendue d'un côté au crochet de levage et de l'autre côté vissé à la tige carrée, elle sert des paliers de roulement à l'ensemble du train de tige pendant le forage.

Elle assure le passage de la boue de forage venant d'une conduite fixe (Flexible d'injection) dans une conduite animée d'un mouvement de rotation (train de sonde).

Une tête d'injection comprend une partie mobile reposant par l'intermédiaire d'un roulement à bille principal sur une partie fixe.

L'étanchéité dans ce point est assurée par une garniture spéciale.

Il est prévu aussi sur la partie inférieure de la tête d'injection et pour empêcher l'huile de s'échapper des presse-étoupes.



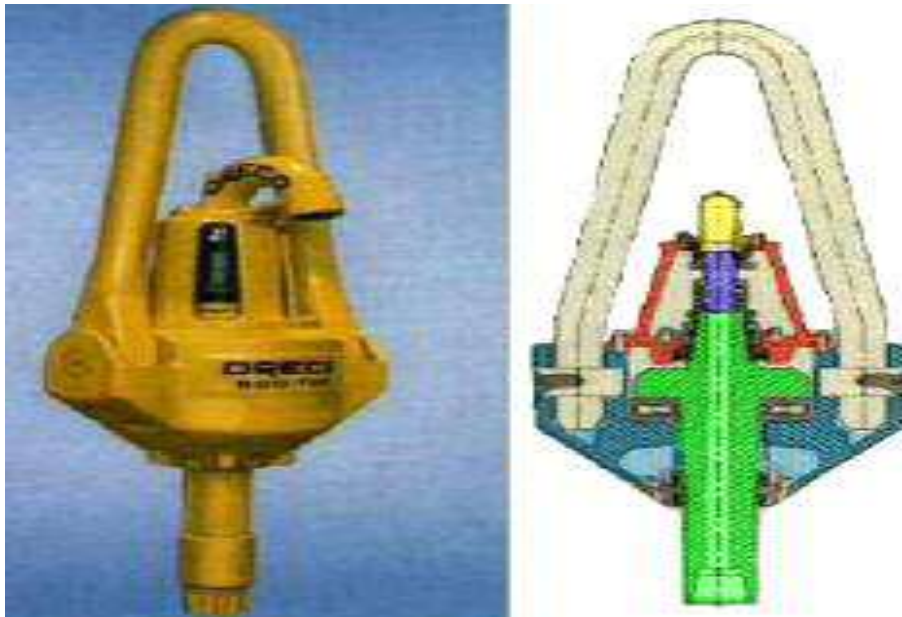


Figure I-3 : Tête d'injection

#### **b. Fonction de pompage :**

- **Pompe à boue :**

Les pompes à boue (figure.I-4) doivent assurer un débit compatible avec le rendement optimal du trépan utilisé.

L'importance de la circulation de boue est telle dans le forage rotary qu'une installation de forage de quelque importance possède généralement deux pompes de même puissance, ce qui permet de réparer ou d'entretenir l'une d'elles pendant que l'autre est en service et d'avoir ainsi une sécurité à peu près totale quant au maintien de la circulation.

Une pompe à boue est généralement entraînée par un moteur électrique ou à combustion interne auquel elle est reliée par une transmission.

- **La partie mécanique :**

- ❖ Le bâti.
- ❖ Couple d'engrenage.
- ❖ L'embiellage comprend : l'excentrique, les bielles, les crosses.

- **La partie hydraulique :**

- ❖ Corps de pompe.
- ❖ Chemises.
- ❖ Pistons et tiges de pistons.
- ❖ Clapets.
- ❖ Amortisseur de pulsations.
- ❖ Soupape de décharge.

- **Caractéristiques des pompes à boue :**

- ❖ Le débit.
- ❖ La pression.

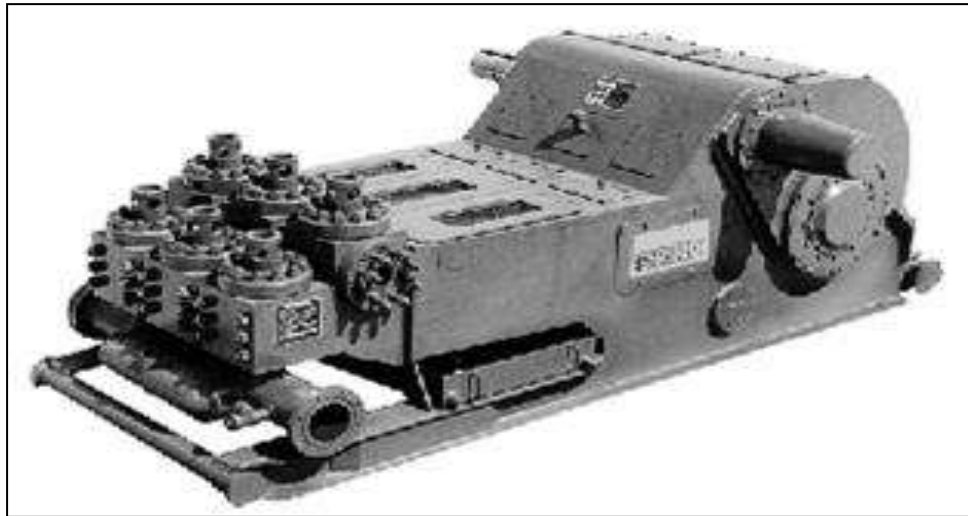


Figure.I-4 : Pompe à boue

➤ **Matériel auxiliaire de la fonction pompage:**

- ❖ Les conduites.
- ❖ Les vannes.
- ❖ Le flexible d'injection.
- ❖ Les tamis vibrants, dégazeur, Agitateurs.

**c. Fonction de levage :**

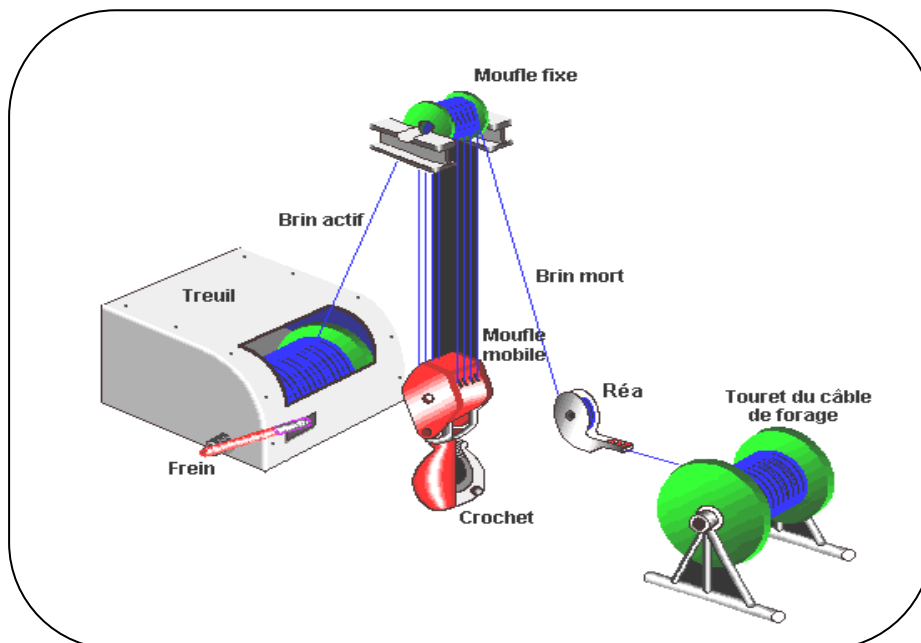


Figure.I-5 :Schéma cinématique d'un mécanisme de levage

Le processus de montée de la colonne de forage hors du puits comprend une série d'opérations cycliques se répétant systématiquement, qui sont les suivantes :

- ❖ Montée de toute la longueur de tige sur une longueur dépassant de peu la longueur de train de tige.
- ❖ Arrêt de la colonne de forage en position suspendue.
- ❖ Pose de la colonne de forage sur la table de rotation et la montée de la charge de traction.
- ❖ Dévissage de train de tiges de colonne de forage et pose de celui-ci à l'intérieur du chantier de forage.
- ❖ Descente du crochet déchargé et de l'élévateur pour accrocher la colonne de forage.

Le mécanisme de levage représenté sur la (figure I-5) se compose d'un mouflage et d'un treuil actionné d'un mécanisme d'entraînement.

- **Le mouflage :**

Le mouflage comprend un câble qui passe successivement sur les poulies d'un moufle fixe (figure.I-6)et sur les poulies d'un moufle mobile (figure.I-7) avant de s'enrouler sur le tambour d'un treuil, l'autre extrémité du câble est fixée à un point fixe (réa).

Le nombre de brins du mouflage peut varier de 04 à 14.On appelle brin actif, la partie de câble comprise entre le tambour du treuil et le moufle fixe. Le brin mort est la portion de câble sortant du moufle fixe et allant directement au point fixe.

- **But de mouflage :**

Le mouflage a pour but de répartir sur plusieurs brins le câble, les charges considérables que le crochet d'un appareil est appelé à supporter, ce qui permet :

- ❖ de rendre les dimensions du câble acceptables,
- ❖ de réduire l'effort au brin actif et permettre ainsi la construction de treuil de dimensions raisonnables; on verra que, malgré la démultiplication des efforts réalisée par le mouflage, les treuils conservent quand même des dimensions importantes.



Figure.I-6 : moufle fixe

- **Le crochet de levage :**

Il est suspendu directement au moufle mobile (figure.I-7)ou intégré à celui- ci, il comprend le « crochet » proprement dit, sur lequel vient reposer pendant le forage l'anse de la tête d'injection et deux oreilles latérales pour la suspension des bras d'élévateur utilisés en manœuvre.

Il comporte un système amortisseur (ressort) qui limite les chocs à la reprise de la charge au dégageant et facilite le vissage des connexions.



Moufle  
mobile

Crochet

Figure.I-7 : Ensemble moufle et crochet

- **Le câble de forage :**

- **Constitution :**

Un câble (figure.I-8) est constitué de plusieurs torons disposés en spirale autour d'une âme. Chaque toron est lui-même constitué de plusieurs fils calibrés également disposés en hélice sur plusieurs couches.

- **L'âme du câble :**

L'âme support du câble peut être textile (chanvre, sisal, jute), métallique ou mixte (métal et textile). L'âme textile ne joue aucun rôle dans la charge de rupture du câble mais par contre, retient bien la graisse et donne au câble une bonne élasticité longitudinale. L'âme métallique participe à la charge de rupture du câble et lui permet de mieux résister à la déformation après passage sur des poulies de faible diamètre. Par contre, elle est moins souple que l'âme textile.

- **Les torons :**

Les deux types de torons les plus utilisés pour la fabrication des câbles de forage sont :

**Seal Lay :**

Dans ce type de toron, les deux couches extérieures ont le même nombre de fils et sont toronnés au même pas. Les fils n'ont pas le même diamètre pour pouvoir être jointifs.

**Filler :**

Appelé aussi Seal Lay à fils de remplissage ou Seal Lay-filler. Il est employé de préférence au toron Seal Lay lorsque l'utilisation réclame un nombre de fils plus important par toron. Le toronnage dans les différentes couches se fait au même pas.

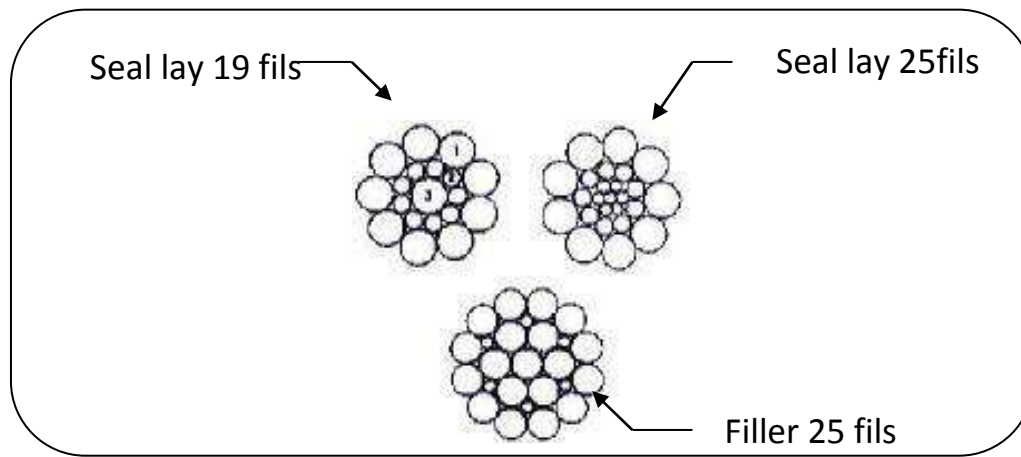


Figure.I-8 : câble de forage

### ➤ **Travail effectué par un câble :**

Le câble de forage qui relie le treuil au moufle mobile, est l'organe de transmission du travail qui permet aux charges d'être déplacées à la verticale dans les deux sens.

Outre que le câble s'use en fonction des points particuliers d'usure, il se fatigue également proportionnellement au travail qu'il effectue.

Il est donc nécessaire de contrôler la durée de vie d'un câble en fonction du travail qu'il effectue, de façon à pouvoir établir un programme de son utilisation.

En considérant que :

- les frottements de la garniture de forage contre les parois du trou sont les mêmes à la remontée qu'à la descente,
- il y a des tiges sur toute la hauteur du trou, sorties ou introduites "Longueur" par "longueur",
- le supplément de poids dû aux masse – tiges et à l'outil est rassemblé à la base de la garniture au niveau de l'outil.

### • **Le treuil de forage :**

C'est le cœur de l'appareil de forage, donc c'est la capacité du treuil qui caractérise un appareil de forage et indique la classe des profondeurs de forages que l'on pourra effectuer.

Le treuil de forage (figure.I-9) regroupe un ensemble d'éléments mécaniques et assure plusieurs fonctions :

- ❖ Les manœuvres de remontée et de descente (levage) du train de sonde à des vitesses rapides et en toute sécurité, ce qui constitue sa principale utilisation.
- ❖ L'entraînement de la table de rotation, quand celle-ci n'est pas entraînée par un moteur indépendant.
- ❖ Le vissage et dévissage du train de sonde ainsi que les opérations de curage.

### ➤ **Différentes parties mécaniques de treuil :**

- ❖ Le tambour de manœuvre
- ❖ Boîte de vitesse
- ❖ Le frein principal
- ❖ Le frein auxiliaire
- ❖ Le frein électromagnétique





Figure I-9 Le Treuil De Forage

### **I.2-3-3- Les équipements mécaniques :**

On distingue :

- ❖ Les moteurs de sonde ou groupe de force ;
- ❖ Les groupes électrogènes ;
- ❖ Les compresseurs.

Ils fournissent l'énergie nécessaire au fonctionnement de la sonde de forage

### **I.2-3-4- Les équipements de sécurité:**

Ils assurent la sécurité du puits en cas de venue, les équipements de sécurité sont constitués de :

- ❖ La tête du puits ;
- ❖ BOP;
- ❖ L'accumulateur de pression;
- ❖ Le manifold deduses.

### **I.3-Principe de fonctionnement de l'appareil de forage**

L'outil de forage (trépan) est entraîné dans son mouvement de rotation au fond du trou par une colonne de tiges creuses vissées les unes aux autres.

A l'extrémité supérieure de ce train de tiges et à hauteur du plancher de la tour de sondage se trouve la tige d'entraînement qui est creuse également, mais de section extérieure carré ou hexagonale, et qui passe à travers la table de rotation par laquelle elle est entraînée. La table de rotation est entraînée par les moteurs par l'intermédiaire d'un ensemble de transmission par chaîne et roues dentées.

L'ensemble du train de sonde est suspendu au crochet de levage par l'intermédiaire de la tête d'injection qui joue le rôle de palier de rotation pour l'ensemble de train de tiges, elle comprend une partie mobile solidaire du train de sonde et une partie fixe solidaire du crochet.

Ce crochet de levage peut être manœuvré du haut en bas de la tour métallique grâce à un système de mouflage composé d'un moufle mobile auquel est suspendu le crochet et d'un moufle fixe, fixe en haut du mât de sondage.

Le brin du câble va s'enrouler sur le tambour de treuil de forage lequel est entraîné par les moteurs par l'intermédiaire d'un jeu de transmission et d'embrayages.

Une injection continue de boue dans le trou est assurée pendant toute la durée de forage.

Des pompes à boue aspire la boue des bacs et la refoule par l'intermédiaire de la colonne montante, du flexible et de la tête d'injection dans l'intérieur du train de sonde, la boue, descend ainsi jusqu'au fond du trou, sort par les événements du trépan et remonte par l'espace annulaire compris entre les tiges et le trou foré, cette boue qui remonte du fond du trou est chargée des déblais de forage.

Ainsi dès son arrivée à la surface, elle passe aux tamis vibrants qui la sépare des déblais de là, elle retourne dans les bacs d'aspiration. La boue effectue donc un circuit fermé, durant le forage.

Aux deux tiers (2/3) environ du mât de forage se trouve la passerelle d'accrochage, qui sert au gerbage des tiges dans le mât lors des manœuvres de remontée ou descente.

Le train de tige est donc remonté puis redescendu par éléments de deux ou trois tiges grâce au système de levage qui constituent le treuil, le câble, les moufles et le crochet.

Le mât de forage repose sur une substructure de 3m de hauteur, ce qui élève d'autant le plancher de travail et permet l'installation sur la tête du puits d'un ou plusieurs obturateurs de sécurité.

#### **I.4-Le Top drive :**

Certaines installations de forage utilisent une tige carrée et une table de rotation pour faire tourner la garniture de forage et l'outil (trépan). Cette installation comprend la tête d'injection, le flexible d'injection, la tige carrée et la table de rotation.

Certaines installations utilisent un système top drive d'entraînement par le haut pour faire tourner la garniture de forage et l'outil (trépan). (figure I-10)

Un top drive moderne constitue un système intégré qui comprend le manuel de manutention des tiges, le moufle, tête d'injection, la table de rotation et un ou plusieurs moteurs qui font tourner l'arbre d'entraînement.



Figure I-10. Le Top drive

## **II-1. Historique**

Le développement des Derrick Drilling Machines a commencé aux années 80, pour remplacer la méthode conventionnelle (classique) de forage en utilisant l'ensemble tige carrée – table de rotation

En 1983 le développement du derrick a commencé par le remplacement de ce système conventionnel par un autre système appelé Top drive, le premier modèle est publié en 1984, était DDM650 (Derrick Drilling Machine-capacité de levage 650 tonnes- moteur à courant continu) le développement du Top drive est arrivé en 1987 à l'introduction du système d'entraînement hydraulique, le model DDM500/600 HYD est publié à la fin de 1987.

La demande de grand moment de rotation a résulté un bon développement des moteurs d'entraînement à courant alternatif.

Dans nos jours il existe toute une gamme de Top drive de différentes capacités et puissances. Le concept de cet équipement n'est pas nouveau, ce qui est nouveau est la combinaison de plusieurs parties de système de levage, de rotation et de pompage en un seul organe

### **II-2-1.Le rôle du top drive :**

Le top drive effectue plusieurs opérations comme :

- ❖ Forage (en utilisant le moteur électrique).
- ❖ Remontée et descente des tiges de forage.
- ❖ Serrage et desserrage des connections.
- ❖ Circulation de la boue.
- ❖ Manipulation des tiges en utilisant les bras.
- ❖ Blocage de la garniture de forage.

Ces fonctions peuvent être réunies sous trois principaux rôles qui sont :

La rotation, la manipulation, et l'injection ou la circulation.

### **II-2-2.Avantages :**

- ❖ Diminuer le temps de forage de 25% (la manipulation de tige carrée est supprimée)
- ❖ Connexion sur la garniture en manœuvre à n'importe quelle hauteur.
- ❖ Plus efficace pour la manutention des tiges.
- ❖ Elle fournit une puissance de rotation plus variable que celle de la table de rotation.
- ❖ Permet la rotation de la garniture de forage et la circulation à tout niveau dans le puits pendant les descentes et les remontées, cet avantage aide à prévenir les problèmes dans le puits.
- ❖ Fournit une réaction rapide au coup de pression de gaz dans les puits pendant les montées et les descentes. Le chef de poste peut actionner la vanne de contrôle de puits : IBOP (Integrate BOP) et la fermer à distance pour arrêter le gaz provenant de la garniture de forage au moins le temps qu'il en faut au sondeur pour monter les cales en place et fermer la vanne manuelle.
- ❖ Réduire le nombre de connections.
- ❖ Possibilité d'application d'un couple statique pendant un temps indéterminé (seulement dans le cas d'un top drive hydraulique).
- ❖ Maintenir l'orientation directionnelle (l'utilisation des trois tiges simples de forage va aider à avoir un puits plus vertical).
- ❖ Soulager le travail des accrocheurs.

### **II-2-3.Inconvénients :**

- ❖ Le coût de leur maintenance qui est plus élevé en comparant avec l'ancien système.
- ❖ Leurs dimensions importantes.



- ❖ Du fait du poids supplémentaire, le câble de forage s'use plus rapidement.
- ❖ Elles sont aussi plus difficiles à déplacer sur les installations de forage sur terre qui doivent être démontées lors du déménagement.

### II-3 Principe de fonctionnement :

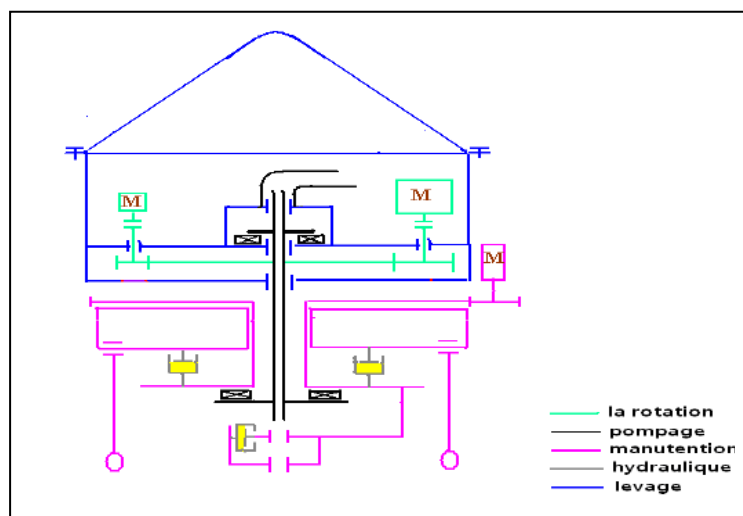


Figure II-1 : Principe de fonctionnement

#### ➤ **La fonction pompage :**

Le Top drive a une tête d'injection intégrée qui est suspendue en permanence au moufle mobile.

Le flexible d'injection amène la boue de forage vers le tube d'usure par l'intermédiaire de col de cygne puis elle est dirigée vers la garniture de forage.

#### ➤ **La fonction rotation :**

Le moteur tourne l'arbre principal par l'intermédiaire d'une boîte d'engrenage.

Les membres de l'équipe ajoutent un raccord d'usure au bas de l'arbre principal puis vissent la garniture de forage sur le raccord d'usure, ce raccord réduit le degré d'usure des filets de l'arbre principal.

Les chemins dans le mat empêchent la rotation du Top drive pendant que l'ensemble moteur d'entraînement fait tourner la garniture de forage.

#### ➤ **La fonction remontée et descente :**

Le Top drive est suspendu au moufle mobile par une anse et l'ensemble Top drive se déplace verticalement sur le rail de guidage.

#### ➤ **La fonction manutention :**

Le Top drive possède un mécanisme de manutention des tiges qui comprend UWCV (UpperWell Control Valve), une LWCV (LowerWell Control Valve), IBOP, et une clé de secours sert à serrer (connecter) et à desserrer (déconnecter) les tiges de forage.

L'ensemble de manutention des tiges comprend aussi les bras, un élévateur et un mécanisme d'inclinaison des bras automatisés.

Le chef de poste active ce mécanisme pour placer les bras et l'élévateur au niveau de plateforme d'accrochage pour mettre les tiges de forage ou pour sortir et ranger les stands de tiges dans les passerelles d'accrochage.

### II-4. Description du top drive VARCO TDS11

#### Caractéristiques et signification :

composante	organe	description
<b>L'entraînement supérieur</b>	poids Hauteur d'empilement Puissances requises Couple de sortie Couple d'outil Vitesse maximale capacité de levage Circuit de chargement	27,000 lb (12247 kg) 17.8 ft (5.42 m) 800 hp(50/60Hz) 37,500 ftlb(50843,17 N.m) 55,000 ftlb (72839,25N.m) 132rpm 500 tonnes Unique
<b>DrillPipe (tige de forage)</b>	dimensions	3-1/2 in. to 5 in. (8,89 à 12,7 cm)
<b>PipeHandler(élévateur)</b>	type	PH-50 (55,000 ft lb de couple)
<b>Drilling Motor(moteur de forage)</b>	type	Reliance AC-575 VAC (2 x 400 hp)
<b>Variateur de frequence</b>	type	IDM Yaskowa Drive (800 hp, 575 VAC) orSiemens (800 hp, 600 VAC)
<b>Frein du moteur</b>	type	Freins à disque hydrauliques
<b>Système de refroidissement de moteur</b>	Type Puissance vitesse	Ventilateur local de pression d'admission 2X5 HP Moteur à C A 3,600 rpm
<b>Carter d'engrenage</b>	Type  Rapport de démultiplication	Vitesse unique, système droit de trains de double réduction 10.5:1 (4.38:1 optionnel)
<b>Carter de lubrification</b>	Type Capacité du réservoir Type d'huile	Alimentation à pression 15 gal (57 litres) EP Grade
<b>Systemehydraulique</b>	Puissance Capacité du réservoir Type d'huile	10 hp, moteur à C A 25 gal (94.63 litres) La 32
<b>Chambre électrique</b>	Dimension  Poids Condition d'entrée	125.4 in. x 84.0 in., 91.2 in. hauteur 140.0 in. x 90.0 in., 91.0 in. hauteur 9,500 lb (4309,12 kg) 600 VAC, 750 VDC or 690 VDC(50/60 Hz)

Tableau 1 : caractéristiques du top drive varco TDS11

- Signification du TOP DRIVE **VarcoTDS-11**



### II-4-3. Composition du top drive:

Ce type de top drive est regroupé essentiellement en trois grands blocs

#### II-4-3-1. L'unité de support de Top Drive :

Elle englobe un VFD (variateur de fréquence) pour les Top Drive entraînées par un moteur à courant alternatif, plus les circuits de contrôle, de commande et de protection. Le but principal d'utiliser un VFD est de convertir le courant alternatif arrivant de group de support a un courant alternatif avec une

fréquence variable pour changer la vitesse du moteur électrique du top drive. Le schéma suivant représente le principe de fonctionnement

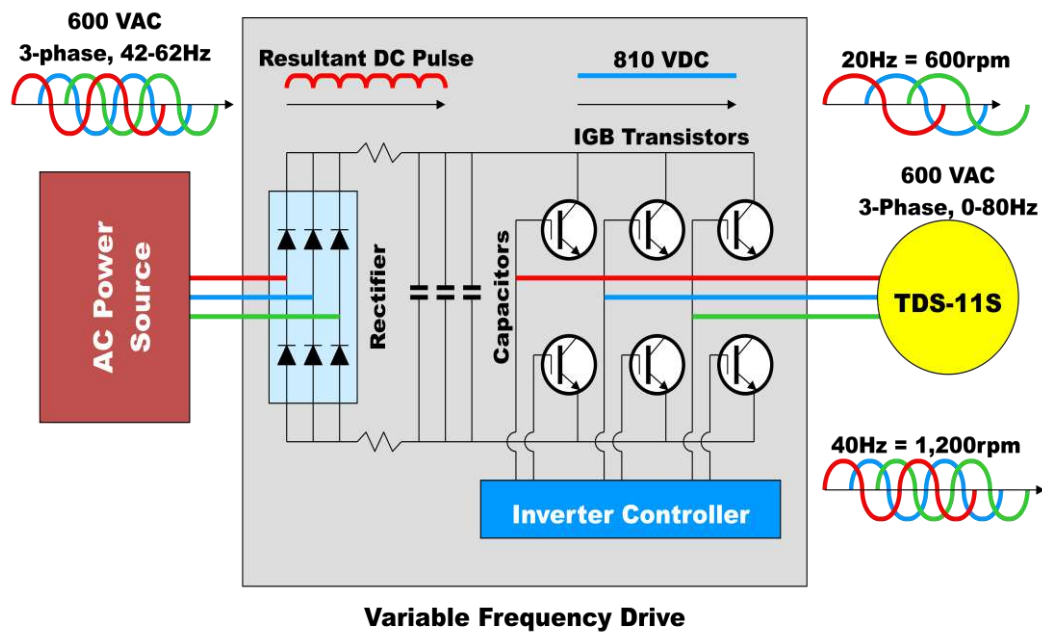


Figure II-2 Schéma Variable Fréquence Drive

#### II-4-3-2 Achèvement de mat :

Qui porte les câbles électrique (service loop) pour alimenter le top drive en électricité et le flexible d'injection de la boue (voir figure ci-dessous)

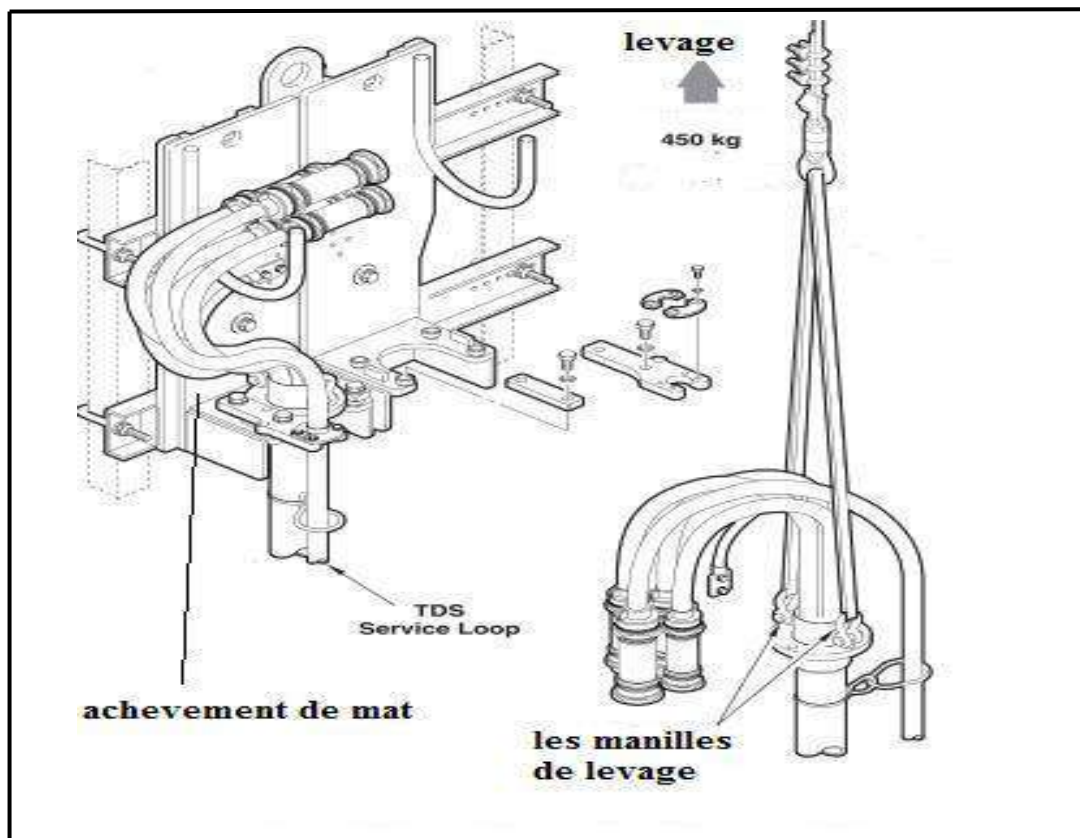
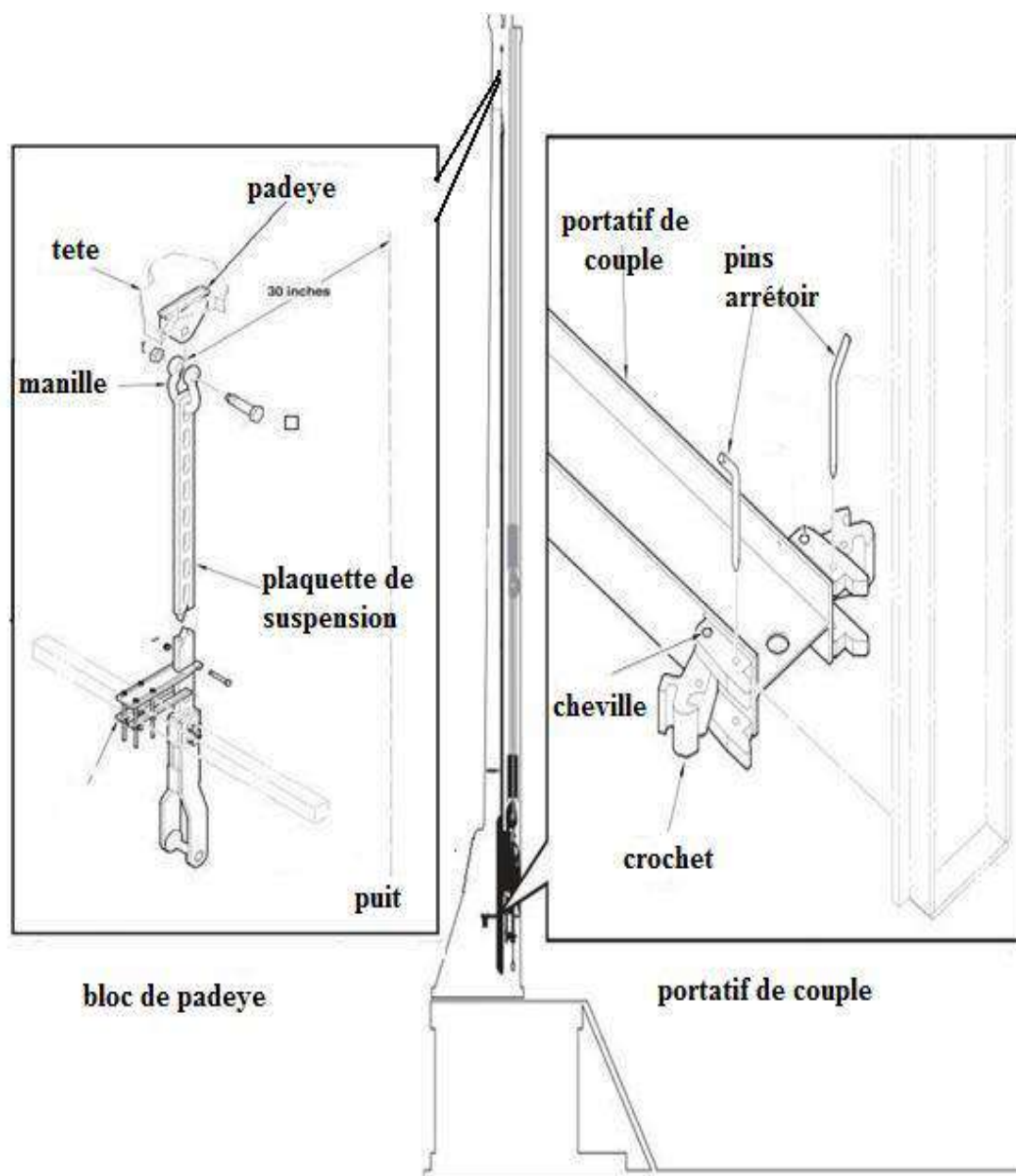


Figure.II-3. Achèvement de mat

### II-4-3-3 L'ensemble de guidage:

#### a) faisceau sectionné de guide :

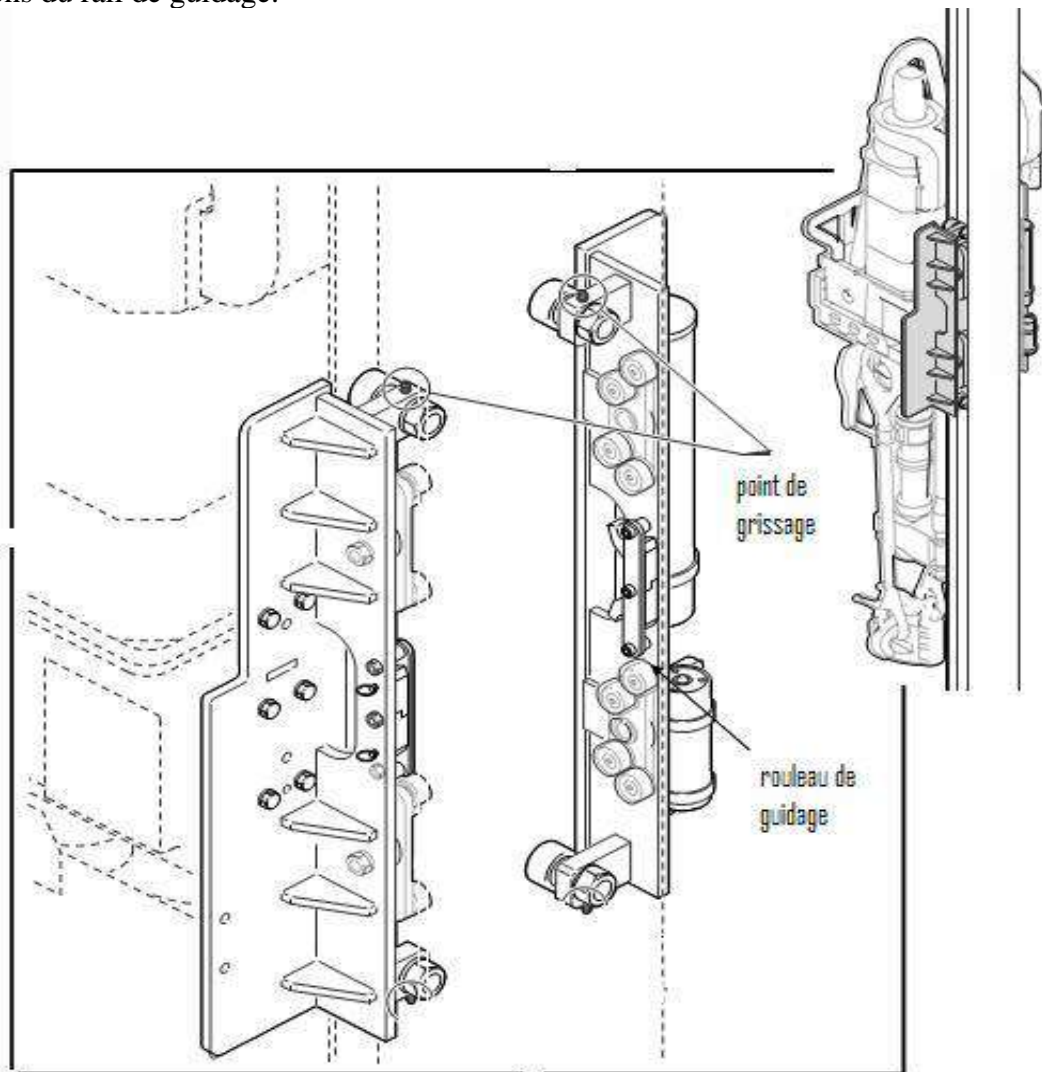
Il englobe un rail de guidage qu'il est suspendu par Crown Padeye en haut du mât et fixé horizontalement à son extrémité inférieure par le Portatif de Couple



FigureII.4 faisceau sectionné de guide

**b) le chariot :**

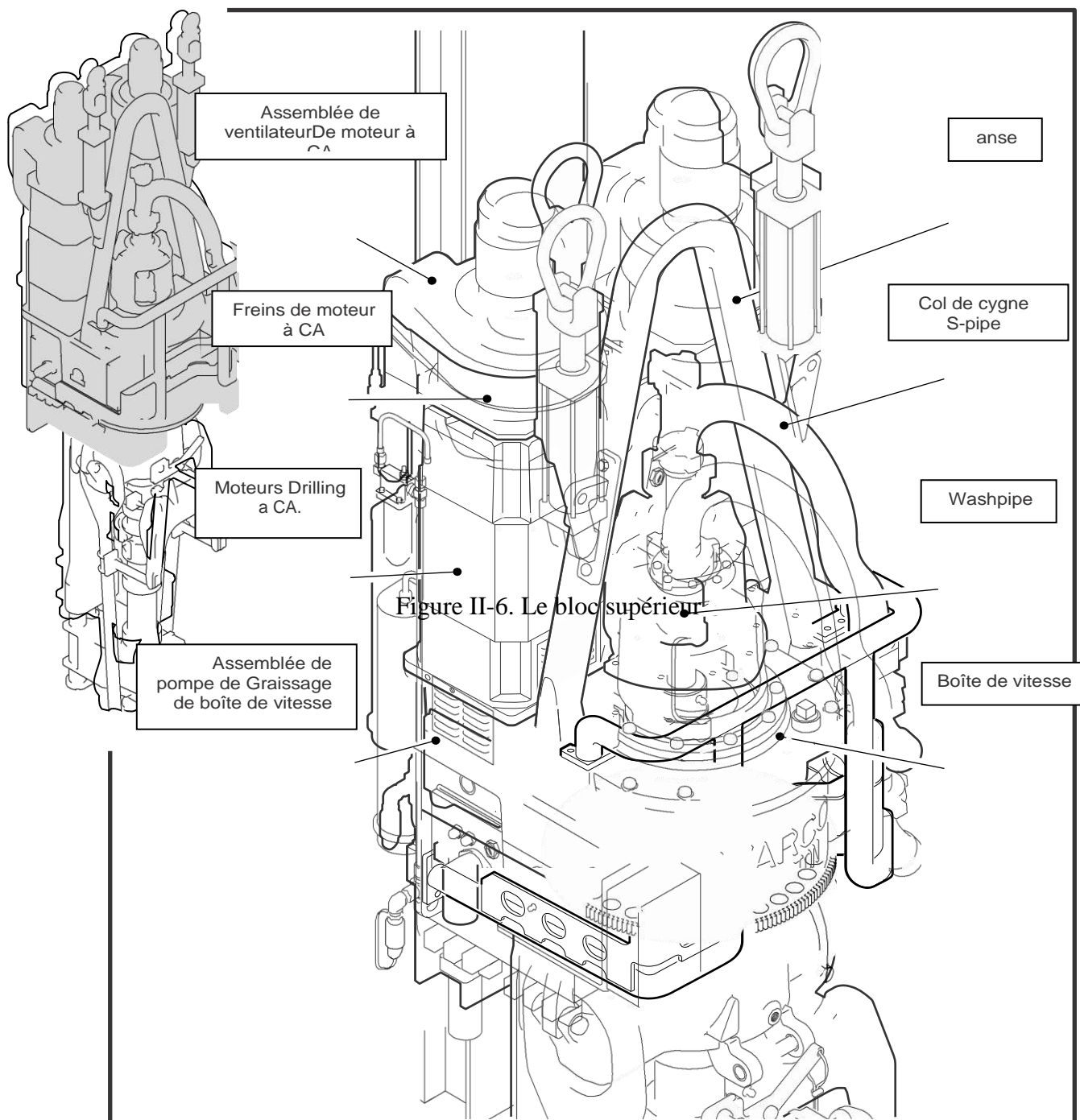
Le top drive est fixé au chariot pour assurer une liaison de translation avec les différentes sections du rail de guidage.



FigureII-5. Chariot de guidage

#### II-4.3.4. Le bloc supérieur :

Qui englobe les fonctions de rotation, pompage, remontée et descente



#### a. Les moteurs électriques de l'entraînement:



La machine asynchrone est constituée des principaux éléments suivants :

- **Le stator (partie fixe)** : constitué de disques en tôle magnétique portant les enroulements chargés de magnétiser l'entrefer.
- **Le rotor (partie tournante)** : constitué des disques en tôle magnétique empilés sur l'arbre de la machine portant un enroulement bobiné ou injecté.
- **Des organes mécaniques** : qui permettent la rotation du rotor et le maintien des différents sous-ensembles.

➤ **Principe de fonctionnement :**

Le principe de fonctionnement d'un moteur asynchrone repose sur la création d'un courant induit dans un conducteur lorsque celui-ci coupe les lignes de force d'un champ magnétique « moteur à induction ». L'action combinée de ce courant induit et du champ magnétique crée une force motrice sur le rotor du moteur

VARCO a intégré dans le top drive TDS11SA deux moteurs électrique asynchrone de type reliance AC-575 VAC de puissance 800 HP avec un system de refroidissement en air et un system de freinage à disque

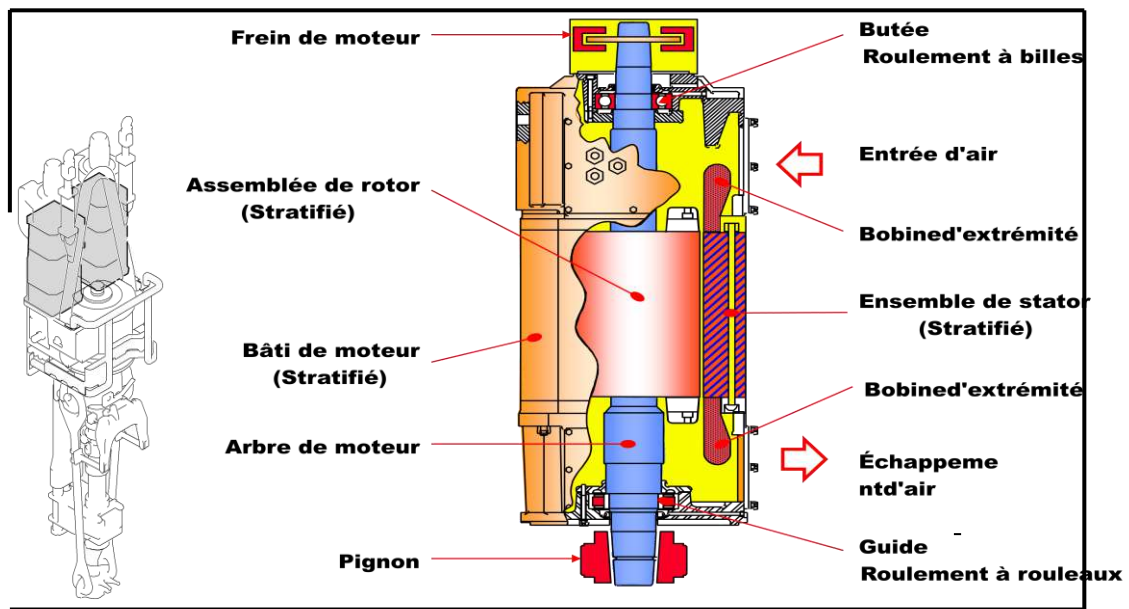


Figure II-7.Moteur électrique

➤ **Avantages et inconvénients de moteur à CA de top drive :**

- **Avantages :**

- ❖ Le premier bénéfice du top drive équipé d'un moteur asynchrone est son facteur de puissance élevé.
- ❖ Ces moteurs (asynchrones), sont actuellement les moteurs électriques dont l'usage est le plus répandu dans l'industrie du fait de leur facilité, de leur faible encombrement, de leur bon rendement, et de leur excellente fiabilité.

- ❖ Leur principal avantage réside dans l'absence de contacts électriques glissants, ce qui conduit à une structure simple et robuste facile à construire et à mettre en œuvre.
- ❖ Les moteurs asynchrones ont aussi une grande gamme de vitesse par rapport à ceux à courant continu.
- ❖ De plus, l'absence de la maintenance due à l'usure des charbons limite énormément la présence de la poussière et de l'humidité dans le moteur et ses enroulements.
- ❖ Pour les AC top drives, le couple est constant même en variant la vitesse contrairement au DC top drives. Cet avantage est nécessaire pour le forage aux phases à faible résistance où on peut accroître la vitesse en maintenant un grand couple de forage. C'est pour avancer rapidement dans l'opération de pénétration au sol.

- **Inconvénients :**

- ❖ L'inconvénient majeur du moteur asynchrone est sa forte consommation de l'énergie réactive pour magnétiser l'entrefer.
- ❖ De plus, leur couple de démarrage relativement faible, et leur courant absorbé très supérieur au courant nominal lors de la mise sous tension.
- ❖ La simplicité de construction de ces actionneurs électriques s'accompagne d'une grande complexité physique, liée aux interactions électromagnétiques entre le stator et le rotor, ce qui va influencer sur le contrôle de la vitesse qui (contrairement aux moteurs à courant continu où on agit sur la tension d'alimentation) nécessite l'utilisation des courants alternatifs de fréquence variable. Toutefois, la commande en vitesse de la machine asynchrone reste complexe par les développements théoriques mis en œuvre et la difficulté à identifier certains paramètres en temps réel.
- ❖ Même après avoir réussi à contrôler la vitesse, le risque d'instabilité (causée par le découplage) peut persister si les paramètres du modèle évoluent et posent donc un problème de robustesse de la commande.



### b. Dispositif de freinage :

Il est composé de deux disques équipés par deux plaques de freinage

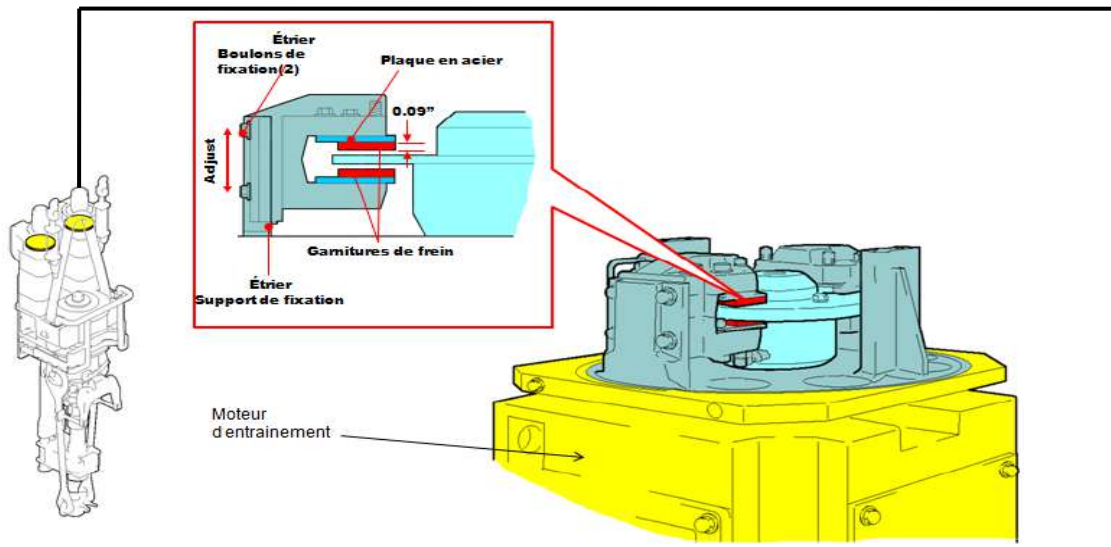


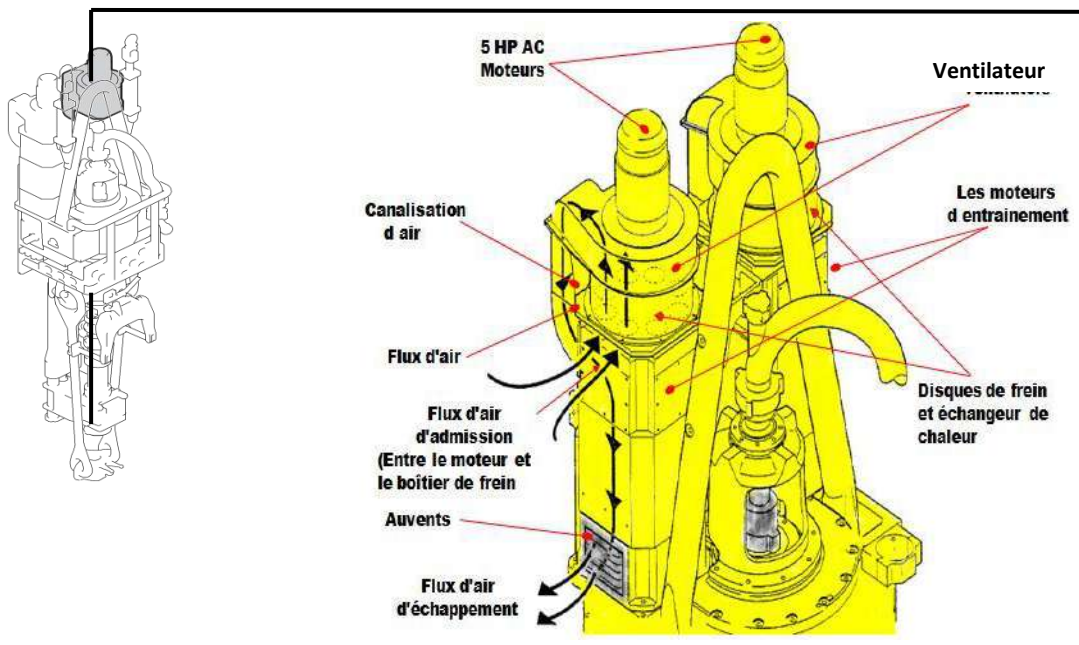
Figure II-8 Dispositif de freinage

### c. System de refroidissement :

Ce system compose de deux moteurs électriques à courant alternatif de puissance de 5 HP, est équipé de deux ventilateurs pour assurer le refroidissement :

- ❖ Les moteurs électriques d'entraînement
- ❖ Les disques du frein
- ❖ L'échangeur de chaleur de l'huile de lubrification

Le principe de fonctionnement est exprimé dans la figure suivante



### d. Le bonnet :

C'est le corps qui contient l'ensemble tube d'usure qui permet le passage de la boue entre la partie tournante et la partie fixe (corps principal), à l'aide d'un ensemble de joint et roulement

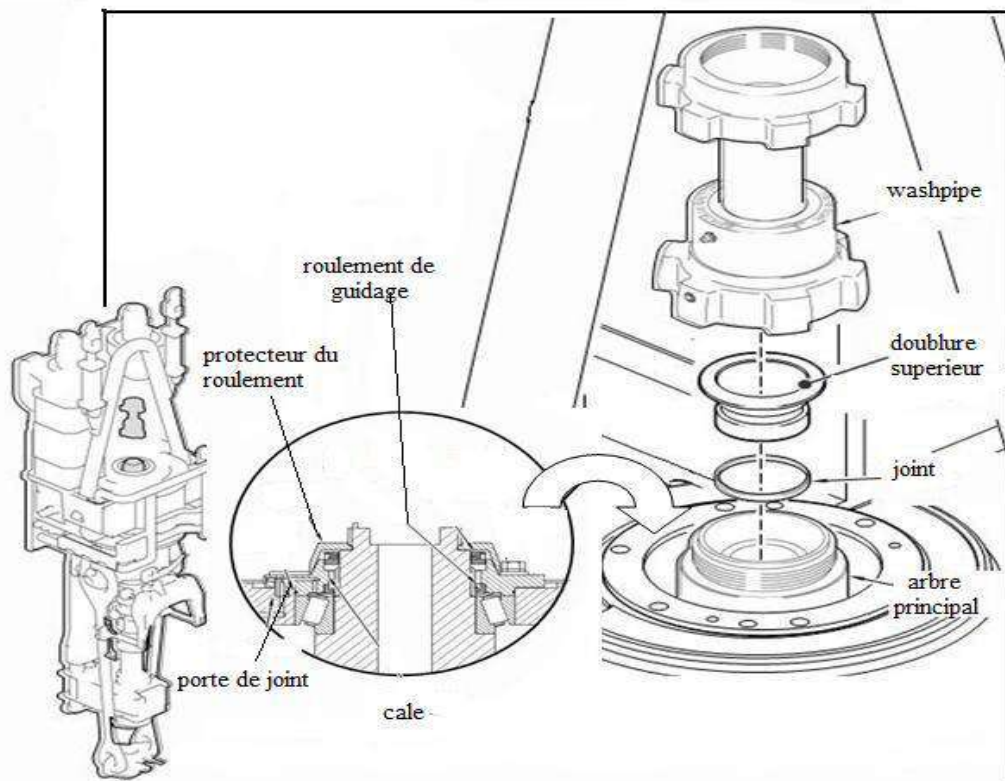


Figure II.10. le bonnet

### e. Le corps principal:

C'est le corps qui comporte la boîte d'engrenage, sa pompe de lubrification, l'arbre principal et les roulements de charge.

#### ➤ Boîte d'engrenage :

La transmission de mouvement est assurée par :

- ❖ Un pignon cylindrique à dentures hélicoïdales extérieures montés sur l'arbre de moteur d'entraînement par un moyeu, contient 40 dentures.
- ❖ Deux pignons intermédiaires de dents
- ❖ Roue dentée : de 420 dents engrenée au pignon intermédiaire, elle assure la réduction de vitesse de rotation et la transmission de mouvement au l'arbre principale.

#### ➤ l'arbre principal :

C'est un arbre creux qui transmette la rotation aux tiges de forage, il permet aussi le passage de la boue, il repose sur le roulement de charge qui supporte la charge du pivot de rotation et toute la garniture de forage.

#### ➤ Les roulements :

On a deux types de roulements suivant leurs rôles dans la machine :

- ❖ Roulement de guidage : Il y a deux roulements a rouleau cylindrique pour le pivot de rotation de l'arbre principale, deux roulements a rouleau cylindrique pour le pivot de rotation de l'arbre des pignons intermédiaires
- ❖ Roulement de charge : un roulement a rouleau conique et un roulement a galet conique qui supportent la charge de l'ensemble.

#### ➤ Pompe de lubrification de boîte de vitesse:

Qui assure la lubrification de la roue dentée et les pignons d'uncôté, et le refroidissement de l'huile à l'aide d'un échangeur de chaleur d'un autre coté

Les éléments cités au-dessus sont regroupés dans la figure suivante

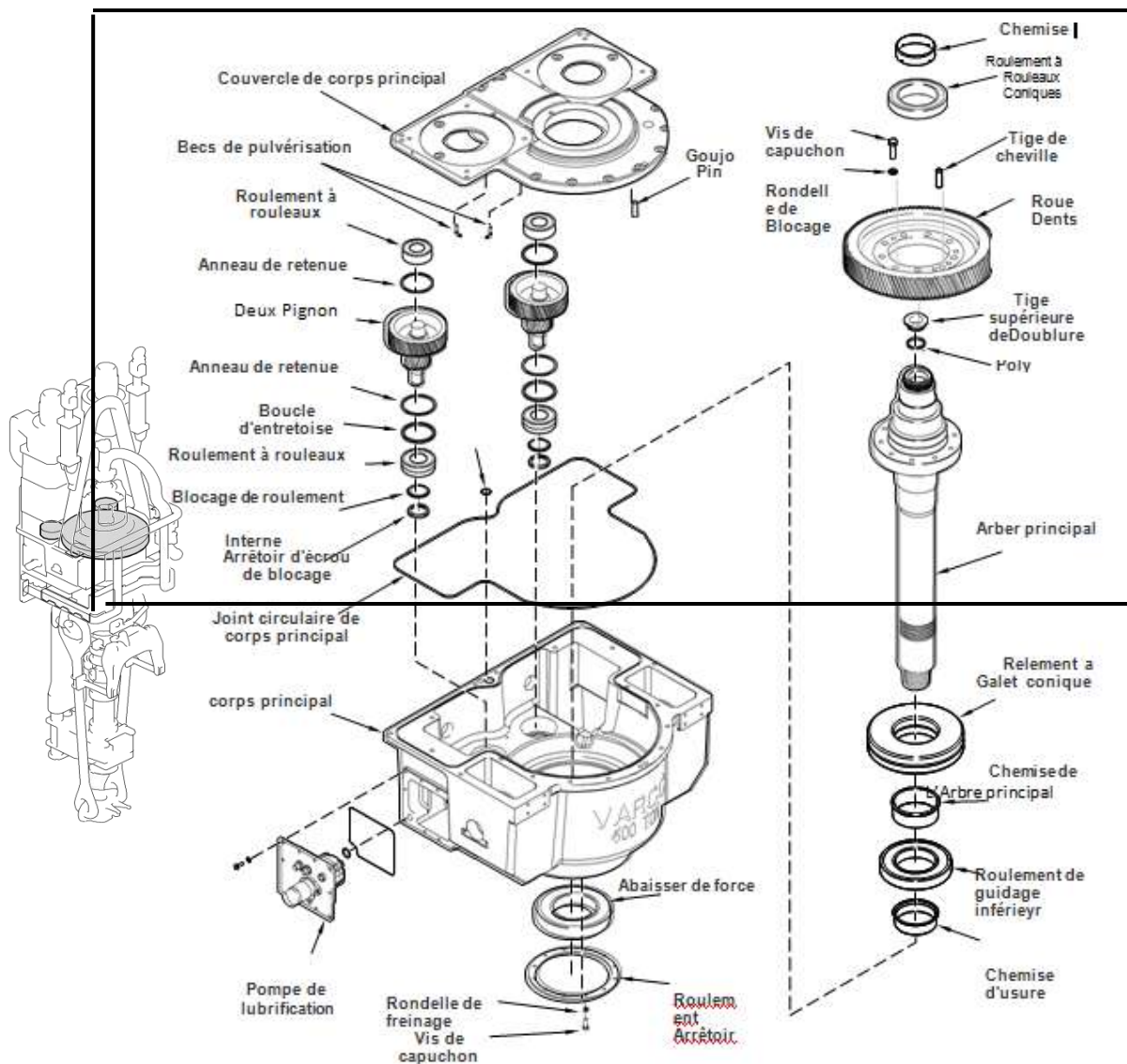
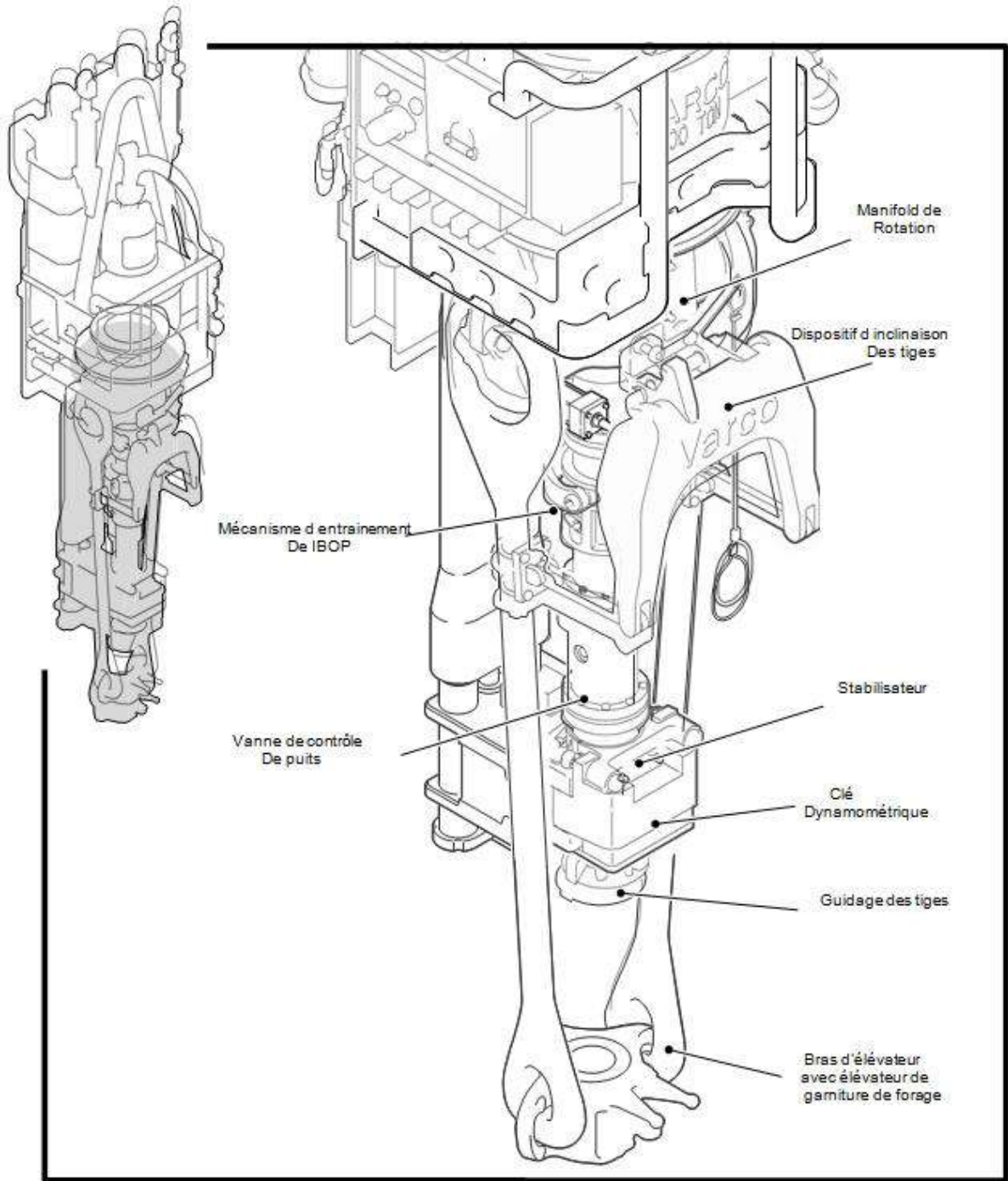


Figure II-11.Boite de vitesse

### II-4-3-5-Le bloc inférieur :

Qui englobe la fonction manutention





### a. Manifold de rotation :

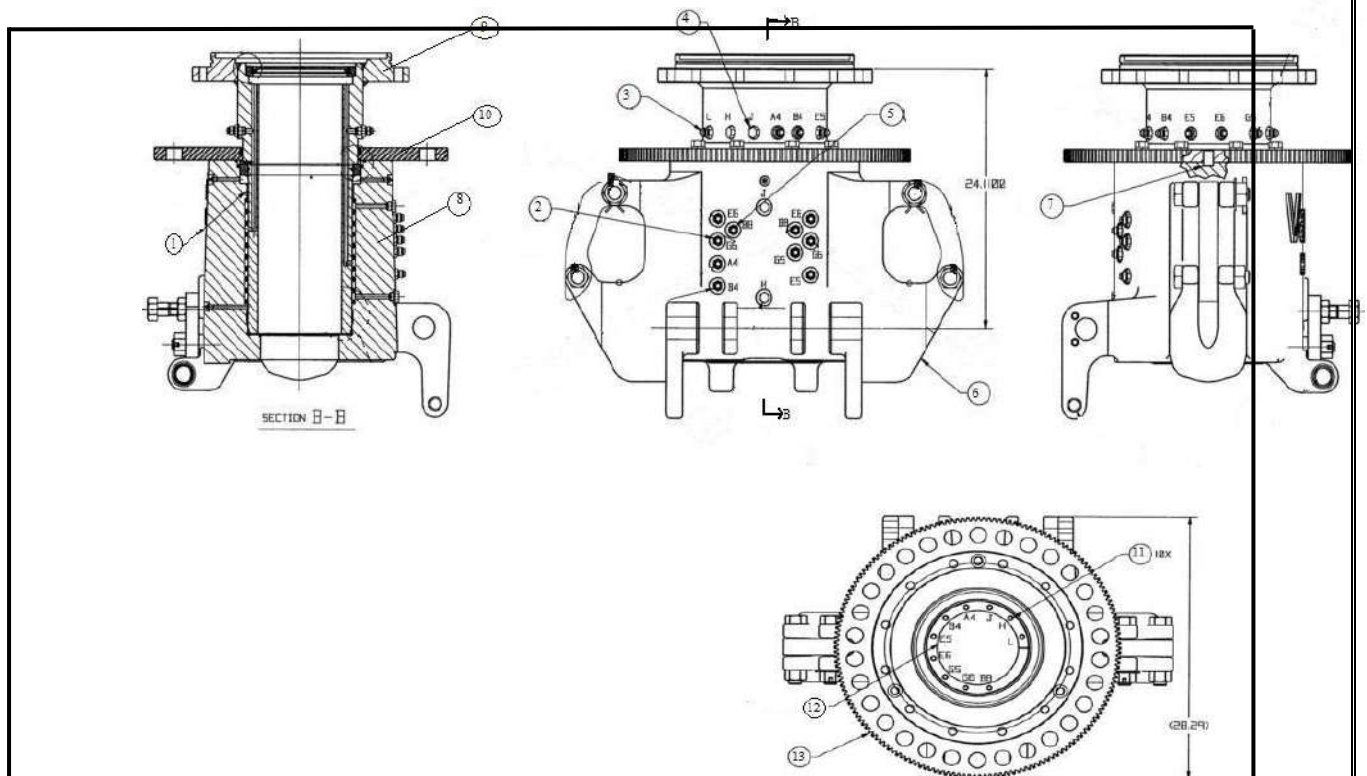
Il est suspendu par 12 boulons dans le corps principal et maintenu par un collet fendu de chargement pour transmettre le poids de la garniture de forage vers l'arbre principal qui repose sur le roulement de charge qui supporte la charge du pivot de rotation et toute la garniture de forage. Il se compose de deux parties.

#### ➤ La partie fixe :

Elle se compose de :

- ❖ Plaque cylindrique fixe au corps principal à l'aide de 12 boulons
- ❖ Chemise intérieure: fixé à la plaque cylindrique, elle a des rainures et des trous taraudés 10 en tout pour assurer le passage de l'huile hydraulique vers la chemise extérieure. Chaque trou est entouré par deux joints pour assurer l'étanchéité

#### ➤ La partie tournante :



- |                      |                                |                            |
|----------------------|--------------------------------|----------------------------|
| 1-chemise intérieure | 2-orifice de sortie d'huiles   | 3-orifice d'entrée d'huile |
| 4-orifice de test    | 5-orifice de sortie secondaire | 6-support des bras         |
| 7-clavette           | 8-chemise extérieure           | 9-plaque cylindrique       |
| 10-roue d'entrée     | 11-trous taraudés              | 12-logement des joints     |

Figure II-13. Les différents vus d'un manifold de rotation

Plaque cylindrique contient à sa surface dix(10) trous servant à son positionnement, elle est engrenée avec un moteur hydraulique pour faire tourner l'ensemble des organes suivants :

- ❖ Chemise extérieure.
- ❖ Support d'articulation
- ❖ Dispositif d'inclinaison de tiges destinées pour la commande des bras d'élèveur.

### ➤ Ensemble d'entraînement et verrouillage :

Il se compose de

- ❖ D'un moteur hydraulique qui entraîne la roue dentée
- ❖ Une boîte de vitesse ou multiplicateur de couple
- ❖ Système de verrouillage qui est commandé par un vérin hydraulique pour assurer deux positions : position verrouillage, position déverrouillage

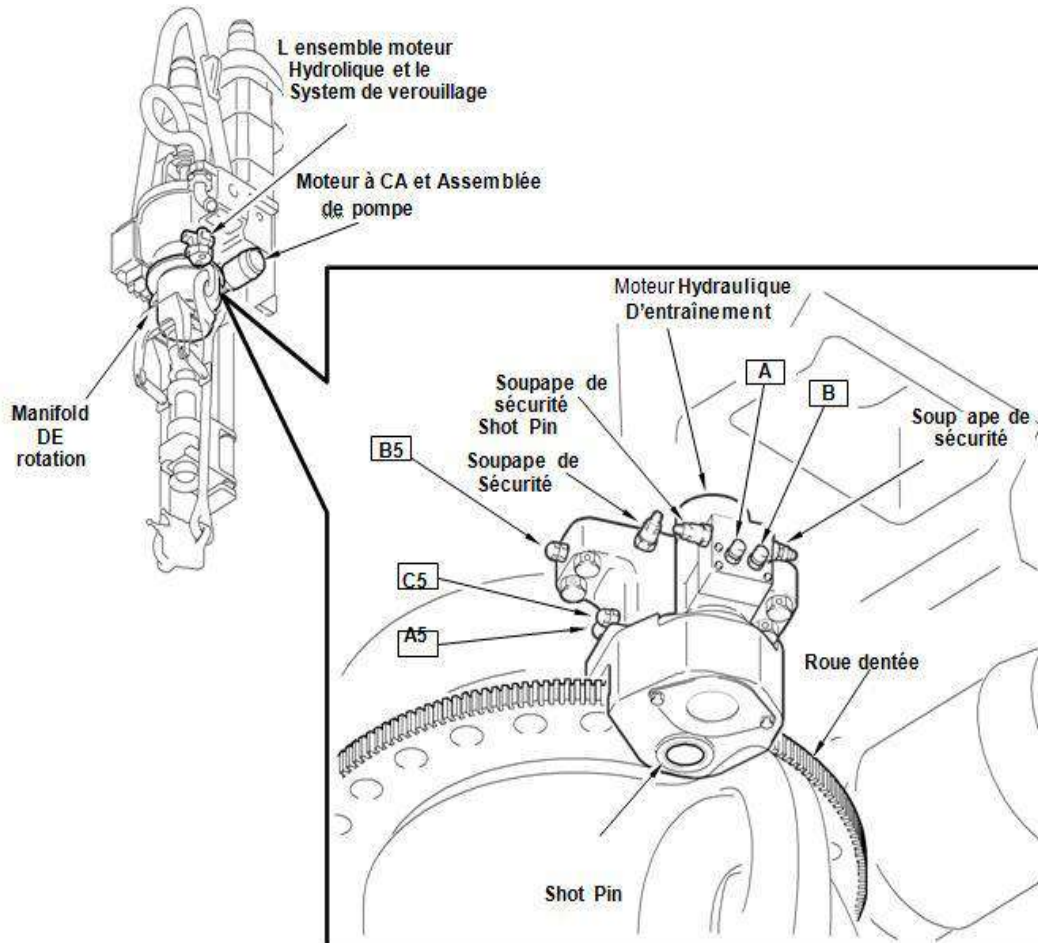


Figure II-14 Ensemble d'entraînement et verrouillage

### b. Système d'inclinaison des bras :

Il se compose de deux vérins hydrauliques qui provoquent une force sur le système d'inclinaison. Ce dernier actionne les bras d'élevateur.

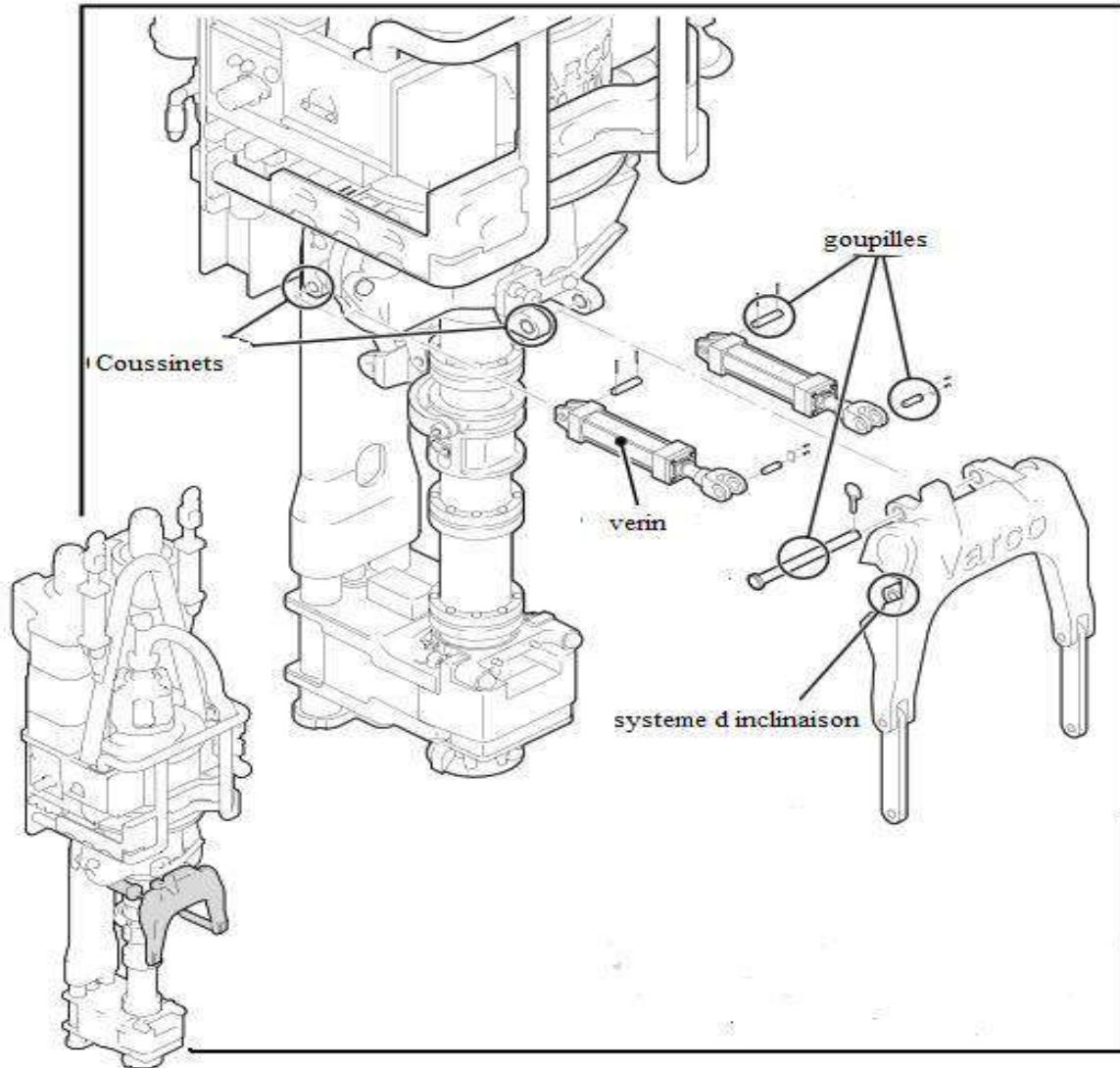


Figure II-15 Système d'inclinaisons des bras

### c. Les vannes de contrôle de puits:

Deux vannes hydrauliques de contrôle de puits: ce sont des vannes à boisseau sphérique

- ❖ Vanne de contrôle supérieur (IBOP) : elle est à commande hydraulique, montée à la sorte de l'arbre principal du top drive.
- ❖ Vanne de contrôle inférieur : elle est à commande manuelle, qui est montée sur l'arbre creux au-dessous de l'IBOP.

#### d. La clé dynamométrique (torque wrench)

Il se compose de :

- Dispositif d'arrêt de couple qui maintient la clé de serrage et de desserrage dans une position fixe pendant les manœuvres de blocage et déblocage des tiges
- Clé dynamométrique, elle est commandée par un vérin, la liaison entre le pied de fixation et le piston est une liaison rotule sphérique pour donner plus de flexibilité à la clé. Le bloc de peignes est monté sur le pied de fixation à l'aide d'un axe

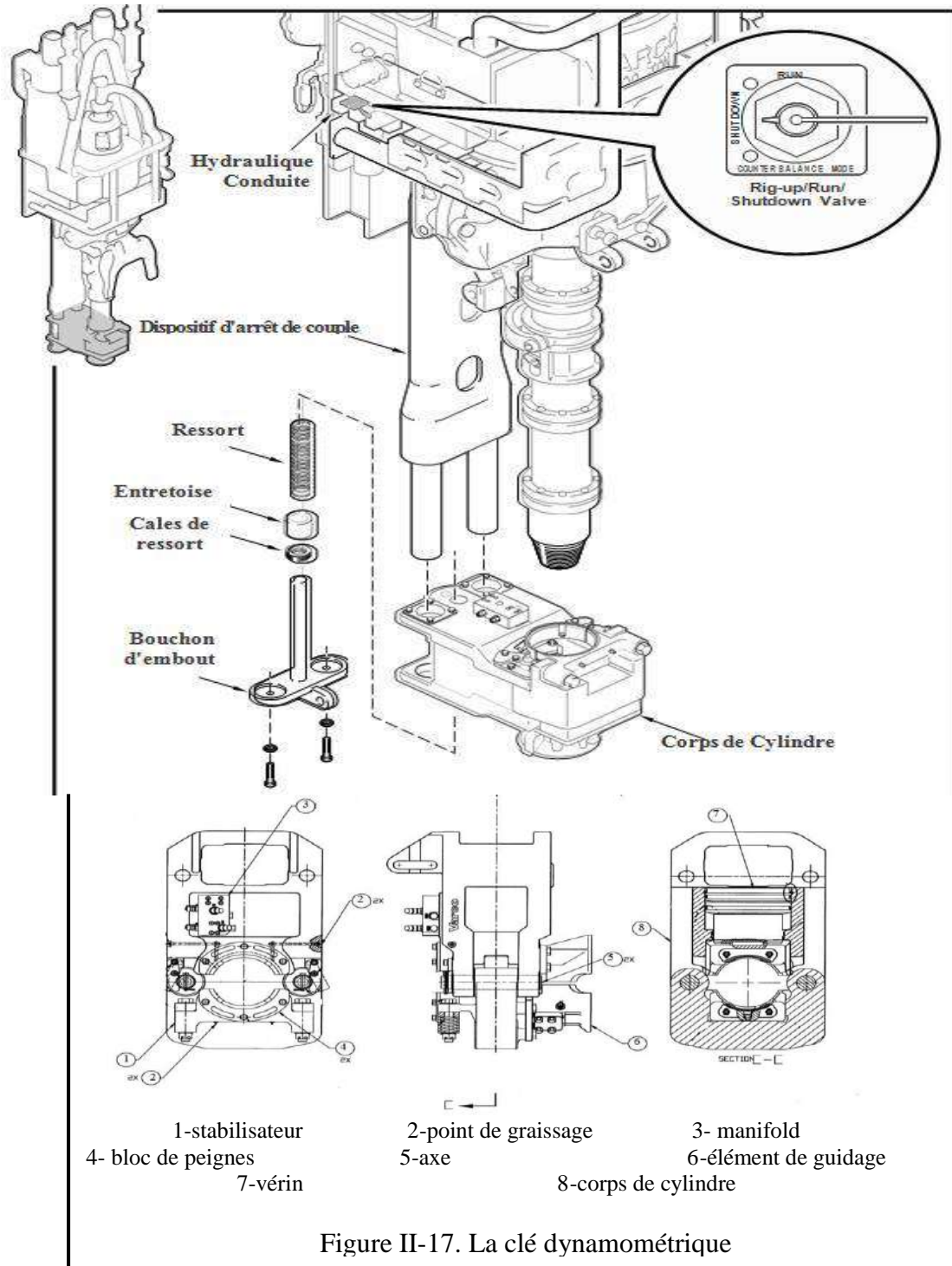


Figure II-17. La clé dynamométrique

#### II-4-3-6-le système hydraulique :

- Le système hydraulique est un système complet indépendant. Un moteur à courant alternatif de 10 HP et 1200 tr/mn entraîne deux pompes hydrauliques qui alimentent le



circuit hydraulique, une pour le system de lubrification et l'autre volumétrique fournit l'énergie hydraulique pour actionner :

- ❖ les freins des moteurs d'entraînement,
  - ❖ manifold de rotation,
  - ❖ IBOP (Integrate Blow Out Preventer),
  - ❖ Clé dynamométrique
  - ❖ inclinaison de tige
  - ❖ système de contre balance.
- Trois accumulateurs pneumatiques hydrauliques sont situés sur le corps principal.
  - Le manifold principal est attaché au corps principal et contient des soupapes de solénoïde (électrovanne), de pression et de contrôle de flux.
  - Un réservoir scellé d'acier inoxydable fournit l'huile hydraulique, éliminant le besoin de purger et de remplir pendant des mouvements normaux d'équipement. Le réservoir est monté entre les moteurs d'entraînement et équipé avec des filtres et un niveau visible de l'huile.

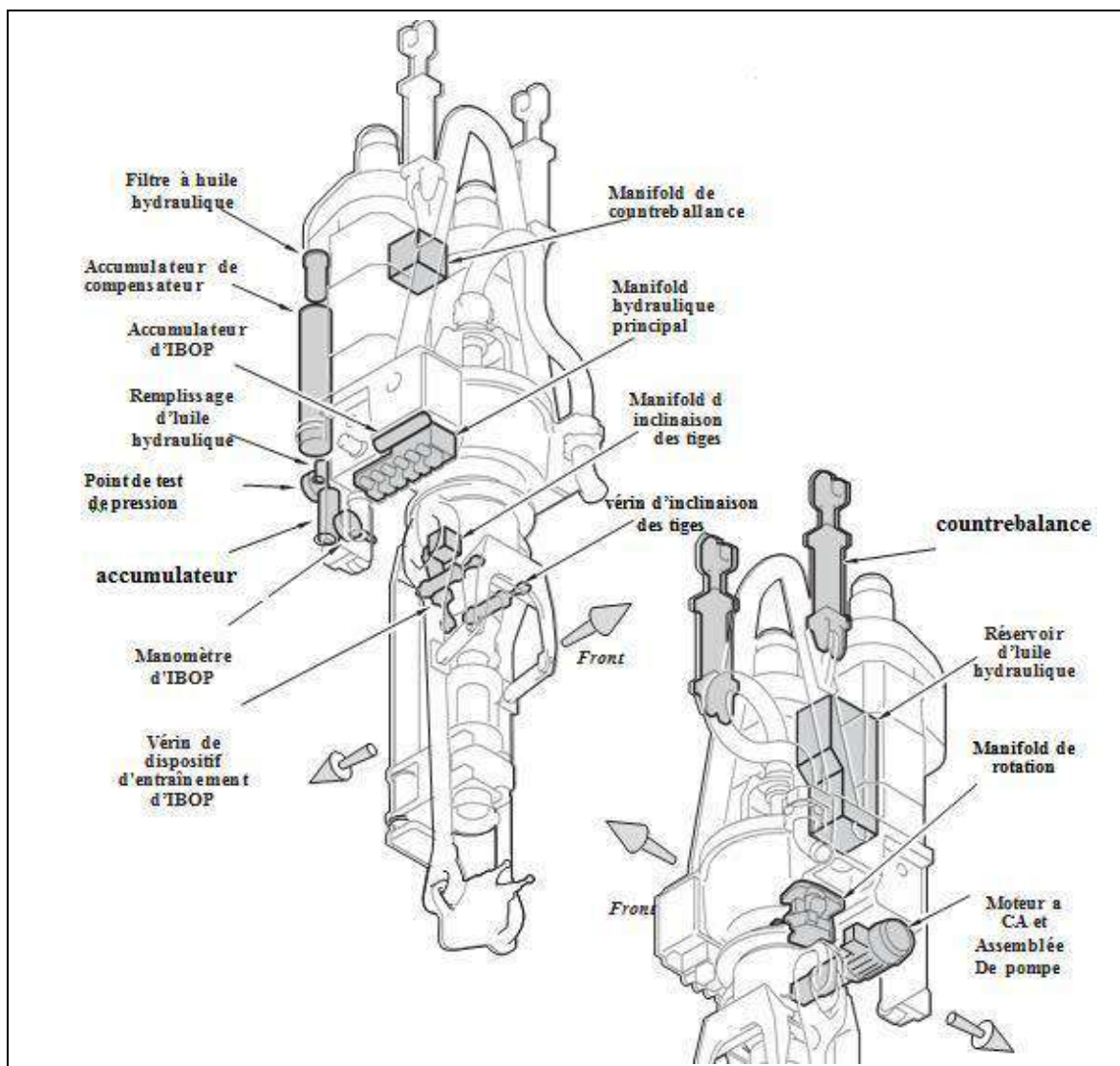


Figure II-18. Système hydraulique

### 1. Généralités sur la maintenance :

### **1-1 Introduction :**

*De nos jours le problème de production dans les entreprises est en relation directe avec la maintenance.*

*La préoccupation principale de toute entreprise doit viser à réduire les coûts de production en minimisant les périodes d'immobilisations des installations.*

*L'existence d'un service maintenance se justifie par la nécessité d'assurer la disponibilité permanente des équipements pour que le service puisse accomplir sa tâche en obtenant le rendement optimal, son coût constitue une partie de plus en plus grande du coût total de fabrication à tel point que le service de maintenance est devenu un organe capital dans les entreprises.*

### **1-2 Signification et définition de la maintenance :**

*Le maintien des équipements de production est un enjeu clé pour la productivité des usines aussi bien que pour la qualité de produit.*

#### **1-2-1 Quelques définitions de la maintenance :**

➤ **D'après LAROUSSE :**

*« Ensemble de tout ce qui permet de maintenir ou de rétablir un système en état de fonctionnement ».*

➤ **D'après AFNOR (NFx 60 - 010) :**

*« Ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé ».*

#### **1-2.2. Objectifs de la maintenance :**

*Les principaux objectifs de la maintenance sont :*

- ❖ *Maintenir l'équipement dans un bon état de marche, dans les meilleures conditions de qualité, de délai et de prix de revient.*
- ❖ *Assurer à l'équipement des performances de haute qualité.*
- ❖ *Améliorer la sécurité du travail.*
- ❖ *Former le personnel dans les spécialités spécifiques à la maintenance.*
- ❖ *Maintenir l'installation dans un état de propreté absolue.*

### **1-3 Les formes de maintenance :**

#### **1-3-1. Maintenance corrective :**

*La maintenance corrective appelée parfois curative c'est l'ensemble des activités réalisées après la défaillance d'un bien afin de redonner au matériel des qualités perdues nécessaires à son utilisation.*

*Les défauts ou pannes exigeant une maintenance corrective entraînent une indisponibilité immédiate ou à très brève échéance des matériels affectés*

#### **1-3-2. Maintenance préventive :**

*Maintenance effectuée selon des critères prédéterminés, dont l'objectif est de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu. Elle doit permettre d'éviter les défaillances des matériels en cours d'utilisation. L'analyse des coûts doit mettre en évidence un gain par rapport aux défaillances qu'elle permet d'éviter*

### **a) La maintenance préventive systématique :**

Maintenance préventive effectuée selon un échancier établi selon le temps ou le nombre d'unités d'usage, d'autres unités peuvent être retenues telles que : la quantité de produits fabriqués, la longueur de produits fabriqués, la distance parcourue, la masse de produits fabriqués, le nombre de cycles effectués, etc..

### **b) Maintenance préventive conditionnelle :**

*Maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé (auto diagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure, etc.).*

#### **1-4 Les opérations de maintenance :**

- a- **Dépannage** : c'est une action sur un équipement en panne en vue de le rendre fonctionnel, une action de dépannage peut s'accommoder de résultats provisoires, cette opération est toujours suivit par une réparation.*
- b- **Réparation** : c'est une intervention diminutive, donc un équipement réparer doit assurer les performances pour lesquels il a été conçu. Cette opération peut être exécutée juste après une défaillance ou après un dépannage.*
- c- **Visite** : les visites sont des interventions qui correspondent à une liste d'opération, ces opérations peuvent entraîner l'arrêt et le démontage de la machine.*
- d- **Révision** : les révisions sont des actions d'examen de contrôle et d'intervention effectuées dans le but d'assurer le bien contre toutes défaillances majeures ou critiques.*
- e- **Inspection** : sont des actions de surveillance qui consistent à relever des anomalies, elles nécessitent ni l'arrêt de l'équipement ni son démontage à l'exception des réglages très simples.*

### **2. Pratique des formes de maintenance sur un chantier de forage :**

#### **2-1 La maintenance systématique :**

*Le but est de maintenir le système dans l'état de ses performances initiales, pour cela on procède lors des interventions aux opérations suivantes :*

- ❖ Changement d'huile de lubrification des mécanismes en mouvement.*
- ❖ Remplacement des bandes du frein mécanique.*
- ❖ Changement des joints d'étanchéité statique et dynamique.*
- ❖ Réglage des jeux entre les bandes du frein mécanique et la jante.*
- ❖ Le graissage de tout le groupe.*
- ❖ Contrôle des niveaux d'huile.*

#### **2-2 La maintenance conditionnelle :**

- ❖ les mesures de température.*
- ❖ Mesure de pression dans les différents organes.*
- ❖ Analyse des vibrations : il se fait généralement dans les ateliers de réparation située à la base industrielle.*

### **3. La maintenance appliquée au top drive varco TDS11 :**

Vu le rôle important joué par le top drive on doit appliquer une maintenance adéquate de telle manière à augmenter sa disponibilité et sa durée de vie.

Généralement pour ce type de top drive, on s'appuie sur la maintenance préventive qui est utilisée en ses deux formes à savoir :

- ❖ La maintenance préventive systématique.
- ❖ La maintenance préventive conditionnelle.

Ce type de maintenance nous permettra de diminuer la probabilité de défaillance en service et de supprimer les causes des accidents graves.

La maintenance corrective est aussi appliquée pour le dépannage et le rétablissement du fonctionnement.

La méthode suivante nous permet de mieux comprendre le choix de type de maintenance

### 3-1 .La méthode « SCHENCK » :

Il est évident que les coûts d'entretien d'un top drive sont très élevés.

Il faudra donc inclure cette machine dans le programme d'entretien préventif. Mais que se passe-t-il lorsque des machines auxiliaires, comme les moteurs électriques ou des soufflantes tombent en panne ? Il est judicieux de prendre en compte tous les composants d'une installation.

Il ne faut pas pour autant mettre en place un système non sélectif, qui pourrait avoir pour effet, d'atteindre le gain escompté par une dépense supérieure à celle engendrée par la maintenance classique des machines.

Il est courant, au sein des usines ou des unités de production, de panacher les différents types de maintenances.

Il faut donc recourir à des critères de choix objectifs pour classer les machines.

Ces critères qualifient les risques de panne et sont pondérés par les conséquences possibles de ces pannes.

#### a) Critères influant sur les risques de panne (RP) :

- ❖ Technologie,
- ❖ Durée de vie calculée,
- ❖ Élément de variation d'utilisation,
- ❖ Conditions d'utilisation,
- ❖ Environnement.

#### b) Critères influant sur les conséquences de panne (CP) :

- ❖ Coût indirect sur la production.
- ❖ Coût direct sur le matériel.
- ❖ Sécurité.

La classe de maintenance (CM) est définie par le produit des deux types de critères :

$$CM = RP \cdot CP$$

#### c) Tableau d'Evaluation des risques de panne (Tableau 2)

Evaluation des risques de panne	$RP_i$
<b>1. Nature de la machine</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Standard</li> <li>• Petite série</li> <li>• Rares exemplaires, nouvelle technique</li> <li>• Prototype</li> </ul>	1 2 <u>3</u> 4

<p><b>2. Complexité de la machine</b> (nombre d'éléments (moteur, coupleur, réducteurs, etc.))</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• N = 1</li> <li>• N = 2</li> <li>• N = 3</li> <li>• N ≥ 4</li> </ul>	<p><b>1</b> <b>2</b> <b><u>3</u></b> <b>4</b></p>
<p><b>3. Régime moteur</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Constant</li> </ul> <p>variation par plages (maxi / min)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt; 50 %</li> <li>• ≥ 50%</li> <li>• Variation continue</li> </ul>	<p><b><u>1</u></b> <b>2</b> <b>3</b> <b>4</b></p>
<p><b>4. Vitesse maximale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt;600 tr/min</li> <li>• 600 à 1200 tr/min</li> <li>• 1200 à 3000 tr/min</li> <li>• &gt; 3000 tr/min</li> </ul>	<p><b><u>1</u></b> <b>2</b> <b>3</b> <b>4</b></p>
<p><b>5. Atmosphère ambiante</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Neutre, filtrée</li> <li>• Peu chargée</li> <li>• Chargée</li> <li>• Très chargée</li> </ul>	<p><b>1</b> <b>2</b> <b><u>3</u></b> <b>4</b></p>
<p><b>6. Fluide véhiculé</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Neutre</li> <li>• Défavorable</li> <li>• Abrasif</li> <li>• Très agressif</li> </ul>	<p><b>1</b> <b>2</b> <b><u>3</u></b> <b>4</b></p>
<p><b>7. Température de fluide</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt;50 °C</li> <li>• 50 à 100°C</li> <li>• 100 à 200 °C</li> <li>• &gt;200°C</li> </ul>	<p><b><u>1</u></b> <b>2</b> <b>3</b> <b>4</b></p>
<p><b>8. Charge, débit</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Constant</li> <li>• Peu variable ( ±10%)</li> <li>• Variable (± 30%)</li> <li>• Très variable</li> </ul>	<p><b>1</b> <b><u>2</u></b> <b>3</b> <b>4</b></p>

<b>9. Surveillance permanente</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 niveaux</li> <li>• 2 niveaux</li> <li>• 1 niveau</li> <li>• Aucune</li> </ul>	<u>1</u> 2 3 4
--	-------------------------

$$RP = \frac{\sum RP_i}{\text{Nombre de critères qualifiés}} = \frac{18}{9} = 2$$

**d) Tableau d'Evaluation des conséquences de panne**(Tableau 3)

Evaluation des conséquences de panne	CP <sub>i</sub>
<b>1. Conséquence sur la production</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aucune influence directe sur le produit, réparation possible en marche</li> <li>• Machine doublée, circuit de dépannage</li> <li>• Marche possible en cadence et productivité réduite</li> <li>• Arrêt de production total</li> </ul>	2  4 6 <u>8</u>
<b>2. Temps de maintenance</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Moins de 1 poste</li> <li>• De 1 à 2 postes</li> <li>• De 2 à 3 postes</li> <li>• Plus de 3 postes</li> </ul> <p style="margin-left: 40px;">1 postes = 8 heures de travail</p>	1 2 3 <u>4</u>
<b>3. Conséquence sur les machines voisines</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aucune</li> <li>• Faibles</li> <li>• Importantes</li> <li>• Très importantes</li> </ul>	1 <u>2</u> 3 4
<b>4. Toxicité, dangers liés aux produits utilisés</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nulle</li> <li>• Faible</li> <li>• Elevée</li> <li>• Très élevée</li> </ul>	2 <u>4</u> 6 8

$$CP = \frac{\sum CP_i}{\text{Nombre de critères qualifiés}} = \frac{18}{4} = 4,5$$

$$CM = RP \cdot CP$$

$$CM = 2 \times 4,5 \longrightarrow CM = 9$$

<b>CM</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>16</b>
<b>Mode de maintenance</b>	MC	MS	MS	MO	MO	MO	MO	MO

<b>Conséquences</b>	Faible	Modérée	Importante	<b>Très importante</b>
---------------------	--------	---------	------------	------------------------

Tableau 4. Classe de maintenance

MC : Maintenance Corrective

MS : Maintenance préventive systématique

MO : Maintenance conditionnelle

CM = 9  $\Rightarrow$  MO Très importante

Le résultat obtenue par cette méthode est confirmée par la maintenance suggérée par le constructeur ce qui définit une méthode simple et rapide.

### 3-2 La maintenance préventive systématique du top drive:

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

#### 3-2-1 Bloc supérieur

Opérations	Périodicité
Vérifier le fil de freinage et les goupilles fendues manquants ; Vérifier les pièces desserrées ou cassées et les fuites ; Vérifier les flexibles et les garnitures endommagés ; Examiner le washpipe pour déceler les fuites ; Vérifier les niveaux du fluide et les filtres ;	Chaque jour
Examiner les filtres de moteur à courant alternatif pour déceler la contamination ; Vérifier les câbles électriques des moteurs ;	Chaque semaine
Vérifier le flux d'huile dans tout le corps principal tandis que la pompe de lubrification fonctionne ; Examiner la S-pipe pour déceler la piqûre de corrosion ou la corrosion ; Examiner le joint circulaire d'arrêt de roulement, le protecteur de roulement et le joint supérieurs pour déceler l'usure ; Examiner les ventilateurs pour déceler les boulons desserrés ; Examiner les garnitures de frein pour déceler l'usure ;	Chaque mois
Test la pression de S-pipe à la pression d'utilisation évaluée ;	Chaque 6 mois
Examiner la pompe de graissage de boîte de vitesse pour déceler l'usure ou les dégâts ; Examiner les dents d'engrenage pour déceler la piqûre de corrosion ; Vérifier le jeu entre-dents ;	Chaque année

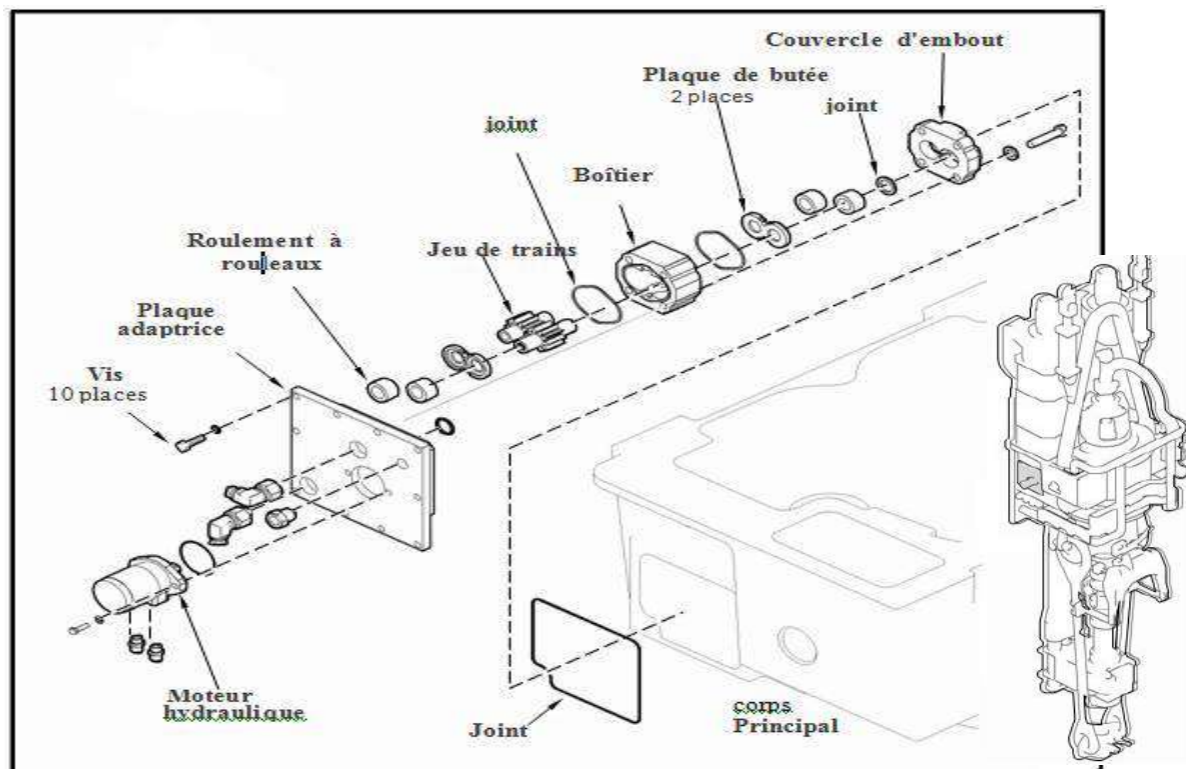
Examiner l'arbre principal pour assurer le mouvement axial ; Examiner la broche de retenue, les coussinets et les chevilles de broche de retenue pour déceler l'usure ;	
Inspection magnétiques (MPI)	Chaque 5 ans

Tableau 5. Maintenance systématique du bloc supérieur

**a) Les Inspections de bloc supérieur :**

➤ **Inspection de la pompe de lubrification :**

- ❖ Purger l'huile de boîte de vitesse et démonter les lignes hydrauliques de la pompe
- ❖ Retirer la pompe en retirant les dix vis Allen à frein d'arrêt qui fixent la plaque adaptatrice de pompe au corps principal
- ❖ Désassembler l'adaptateur de cannelure, la pompe et le boîtier

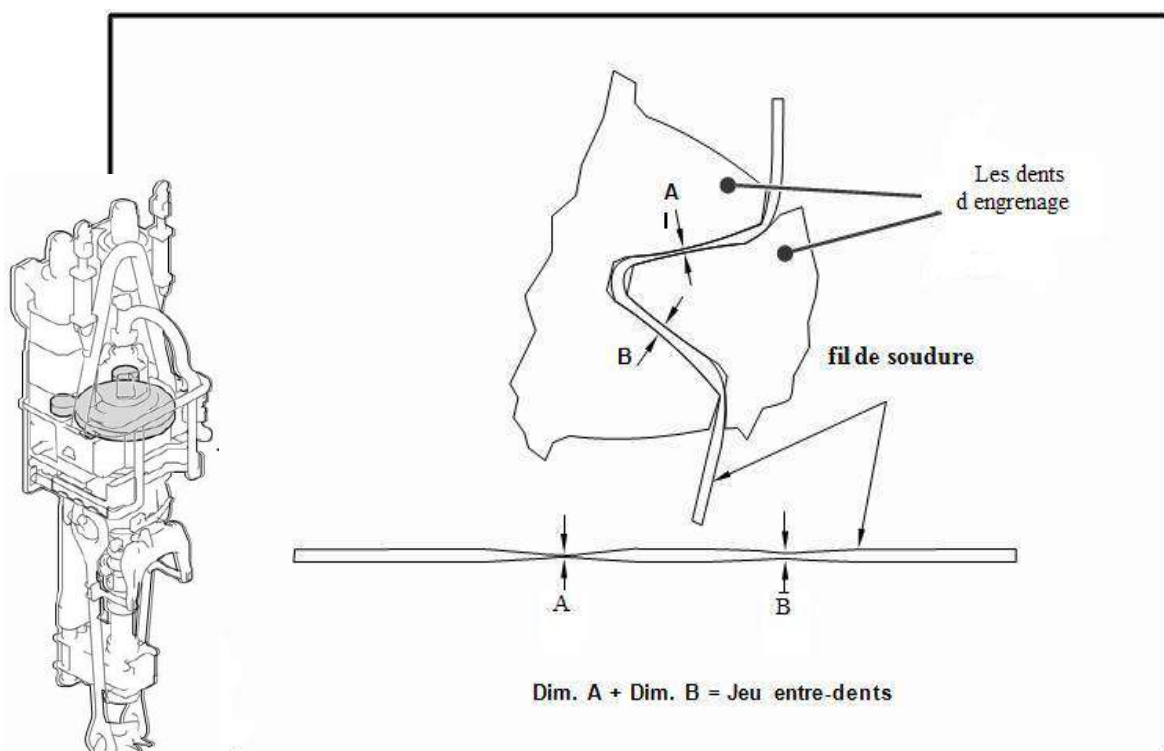


FigureIII-1. Pompe de lubrification



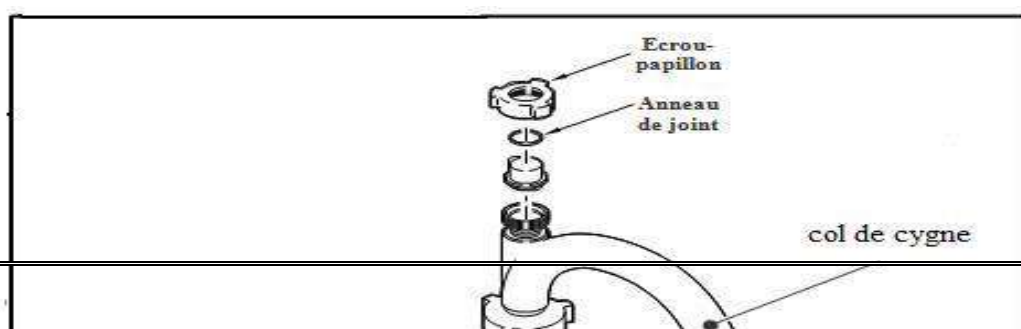
➤ **Inspection de trains des engrenages :**

- ❖ Examiner la plaque adaptatrice de pompe en même temps que le jeu entre-dents
- ❖ Purger l'huile de boîte de vitesse
- ❖ Retirer le cache d'accès et la plaque adaptatrice de pompe pour vérifier le jeu entre-dents pour régler le train primaire et secondaire
- ❖ Mesurer l'épaisseur de fil de soudure entre les dents d'engrenage avec un micromètre. Si le jeu entre-dents primaire dépasse 0,76 mm. ou le jeu entre-dents secondaire dépasse 1mm, usure excessive de trains ou le défaut de roulement est indiqué.
- ❖ examiner les dents d'engrenage pour déceler la piqûre de corrosion



➤ **Inspection de col de cygne :**

- ❖ Dévisser les deux écrou-papillon qui fixent le col de cygne l'examiner
- ❖ Nettoyer l'alésage du col de cygne et l'examiner pour assurer les signes visibles de la piqûre de corrosion, de la corrosion.
- ❖ Enlever et exécuter une inspection ultrasonique sur le col de cygne si l'inspection visuelle indique l'érosion ou la corrosion
- ❖ Vérifier l'état des joints
- ❖ Graisser les filetages de pipe avant la réinstallation



FigureIII-3. Col de cygne

➤ **Inspection du tube d'usure :**

- ❖ Examiner visuellement le tube d'usure pour déceler les fuites
- ❖ Retirer le tube d'usure
- ❖ Examiner la doublure supérieure d'arbre principal pour déceler l'érosion provoquée par la perte du tube d'usure et changer la doublure si l'érosion est trouvée
- ❖ Remplacer toutes les pièces usées ou endommagées
- ❖ Nettoyer l'arbre principal avant la réinstallation
- ❖ S'assurer que le joint circulaire fait face en bas, quand le joint est monté sur la doublure
- ❖ graisser les filetages de pipe avant le montage dans le top drive
- ❖ Assembler l'écrou inférieur, l'écrou supérieur, le tube d'usure et presse étoupe ;
- ❖ Fermer le trou de l'arbre principal par la plaque de retenue pour que le tube d'usure ne rentre pas dans l'arbre principal (risque de coincement) ;
- ❖ Visser à la main l'écrou supérieur sur le pilote de col de cygne puis enlever la plaque de retenue et visser l'écrou inférieur sur l'arbre principal ;
- ❖ Positionner la clé de raccordement entre les deux écrous ;
- ❖ Tourner le moteur électrique avec le sens de serrage et serrer jusqu'à 6000 ft.lb,

➤ **Inspection des joints supérieurs du bonnet :**

- ❖ Retirer le protecteur de roulement, les vis de capuchon d'arrêt de roulement, et l'arrêt de roulement
- ❖ Examiner l'isolateur de roulement, le joint et le joint circulaire

➤ **Inspection des freins des moteurs électriques :**

- ❖ Retirer les caches de boîtier de frein pour accéder les freins des moteurs
- ❖ Examiner les garnitures de frein pour déceler l'usure, s'ils sont usés en dessous de la limite permise d'usure donnée par le constructeur
- ❖ Si les garnitures de frein s'usent inégalement, régler les garnitures en réglant les boulons sur les étriers de frein

**3-2-2 Bloc inférieur :**

Opérations	Périodicité
Vérifier les fuites et les pièces desserrées ou cassées ; Vérifier les flexibles et les garnitures endommagés ; Vérifier les chevilles de cylindre de bride et les boulons d'arrêtoir ;	Chaque jour

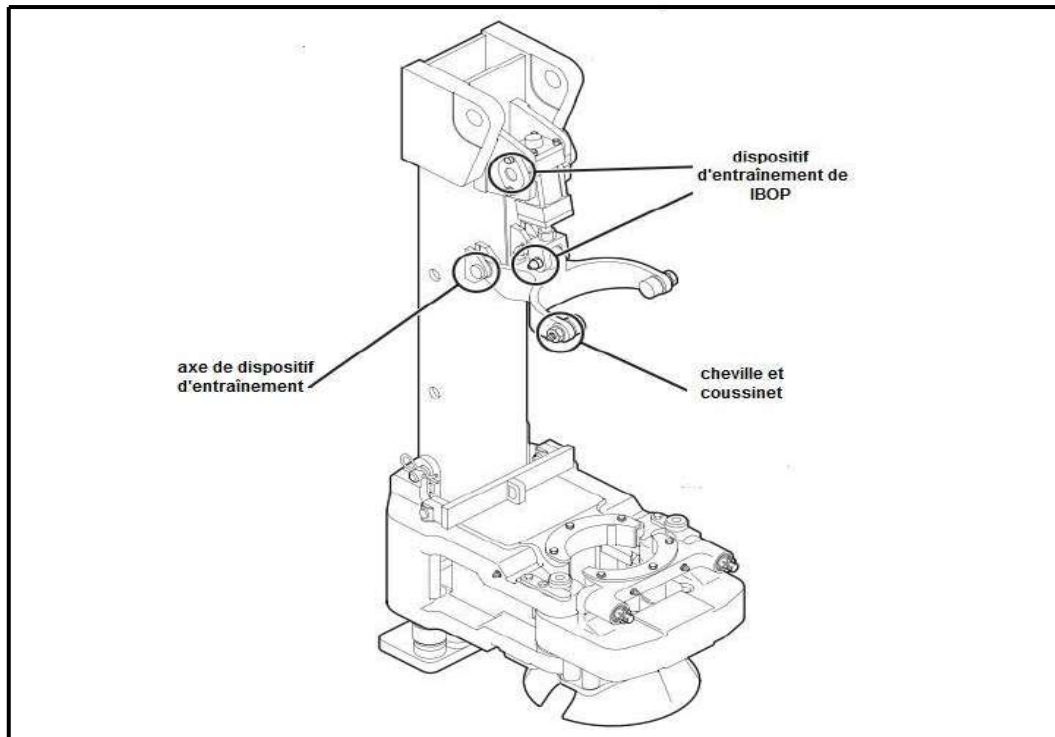
Examiner les mâchoires de pinces pour déceler l'usure ; Examiner les IBOP supérieures et inférieures pour assurer le fonctionnement approprié ;	
Examiner les brides d'inclinaison de tige pour assurer la position et le serrage ; Examiner le guide et les barres séparatrices poignardant pour déceler les dégâts et l'usure ; Examiner les stabilisateurs avant et arrière pour déceler l'usure ; Examiner le cylindre de dispositif d'entraînement d'IBOP pour déceler les fuites et serrer les garnitures ; Examiner les galets de dispositif d'entraînement d'IBOP pour déceler l'usure ou la pièce excessive ; Examiner le blocage commun d'outil pour déceler les boulons desserrés ; Examiner IBOPs supérieur et inférieur pour déceler les dégâts ;	Chaque semaine
Examiner les coussinets d'inclinaison de tige pour déceler l'usure Examiner les épingles de chape de cylindre de dispositif d'entraînement d'inclinaison de tige pour déceler l'usure Examiner la chape de dispositif d'entraînement d'IBOP pour déceler l'usure ou la pièce excessive Examiner la cheville pour déceler l'usure ou les dégâts	Chaque mois
Examiner l'anneau de piston pour déceler la piqûre de corrosion et l'ébrèchement Examiner la tige pour déceler la piqûre de corrosion, les cannelures et l'ébrèchement Changer les boucles, les joints circulaires et les coussinets de GLYD sur l'adaptateur de tige tournant	Chaque année
Inspection magnétiques (MPI)	Chaque 5 ans

Tableau 6. Maintenance systématique du bloc inférieur

**a) Les Inspections de bloc inférieur :**

➤ **Inspection d'IBOP :**

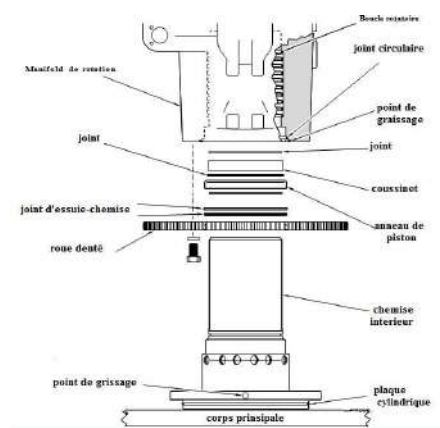
- ❖ Arrêter l'alimentation et saigner le système (tourner la soupape sur la base du carter d'engrenage à la position ARRÊTÉE).
- ❖ Démontez les lignes hydrauliques du cylindre de dispositif d'entraînement d'IBOP et recouvrez toutes les connexions.
- ❖ Retirez le cylindre et la chape de dispositif d'entraînement d'IBOP.
- ❖ Changez les lignes hydrauliques selon les besoins.
- ❖ Vérifiez les fuites de cylindre.



FigureIII-6. IBOP

➤ **Inspection de manifold de rotation :**

- ❖ Démontez le collet fendu de chargement afin de libérer le manifold
- ❖ Fixez une élingue en trois points et tirez la chemise intérieure hors de l'adaptateur
- ❖ Faites tourner la chemise et la mettez sur sa bride
- ❖ Retirez et jetez tous les joints rotatifs, joints circulaires, boucle de butée et les coussinets d'usure de l'intérieur de l'adaptateur et la roue dentée
- ❖ Examinez l'anneau de piston pour détecter la piqûre de corrosion et l'usure
- ❖ Examinez la chemise intérieure pour détecter la piqûre de corrosion,
- ❖ Examinez la chemise extérieure pour détecter la piqûre de corrosion et l'usure



FigureIII-7. Manifold de rotation

➤ **Inspection de la clé dynamométrique :**

- ❖ Démontez le corps de cylindre pour détecter l'usure
- ❖ Examinez les mâchoires
- ❖ Examinez les ressorts pour détecter les dégâts et les changer si eu besoin
- ❖ Être sûr que tous les goupilles fendues et vis de sécurité sont serrées

### 3.2.3.Le système hydraulique :

Opérations	Périodicité
Changer le filtre de circuit hydraulique	Chaque 2000 h
Exécuter l'analyse de l'huile de circuit hydraulique	Chaque 4000 h
Changer le liquide hydraulique	Chaque 8000 h
Examiner le filtre hydraulique de réservoir	Chaque 8000 h
Changer le filtre hydraulique de réservoir	Chaque 16000 h
Vérifier l'état de l'indicateur de filtre hydraulique Vérifier les niveaux du fluide hydraulique Vérifier les fuites de liquide hydraulique Vérifier l'état des boyaux hydrauliques	Chaque 24 h

Tableau 7. Maintenance systématique du système hydraulique

#### 3-2-4 Inspection non destructive (NDE)

Annuellement (ou après approximativement 3.000 h d'exploitation), exécuter une inspection non destructive (NDE) de tous les organes de circuit de chargement critique.

L'inspection de NDE comprend l'inspection visuelle, l'inspection de magnétiques(MPI), ou d'autres méthodes de contrôle non destructif pour l'intégrité métallurgique.

##### ➤ Inspection visuelle

Utiliser de façon régulière pour mesurer la quantité d'usure sur les yeux des bras d'élévateur. Comparer les mesures à la carte d'usure pour déterminer la force actuelle des bras d'élévateur.

La capacité des bras égale la capacité du plus faible bras.

##### ➤ Inspection magnétiques (MPI)

Après approximativement cinq ans, ou 15.000 h d'exploitation, selon la sévérité des états de marche, Varco recommande d'exécuter un MPI de toutes les composantes supportant la charge au-dessus de leur surface totale (alésages internes y compris) pour indiquer la fatigue ou les signes de fissure. Tous les signes trouvés sont des causes potentielles pour changer la composante.

Les composantes supportant la charge sont :

- ❖ Arbre principal (partie inférieure)
- ❖ Broche de retenue
- ❖ IBOP supérieur et inférieur
- ❖ Manifold de rotation
- ❖ Les bras d'élévateur
- ❖ L'anse

#### 3-2-5 Inspection suivant des périodes de forage sévères

Par suite de période de forage sévère, particulièrement pour des forages de surface, un desserrement de divers éléments du top drive peut se produire, dû aux vibrations. Les contrôles suivants sont recommandés dans ces cas :

- Procéder à un examen visuel en s'efforçant de détecter tous signes d'endommagement.
- Inspecter visuellement la tuyauterie d'admission de boue.
- Vérifier le serrage de tous les boulons extérieurs.
- Vérifier le serrage de toutes les protections, les événements (canal d'aération) et couvercles.

- Examiner visuellement l'intérieur des boîtes de branchement pour s'assurer qu'aucune pièce n'est desserrée.

### **3-3 La maintenance préventive conditionnelle :**

Pour surveiller des points stratégiques de l'unité Top Drive et ses systèmes associés de contrôle et d'alimentation varco a met en évidence des capteurs avec des indicateurs sur le console de commande pour détecter des anomalies de fonctionnement basée sur les paramètres suivants:

- La température du moteur électrique.
- La température d'huile de graissage.
- La pression différentielle entre l'entrée et la sortie des filtres.
- La pression d'huile hydraulique de service
- La pression d'huile hydraulique de retour.
- La pression d'huile de lubrification.

## 1. Description du mécanisme d'engrenage :

Le mécanisme comporte deux sources de puissance 2x800 HP pour entraîner deux chaînes d'engrenages identiques et symétriques chacune est composée de

- ❖ Un pignon cylindrique à dentures hélicoïdales extérieures monté sur l'arbre de moteur d'entraînement par un moyeu, contient 40 dentures.
- ❖ Une roue et un pignon intermédiaires de dentures hélicoïdales monté sur le même arbre

Les deux chaînes d'engrenages entraînent la 2<sup>ème</sup> roue

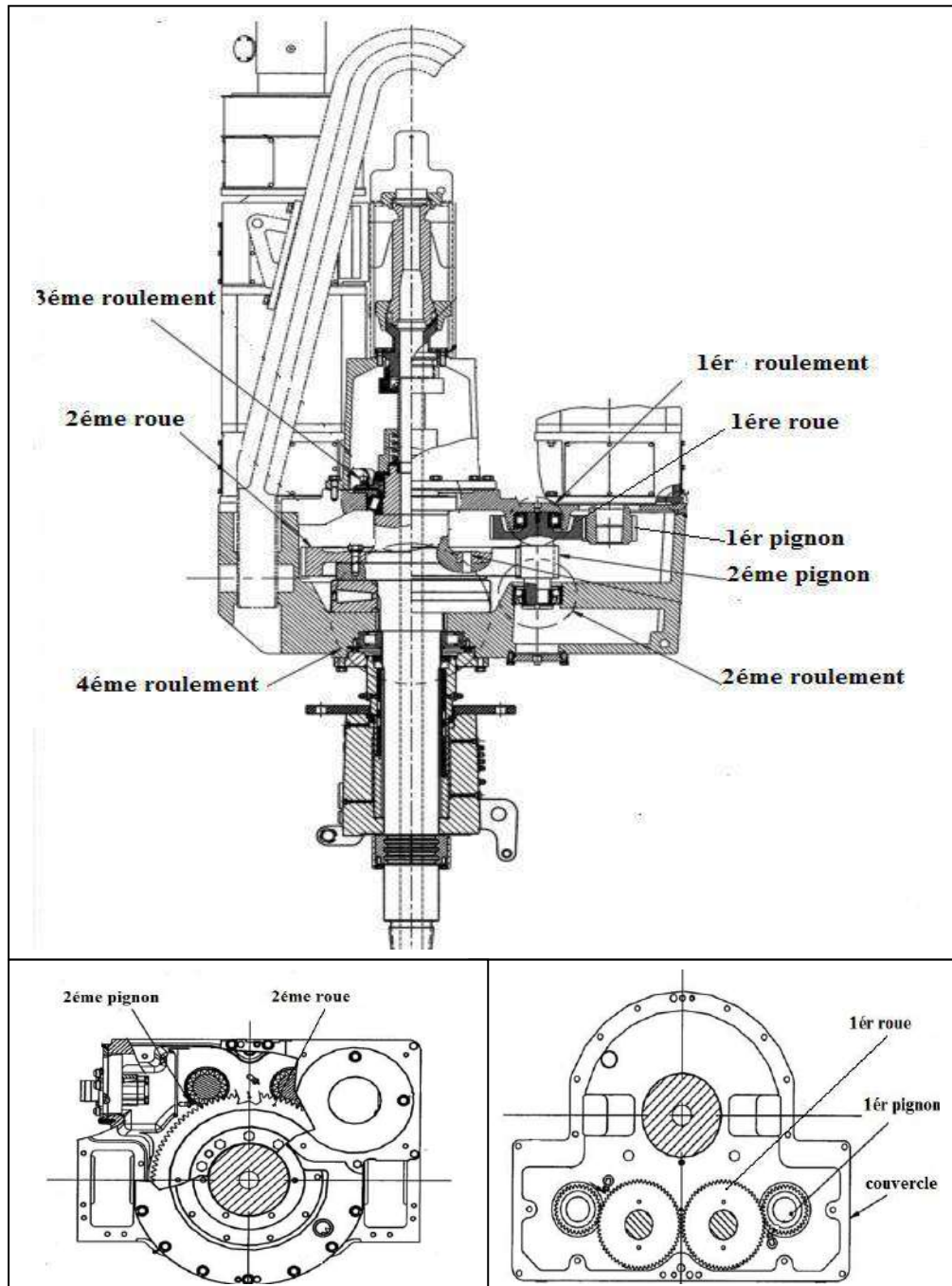


Figure IV-1 : mécanisme d'engrenage



## 2.Schéma cinématique du mécanisme d'engrenage :

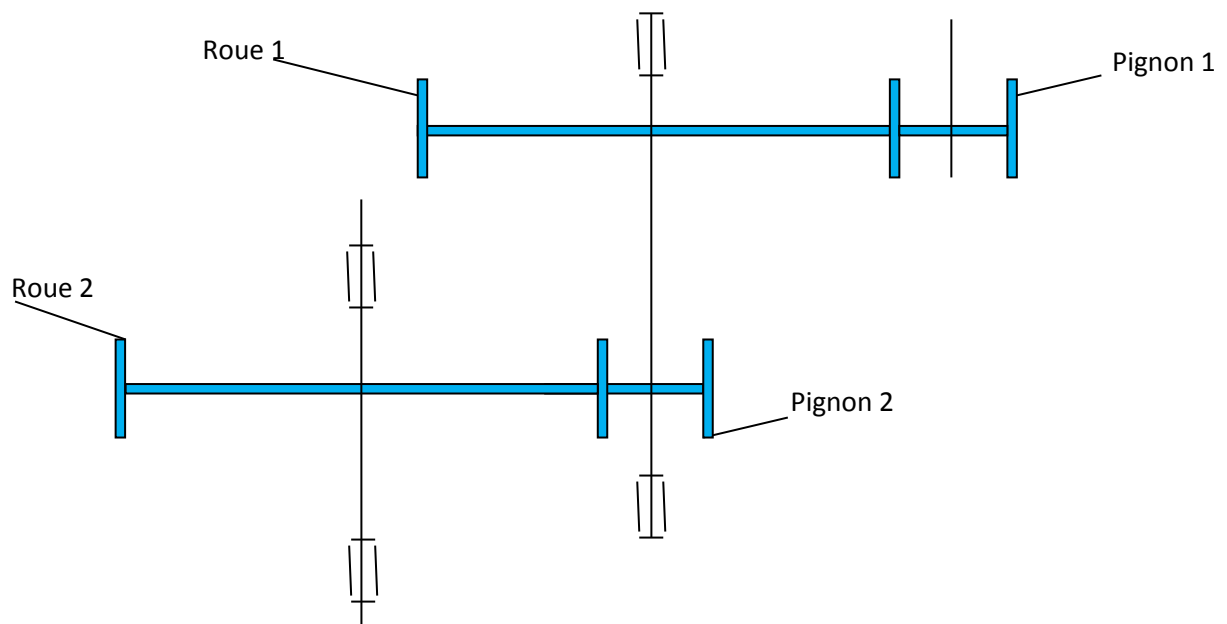


Figure IV-2 Schéma cinématique du mécanisme d'engrenage

## 3.Caractéristiques des engrenages cylindriques à denture hélicoïdale (tableau.8)

Désignation	Symbole	Formule
Nombre de dents	$Z$	$Z = \pi d / P_t$
Diamètre primitif	$d$	$d = m_t \cdot Z$
Entraxe	$a$	$a = (d_1 + d_2) / 2$
Angle d'hélice	$\beta$	$8^\circ \leq \beta \leq 20^\circ$
Angle de pression normale	$\alpha$	$\alpha$

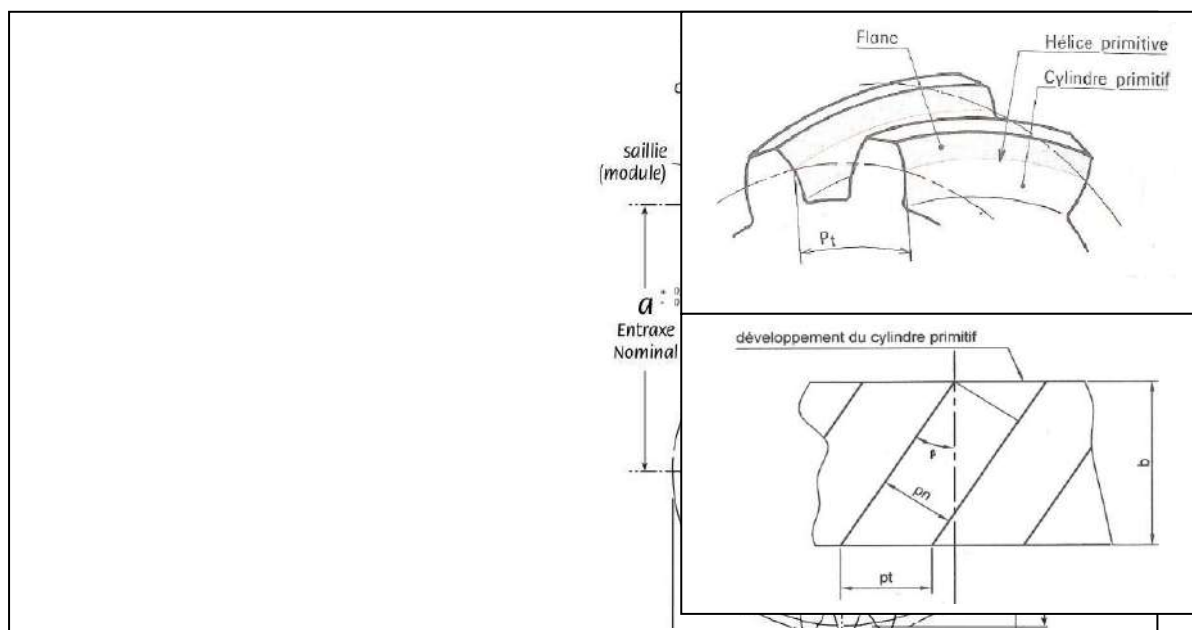


Figure IV-3 :caractéristiques géométriques

#### 4. Calcul des roulements :

Le choix des dimensions appropriées du roulement est déterminé par l'intensité, la direction et le type de charge agissant sur le roulement et sa vitesse.

En cas de charge dynamique, le choix du roulement approprié est déterminé par sa longévité par rapport à la fatigue de contact du matériel

La longévité d'un roulement est comprise comme le nombre de ses révolutions (ou de sa période d'opération à la vitesse donnée) jusqu'au moment où les premières traces de la fatigue du matériel apparaissent sur des éléments roulants ou des orbites. Les tests pratiques prouvent que la longévité des roulements identiques diffère dans les mêmes conditions de fonctionnement. Afin d'évaluer la durée de vie des roulements dans ces conditions, la mesure de la durée de vie de base a été introduite.

La durée de vie de base des roulements est la durée de vie qui est atteinte ou excédée par 90% de roulements identiques dans les mêmes conditions de fonctionnement à condition que les matériaux généralement utilisés aient été employés, la qualité habituelle de production réalisée et les roulements sont utilisés dans des conditions de fonctionnement normales. La durée de vie de base est définie par l'équation :

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p [\text{min}^{-1}] \quad L_{10h} = \left(\frac{C}{P}\right)^p \cdot \frac{10^6}{60n} [h] \quad \dots\dots\dots (1)$$

C : Capacité de charge dynamique de base du roulement [N]

P : Charge dynamique équivalente du roulement [N]

n : Fréquence de rotation du roulement [1/min]

p : exposant (p=3 pour les roulements à billes, p=10/3 pour les autres roulements)

Dans notre cas le top drive est parmi les machines qui travaillent 24h/24h la durée de vie des roulements est normalisée : 35000 h < L<sub>10h</sub> < 60000 h (voir tableau 1 en annexe)

#### La capacité de charge dynamique de base

La capacité de charge dynamique de base du roulement est définie comme une charge constante non variable à laquelle le roulement atteint la durée de vie de base de 1 million de révolutions. Les valeurs des capacités de charge dynamiques sont données pour chaque roulement dans le catalogue respectif

#### La charge dynamique équivalente

La charge dynamique équivalente du roulement est définie exclusivement comme charge radiale (pour les roulements radiaux) ou charge axiale (pour les roulements axiaux), à laquelle tous les roulements de même type ont une même durée de vie atteinte dans des conditions de charge réelles. La valeur de la charge équivalente est décrite dans la relation :

$$P = X * F_{rtot} + Y * F_{atot} \quad \dots\dots\dots (2)$$

F<sub>r</sub> : Composante radiale de la charge réelle [N]

F<sub>a</sub> : Composante axiale de la charge réelle [N]

X : coefficient de la charge dynamique radiale

Y : coefficient de la charge dynamique axiale

#### 4.1. Détermination des coefficients X et Y :

La courbe d'équidurée C'est une courbe qui produit la même charge équivalente sur le roulement,

C'est une courbe expérimentale qui permet de définir X, Y

Les valeurs des coefficients X, Y dépendent du type, de la conception et des dimensions du roulement ; Pour certains types de roulement X et Y dépendent également de la direction et de l'intensité de la charge réelle. Ces valeurs sont données pour chaque roulement dans le catalogue respectif(voir tableau 2 annexe)

### Durée de vie d'un ensemble de roulement :

On peut calculer la durée de vie  $L_{E 10}$  d'un ensemble de roulements montés sur le même arbre par la relation suivante :

$$L_{E 10} = \left( \sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{L_{i 10}} \right)^{\frac{3}{2}} \right)^{-\frac{2}{3}}$$

### Calcul des efforts $F_{rtot}$ et $F_{atot}$ :

Afin de calculer les efforts totaux appliqués sur les roulements, il faut d'abord calculer tous les efforts exercés sur les pignons et les roues dentées.

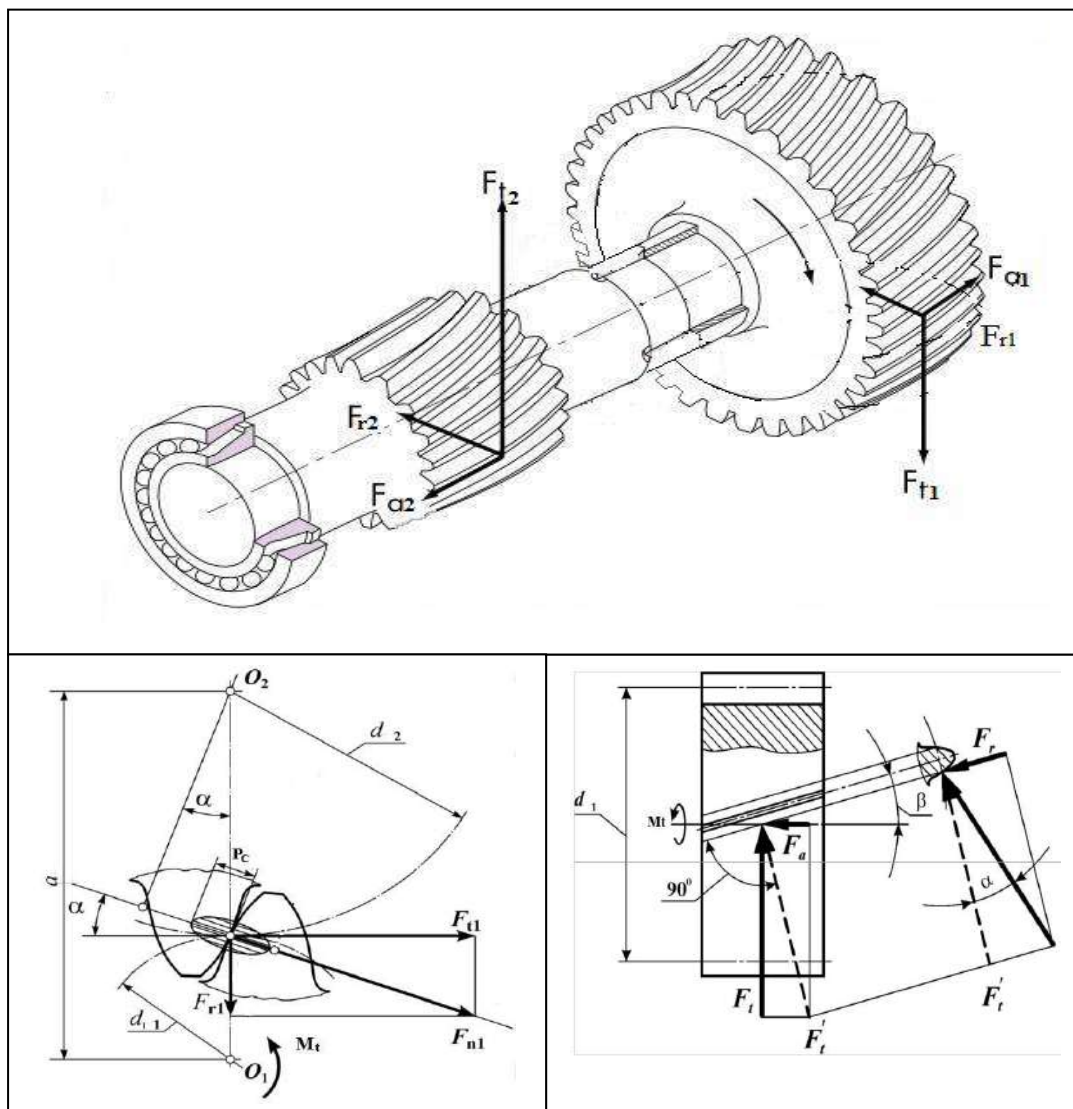


Figure IV-5. Les différents efforts appliqués sur les engrenages

L'arbre intermédiaire contient des engrenages a dentureshélicoïdales, donc les forces appliquées sur l'arbre se décompose en quatre composantes :

- Composante tangentielle :

$$F_t = F_n \cdot \cos \alpha * \cos \beta \quad \dots\dots\dots (4)$$

- Composante axiale :

$$F_a = F_n \cdot \cos \alpha * \sin \beta \quad \dots\dots\dots (5)$$

- Composante radiale :

$$F_r = F_n \cdot \sin \alpha \quad \dots\dots\dots (6)$$

- Composante normale :

$$F_n = \frac{2M_t}{d_1 * \cos \beta * \sin \alpha} \quad \dots\dots\dots (7)$$

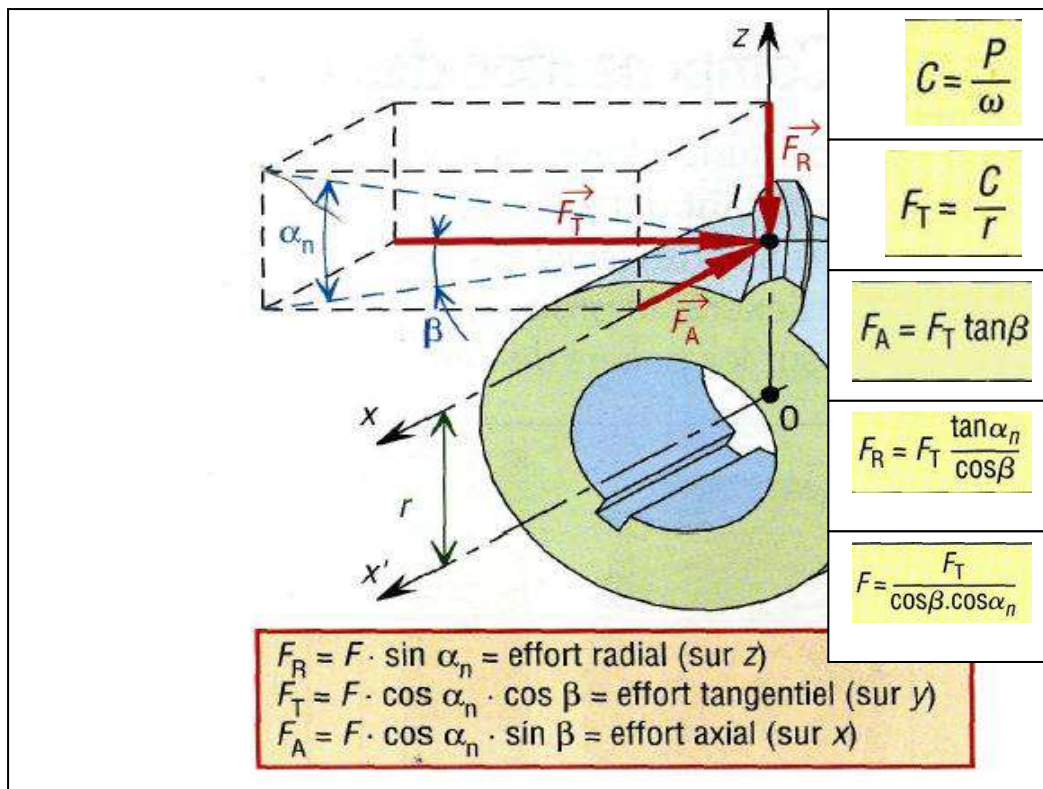


Figure IV-6. Forces appliquées sur une dent d'un engrenage hélicoïdale

**Données de calcul :**

Le couple maximal de sortie est :  $M_t = M_{t4} = 55000 \text{ ft} \cdot \text{lb} = 72839,25 \text{ N} \cdot \text{m} \quad \dots\dots\dots (8)$

Puissance du moteur maximale :  $P_m = 800 \text{ hp} \times (2) = 1072 \text{ kW} \quad \dots\dots\dots (9)$

Vitesse nominale de sortie :  $N_n = 2,22 \text{ tr/s}$ .

Puissance de sortie :  $M_t = P / \omega \implies P = M_t \cdot \omega = 72839,25 \times 2 \times 3,14 \times 2,22 = 1015.4 \text{ kW}$

Le rendement :

$$\eta = \frac{P_{\text{sortie}}}{P_{\text{entrée}}} = \frac{1015.4}{1072} = 0,95 \quad \dots\dots\dots (1)$$

## Données géométriques

	1 <sup>er</sup> Pignon	1 <sup>er</sup> Roue dentée	2 <sup>ème</sup> Pignon	2 <sup>ème</sup> Roue dentée
<b>Nombre de dents</b>	Z <sub>1</sub> =40	Z <sub>2</sub> =80	Z <sub>3</sub> =34	Z <sub>4</sub> =178
<b>Module réel</b>	4	4	4	4
<b>Diamètre primitif</b>	164 mm	328 mm	139,4 mm	730 mm
<b>Diamètre de tête</b>	172 mm	336 mm	147,4 mm	738 mm
<b>Entraxe</b>	a <sub>1</sub> =237 mm		a <sub>2</sub> =434,7 mm	
<b>Rapport d'engrenage</b>	u <sub>1</sub> = 2		u <sub>2</sub> = 5,24	
<b>Angle d'hélice</b>	12 <sup>0</sup>	12 <sup>0</sup>	12 <sup>0</sup>	12 <sup>0</sup>
<b>Angle de pression normale</b>	20 <sup>0</sup>	20 <sup>0</sup>	20 <sup>0</sup>	20 <sup>0</sup>

Tableau 9. Caractéristiques géométrique des engrenages hélicoïdaux

### 4.2. Calcul les forces appliquées sur la 2<sup>ème</sup> roue : (forces appliquées par un seul satellite)

- ❖ La force normale

$$F_{n4} = \frac{2M_{t4}}{d_4 \cdot \cos \beta \cdot \cos \alpha_n} \times \frac{1}{2} = \frac{72839,25}{0,73 \cdot \cos 12^\circ \cdot \cos 20^\circ} = 108,55 \text{ kN} \quad \dots \quad (1)$$

- ❖ La force tangentielle :

$$F_{t4} = F_{n4} \cdot \cos \alpha \cos \beta = 108,55 \cdot \cos 20^\circ \cdot \cos 12^\circ = 99,77 \text{ kN} \quad \dots \quad (1)$$

- ❖ La force radiale:

$$F_{r4} = F_{n4} \cdot \sin \alpha = 108,55 \cdot \sin 20^\circ = 37,12 \text{ kN.} \quad \dots \quad (1)$$

- ❖ La force axiale :

$$F_{a4} = F_{n4} \cdot \cos \alpha \sin \beta = 108,55 \times \cos 20^\circ \sin 12^\circ = 21,2 \text{ kN} \quad \dots \quad (1)$$

### 4.3. Calcul les forces appliquées sur le 2<sup>ème</sup> pignon :

- ❖ La force normale

$$F_{n3} = \frac{F_{n4}}{\eta} = \frac{108,55}{0,95} = 114,26 \text{ kN} \quad \dots \quad (1)$$

- ❖ La force tangentielle :

$$F_{t3} = \frac{F_{t4}}{\eta} = \frac{99770}{0,95} = 105 \text{ kN} \quad \dots \quad (1)$$

- ❖ La force radiale:

$$F_{r3} = F_{n3} \cdot \sin \alpha = 114,26 \cdot \sin 20^\circ = 39,08 \text{ kN} \quad \dots \quad (1)$$

- ❖ La force axiale :

$$F_{a3} = F_{n3} \cdot \cos \alpha \sin \beta = 114,26 \times \cos 20^\circ \sin 12^\circ = 23 \text{ kN} \quad \dots \quad (1)$$

### 4.4. Calcul les forces appliquées sur la 1<sup>ère</sup> roue :

$$M_{t3} = \frac{M_{t4}}{\eta \cdot u_2} = \frac{72839,25}{0,95 \cdot 5,24} \cdot \frac{1}{2} = 7,316 \text{ kN}$$

$M_{t3} = M_{t2}$  car le 2<sup>ème</sup> pignon et la 1<sup>ère</sup> roue sont montés sur le même arbre

- ❖ La force normale

$$F_{n2} = \frac{2M_{t2}}{d_2 \cdot \cos \beta \cdot \cos \alpha_n} \times \frac{1}{2} = \frac{7316}{0,328 \cdot \cos 12^\circ \cdot \cos 20^\circ} = 24,26 \text{ kN} \quad \dots\dots (2)$$

- ❖ La force tangentielle

$$F_{t2} = F_{n2} \cdot \cos \alpha \cos \beta = 24,26 \cdot \cos 20^\circ \cdot \cos 12^\circ = 22,30 \text{ kN} \quad \dots\dots (2)$$

- ❖ La force radiale:

$$F_{r2} = F_{n2} \cdot \sin \alpha = 24,26 \cdot \sin 20^\circ = 8,3 \text{ kN} \quad \dots\dots (2)$$

- ❖ La force axiale :

$$F_{a2} = F_{n2} \cdot \cos \alpha \sin \beta = 24,26 \times \cos 20^\circ \times \sin 12^\circ = 4,74 \text{ kN} \quad \dots\dots (2)$$

#### 4.5. Calcul les forces appliquées sur le 1<sup>er</sup> pignon :

- ❖ La force normale

$$F_{n1} = \frac{F_{t2}}{\eta} = \frac{22,3}{0,95} = 23,47 \text{ kN} \quad \dots\dots (2)$$

- ❖ La force tangentielle :

$$F_{t1} = \frac{F_{t2}}{\eta} = \frac{22,3}{0,95} = 23,47 \text{ kN} \quad \dots\dots (2)$$

- ❖ La force radiale:

$$F_{r1} = F_{n1} \cdot \sin \alpha = 23,47 \times \sin 20^\circ = 8,03 \text{ kN} \quad \dots\dots (2)$$

- ❖ La force axiale :

$$F_{a1} = F_{n1} \cdot \cos \alpha \sin \beta = 23,47 \times \cos 20^\circ \times \sin 12^\circ = 4,8 \text{ kN} \quad \dots\dots (2)$$

#### ➤ Les charges appliquées sur le 1<sup>er</sup> roulement :

- Données

	Diamètre intérieur de roulement	charge dynamique de base C	X	Y	n en rpm
1 <sup>ère</sup> roulement	75 mm	242 kN	1	0	652,5
2 <sup>ème</sup> roulement	80 mm	440 kN	0	2,6	652,5

Tableau 10. Caractéristiques des roulements

Par le principe de  $\sum M = 0$

$$\sum F = 0$$

On trouve que :

- ❖ La force radiale:

- Due à la force tangentielle :  $F_1 = F_{t2} * \frac{a}{l} - F_{t3} * \frac{a'}{l} \quad \dots\dots (3)$

$$F_1 = 22,30 * \frac{0,138}{0,152} - 105 * \frac{0,07}{0,152} = -28,1 \text{ kN}$$

- Due à la force radiale :

$$S_1 = F_{r2} * \frac{a}{l} - F_{r3} * \frac{a'}{l} \quad \dots\dots (3)$$

$$S_1 = 8,3 * \frac{0,138}{0,152} - 39,08 * \frac{0,07}{0,152} = -10,46 \text{ kN}$$

- Due à la force axiale :

$$U_1 = F_{a2} * \frac{R_2}{l} - F_{a3} * \frac{R_3}{l}$$

$$U_1 = 4,74 * \frac{0,168}{0,152} - 22,32 * \frac{0,0697}{0,152} = -5 \text{ kN}$$

❖ La force radiale totale :

$$F_{r \text{ total}} = \sqrt{F_1^2 + (S_1 - U_1)^2}$$

$$F_{r \text{ total}} = \sqrt{(-28,1)^2 + (-10,46 + 5)^2} = 23,46 \text{ kN}$$

❖ La force axiale totale :

$$F_{a \text{ total}} = F_{a2} - F_{a3}$$

$$F_{a \text{ total}} = 4,47 - 22,32 = -17,58 \text{ kN}$$

❖ La charge dynamique équivalente :

$$P = X * F_{rtot} + Y * F_{atot}$$

$$P = 1 * 23,46 = 23,46 \text{ kN}$$

➤ **Les charges appliquées sur le 2<sup>eme</sup> roulement :**

Par le principe de  $\sum M = 0$   
 $\sum F = 0$

On trouve que :

❖ La force radiale:

- Due à la force tangentielle :

$$F_1 = F_{t2} * \frac{b}{l} - F_{t3} * \frac{b'}{l} \quad \dots \textcircled{3}$$

$$F_1 = 22,30 * \frac{0,014}{0,152} - 105 * \frac{0,082}{0,152} = -54,6 \text{ Kn}$$

- Due à la force radiale :

$$S_1 = F_{r2} * \frac{b}{l} - F_{r3} * \frac{b'}{l} \quad \dots \textcircled{3}$$

$$S_1 = 8,3 * \frac{0,014}{0,152} - 39,08 * \frac{0,082}{0,152} = -20,31 \text{ kN}$$

- Due à la force axiale :

$$U_1 = F_{a2} * \frac{R_2}{l} - F_{a3} * \frac{R_3}{l} = U_2 \quad \dots \textcircled{3}$$

$$U_2 = 4,74 * \frac{0,168}{0,152} - 22,32 * \frac{0,0697}{0,152} = -5 \text{ Kn}$$



❖ La force radiale totale :

$$F_{r \text{ total}} = \sqrt{F_1^2 + (S_1 + U_1)^2}$$

$$F_{r \text{ total}} = \sqrt{(-54,6)^2 + (-20,31 - 5)^2} = 60,18 \text{ kN}$$

❖ La force axiale totale :

$$F_{a \text{ total}} = F_{a2} - F_{a3}$$

$$F_{a \text{ total}} = 4,47 - 22,32 = -17,58 \text{ kN}$$

❖ La charge dynamique équivalente :

$$P = X * F_{rtot} + Y * F_{atot}$$

$$P = 2,6 * 17,58 = 45,7 \text{ kN}$$

➤ **Les charges appliquées sur le 3<sup>ème</sup> et le 4<sup>ème</sup> roulements :**

Les forces dynamiques additionnelles, vibrations et chocs, due au forage, sur l'arbre principal qui intensifient la charge sur les roulements.

D'habitude ces forces additionnelles ne peuvent pas être calculées ou mesurées avec précision, car leurs effets sont exprimés par les divers facteurs empiriques qui multiplient les forces radiales et axiales. Pour cela notre calcul est limité par le 1<sup>er</sup> et le 2<sup>ème</sup> roulements en laissant notre mémoire ouvert pour plus d'études.

**4.6. Calcul de durée de vie du roulement :**

➤ **Durée de vie du 1<sup>er</sup> roulement :**

$$L_{10h} = \left(\frac{C}{P}\right)^{3,33} * \frac{10^6}{60 * n}$$

$$L_{10h} = \left(\frac{242}{23,46}\right)^{3,33} * \frac{10^6}{60 * (125 * 5,24)} = 60328,2 \text{ h}$$

$L_{10h} \in \text{Ln}$  , Donc la condition est vérifiée

➤ **Durée de vie du 2<sup>ème</sup> roulement :**

$$L_{10h} = \left(\frac{C}{P}\right)^{3,33} * \frac{10^6}{60 * n}$$

$$L_{10h} = \left(\frac{440}{45,7}\right)^{3,33} * \frac{10^6}{60 * (125 * 5,24)} = 47950 \text{ h}$$

$L_{10h} \in \text{Ln}$  , Donc la condition est vérifiée

**4.7. Durée de vie d'un ensemble des roulements 1 et 2 :**

$$L_{E 10} = \left(\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{L_{i 10}}\right)^{\frac{2}{3}}\right)^{-\frac{2}{3}}$$

$$L_{E10} = \left( \left( \frac{1}{60328,2} \right)^{\frac{3}{2}} + \left( \frac{1}{47950} \right)^{\frac{3}{2}} \right)^{-\frac{2}{3}} = 33550,16 \text{ h}$$

$L_{E10} \in \text{Ln}$ , Donc la condition est vérifiée.

### **5.Conclusion :**

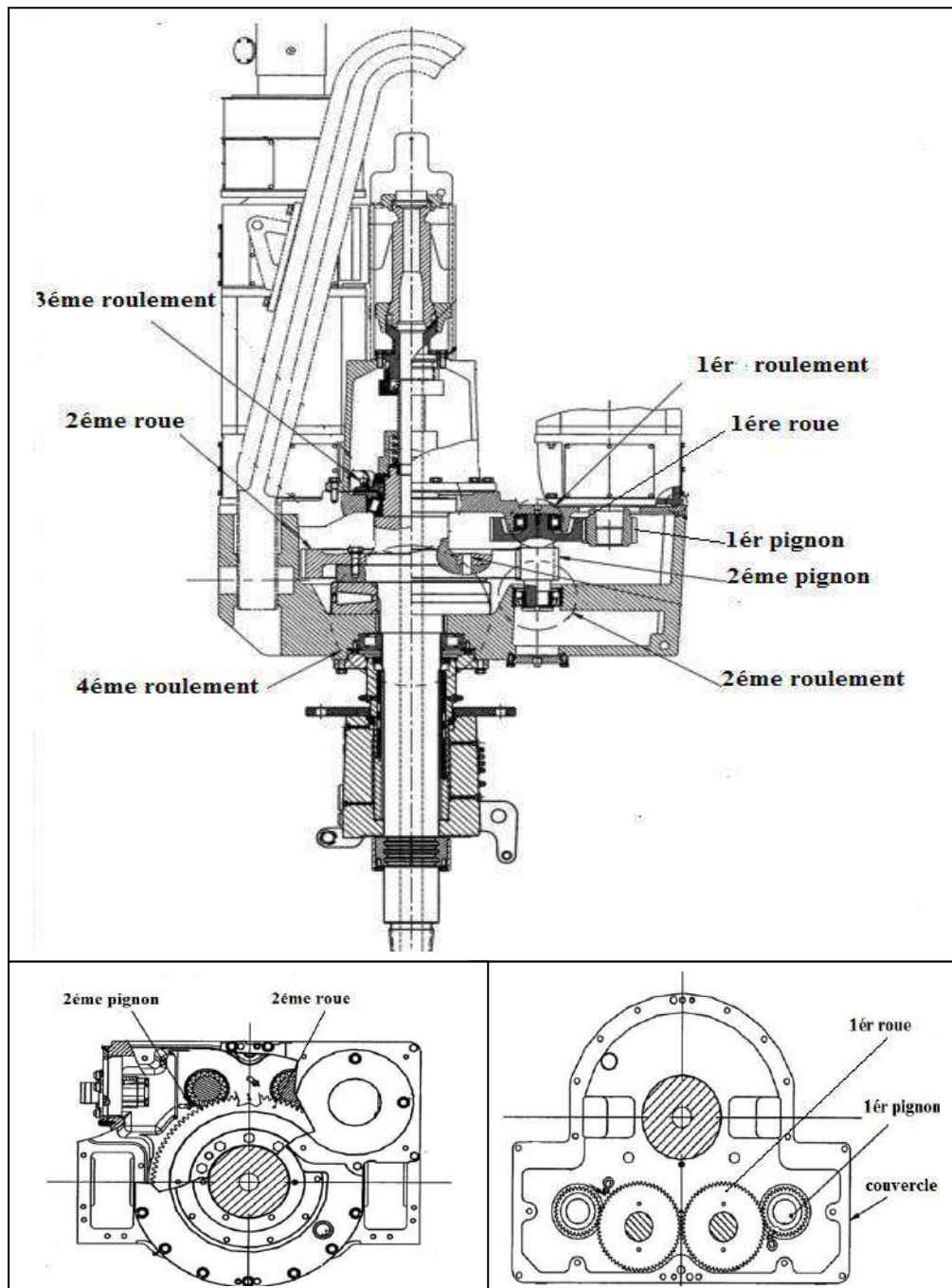
Le système de guidage par des roulements cylindriques du TOP DRIVE VARCO TDS11 a prouvé son efficacité d'après le calcul de vérification principalement par sa durée de vie qui atteint à la limite supérieure de la durée de vie usuelle, et c'est ce qui est convenable avec l'ampleur et l'importance du TOP DRIVE.

## 1. Description du mécanisme d'engrenage :

Le mécanisme comporte deux sources de puissance 2x800 HP pour entraîner deux chaînes d'engrenages identiques et symétriques chacune est composée de

- ❖ Un pignon cylindrique à dentures hélicoïdales extérieures monté sur l'arbre de moteur d'entraînement par un moyeu, contient 40 dentures.
- ❖ Une roue et un pignon intermédiaires de dentures hélicoïdales monté sur le même arbre

Les deux chaînes d'engrenages entraînent la 2<sup>ème</sup> roue



## 2. Schéma cinématique du mécanisme d'engrenage :

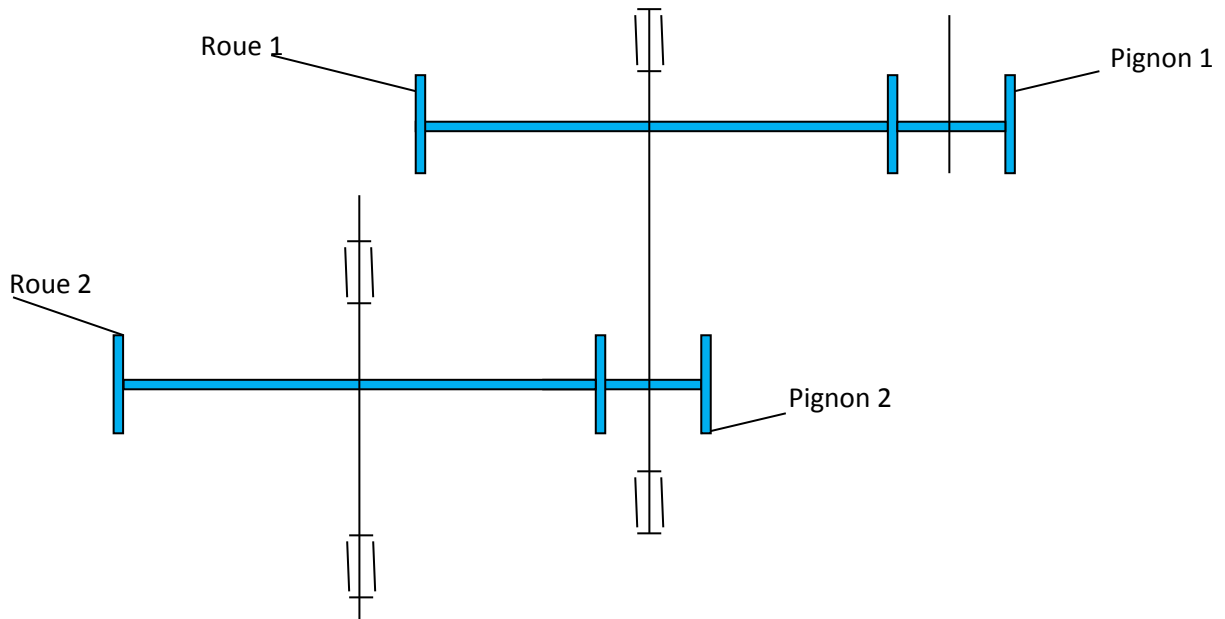


Figure IV-2 Schéma cinématique du mécanisme d'engrenage

### 3. Caractéristiques des engrenages cylindriques à denture hélicoïdale (tableau.8)

Désignation	Symbole	Formule
Nombre de dents	$Z$	$Z = \pi d / P_t$
Diamètre primitif	$d$	$d = m_t \cdot Z$
Entraxe	$a$	$a = (d_1 + d_2) / 2$
Angle d'hélice	$\beta$	$8^\circ \leq \beta \leq 20^\circ$
Angle de pression normale	$\alpha$	$\alpha$

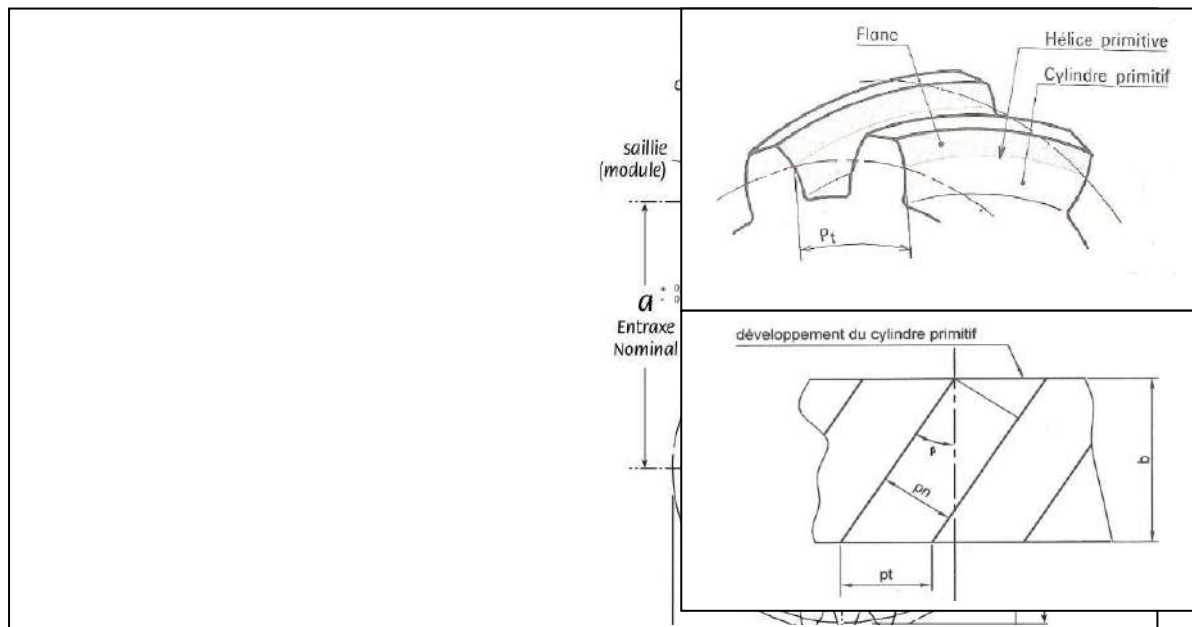


Figure IV-3 : caractéristiques géométriques

### 4. Calcul des roulements :

Le choix des dimensions appropriées du roulement est déterminé par l'intensité, la direction et le type de charge agissant sur le roulement et sa vitesse.

En cas de charge dynamique, le choix du roulement approprié est déterminé par sa longévité par rapport à la fatigue de contact du matériel

La longévité d'un roulement est comprise comme le nombre de ses révolutions (ou de sa période d'opération à la vitesse donnée) jusqu'au moment où les premières traces de la fatigue du matériel apparaissent sur des éléments roulants ou des orbites. Les tests pratiques prouvent que la longévité des roulements identiques diffère dans les mêmes conditions de fonctionnement. Afin d'évaluer la durée de vie des roulements dans ces conditions, la mesure de la durée de vie de base a été introduite.

La durée de vie de base des roulements est la durée de vie qui est atteinte ou excédée par 90% de roulements identiques dans les mêmes conditions de fonctionnement à condition que les matériaux généralement utilisés aient été employés, la qualité habituelle de production réalisée et les roulements sont utilisés dans des conditions de fonctionnement normales. La durée de vie de base est définie par l'équation :

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p [\text{min}^{-1}] \quad L_{10h} = \left(\frac{C}{P}\right)^p \cdot \frac{10^6}{60n} [h] \quad \dots\dots\dots (1)$$

C : Capacité de charge dynamique de base du roulement [N]

P : Charge dynamique équivalente du roulement [N]

n : Fréquence de rotation du roulement [1/min]

p : exposant (p=3 pour les roulements à billes, p=10/3 pour les autres roulements)

Dans notre casle top drive est parmi les machine qui travaillent 24h/24h la durée de vie des roulements est normalisée : 35000 h < L<sub>10h</sub> < 60000 h (voir tableau 1 en annexe)

**La capacité de charge dynamique de base**

La capacité de charge dynamique de basedu roulement est définie comme une charge constante non variable à laquelle le roulement atteint la durée de vie de base de 1 million de révolutions. Les valeurs des capacités de charge dynamiques sont données pour chaque roulement dans le catalogue respectif

**La charge dynamique équivalente**

La charge dynamique équivalentedu roulement est définie exclusivement comme charge radiale (pour les roulements radiaux) ou charge axiale (pour les roulements axiaux), à laquelle tous les roulements de même type ont une même durée de vie atteinte dans des conditions de charge réelles. La valeur de la charge équivalente est décrite dans la relation :

$$P = X * F_{rtot} + Y * F_{atot} \quad \dots\dots\dots (2)$$

F<sub>r</sub> : Composante radiale de la charge réelle [N]

F<sub>a</sub> : Composante axiale de la charge réelle [N]

X : coefficient de la charge dynamique radiale

Y : coefficient de la charge dynamique axiale

**4.1. Détermination des coefficients X et Y :**

La courbe d'équidurée C'est une courbe qui produit la même charge équivalente sur le roulement,

C'est une courbe expérimentale qui permet de définir X, Y

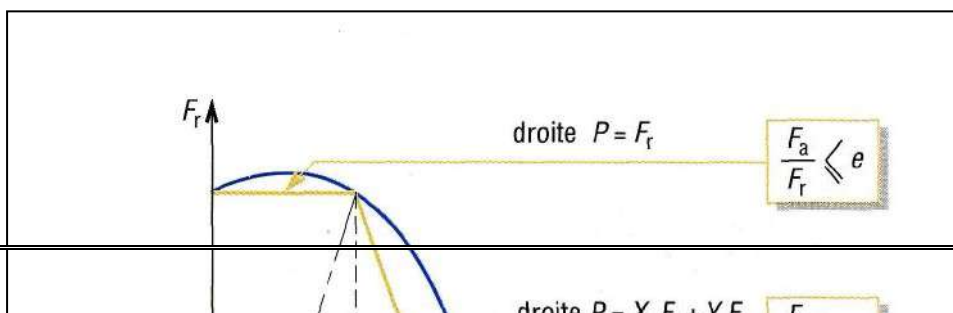


Figure IV-4 Courbe d'équidurée

Les valeurs des coefficients X, Y dépendent du type, de la conception et des dimensions du roulement ; Pour certains types de roulement X et Y dépendent également de la direction et de l'intensité de la charge réelle. Ces valeurs sont données pour chaque roulement dans le catalogue respectif (voir tableau 2 annexe)

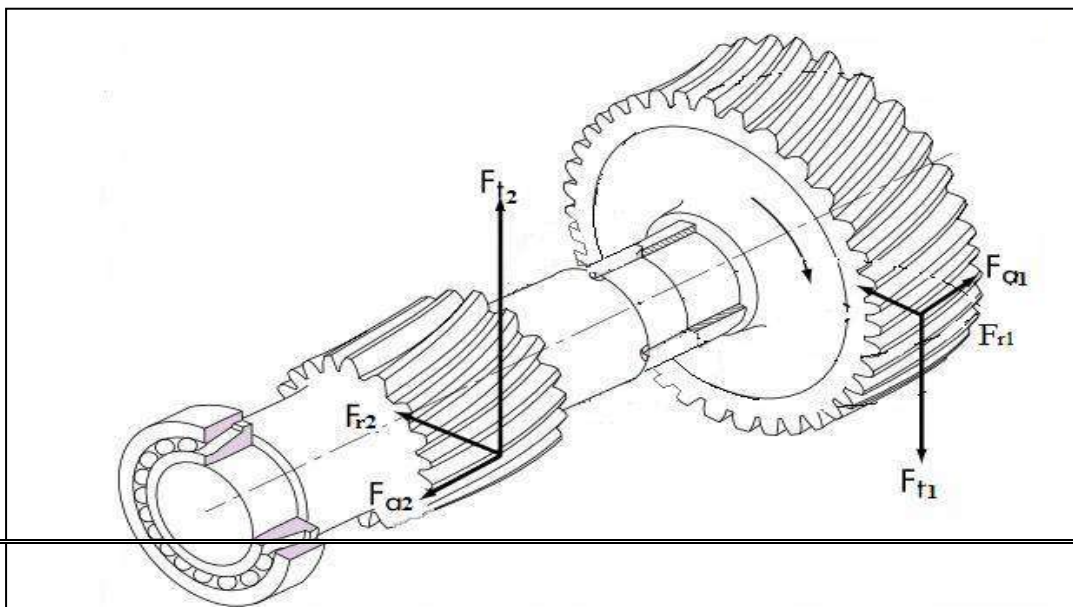
**Durée de vie d'un ensemble de roulement :**

On peut calculer la durée de vie  $L_{E 10}$  d'un ensemble de roulements montés sur le même arbre par la relation suivante :

$$L_{E 10} = \left( \sum 3 \left( \frac{1}{L_{i 10}} \right)^2 \right)^{-\frac{2}{3}} \dots\dots\dots$$

**Calcul des efforts  $F_{rtot}$  et  $F_{atot}$  :**

Afin de calculer les efforts totaux appliqués sur les roulements, il faut d'abord calculer tous les efforts exercés sur les pignons et les roues dentées.



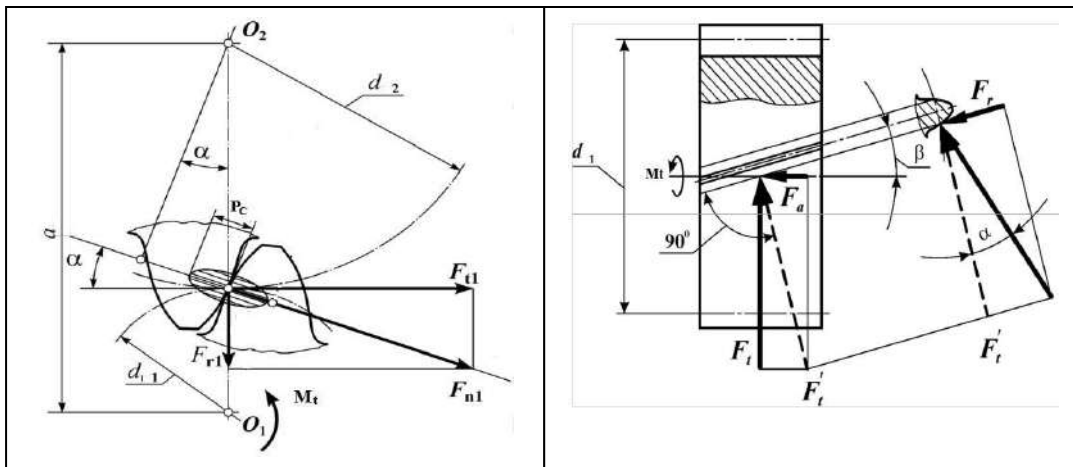


Figure IV-5. Les différents efforts appliqués sur les engrenages

L'arbre intermédiaire contient des engrenages a dentureshélicoïdales, donc les forces appliquées sur l'arbre se décompose en quatre composantes :

- Composante tangentielle :

$$F_t = F_n \cdot \cos \alpha * \cos \beta \quad \dots\dots\dots (4)$$

- Composante axiale :

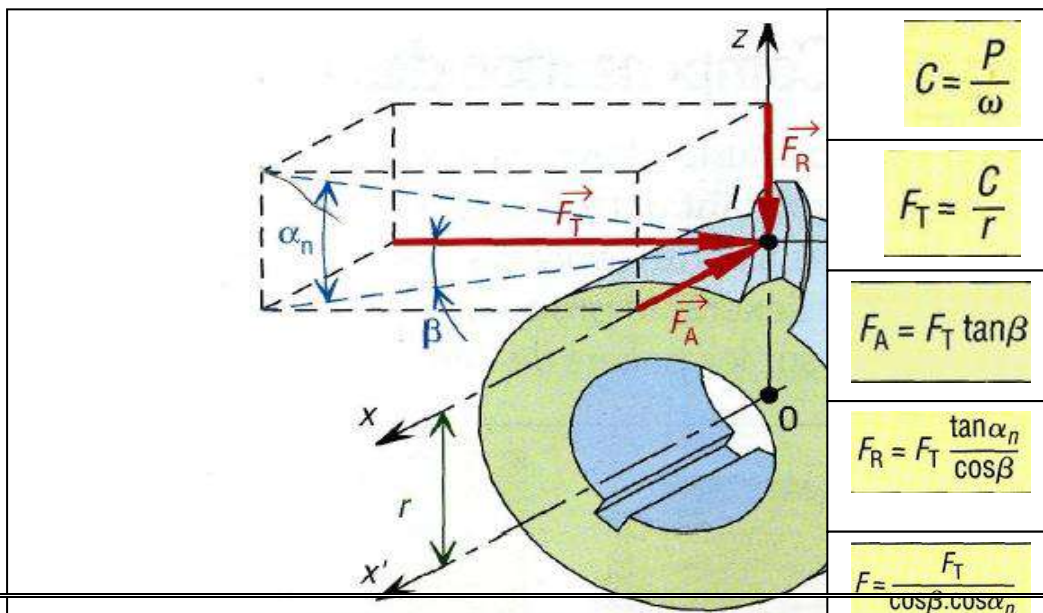
$$F_a = F_n \cdot \cos \alpha * \sin \beta \quad \dots\dots\dots (5)$$

- Composante radiale :

$$F_r = F_n \cdot \sin \alpha \quad \dots\dots\dots (6)$$

- Composante normale :

$$F_n = \frac{2M_t}{d_1 * \cos \beta * \sin \alpha} \quad \dots\dots\dots (7)$$



$F_r = F \cdot \sin \alpha = \text{effort radial (sur } z)$



Figure IV-6. Forces appliquées sur une dent d'un engrenage hélicoïdale

**Données de calcul :**

Le couple maximal de sortie est :  $M_t = M_{t4} = 55000 \text{ ft} \cdot \text{lb} = 72839,25 \text{ N} \cdot \text{m}$  ..... (8)

Puissance du moteur maximale :  $P_m = 800 \text{ hp} \times (2) = 1072 \text{ kW}$ . ..... (9)

Vitesse nominale de sortie :  $N_n = 2,22 \text{ tr/s}$ .

Puissance de sortie :  $M_t = P / \omega \implies P = M_t \cdot \omega = 72839,25 \times 2 \times 3,14 \times 2,22 = 1015,4 \text{ kW}$

Le rendement :

$$\eta = \frac{P_{\text{sortie}}}{P_{\text{entrée}}} = \frac{1015,4}{1072} = 0,95 \text{ ..... (1)}$$

**Données géométriques**

	1 <sup>er</sup> Pignon	1 <sup>er</sup> Roue dentée	2 <sup>ème</sup> Pignon	2 <sup>ème</sup> Roue dentée
<b>Nombre de dents</b>	$Z_1=40$	$Z_2=80$	$Z_3=34$	$Z_4=178$
<b>Module réel</b>	4	4	4	4
<b>Diamètre primitif</b>	164 mm	328 mm	139,4 mm	730 mm
<b>Diamètre de tête</b>	172 mm	336 mm	147,4 mm	738 mm
<b>Entraxe</b>	$a_1=237 \text{ mm}$		$a_2=434,7 \text{ mm}$	
<b>Rapport d'engrenage</b>	$u_1 = 2$		$u_2 = 5,24$	
<b>Angle d'hélice</b>	$12^0$	$12^0$	$12^0$	$12^0$
<b>Angle de pression normale</b>	$20^0$	$20^0$	$20^0$	$20^0$

Tableau 9. Caractéristiques géométrique des engrenages hélicoïdaux

**4.2. Calcul les forces appliquées sur la 2<sup>ème</sup> roue : (forces appliquées par un seul satellite)**

❖ La force normale

$$F_{n4} = \frac{2M_{t4}}{d_4 \cdot \cos \beta \cdot \cos \alpha_n} \times \frac{1}{2} = \frac{72839,25}{0,73 \cdot \cos 12 \cdot \cos 20} = 108,55 \text{ kN} \text{ ..... (1)}$$

❖ La force tangentielle :

$$F_{t4} = F_{n4} \cdot \cos \alpha \cos \beta = 108,55 \cdot \cos 20^\circ \cdot \cos 12^\circ = 99,77 \text{ kN} \text{ ..... (1)}$$

❖ La force radiale:

$$F_{r4} = F_{n4} \cdot \sin \alpha = 108,55 \cdot \sin 20^\circ = 37,12 \text{ kN.} \text{ ..... (1)}$$

❖ La force axiale :

$$F_{a4} = F_{n4} \cdot \cos \alpha \sin \beta = 108,55 \times \cos 20 \sin 12 = 21,2 \text{ kN} \text{ ..... (1)}$$

**4.3. Calcul les forces appliquées sur le 2<sup>ème</sup> pignon :**

❖ La force normale

..... (1)

$$F_{n3} = \frac{F_{n4}}{\eta} = \frac{108,55}{0,95} = 114,26 \text{ kN}$$

❖ La force tangentielle :

$$F_{t3} = \frac{F_{t4}}{\eta} = \frac{99770}{0,95} = 105 \text{ kN}$$

❖ La force radiale:

$$F_{r3} = F_{n3} \cdot \sin \alpha = 114,26 \cdot \sin 20^\circ = 39,08 \text{ kN}$$

❖ La force axiale :

$$F_{a3} = F_{n3} \cdot \cos \alpha \sin \beta = 114,26 \times \cos 20 \sin 12 = 23 \text{ kN}$$

#### 4.4. Calcul les forces appliquées sur la 1<sup>er</sup> roue :

$$M_{t3} = \frac{M_{t4}}{\eta \cdot u_2} = \frac{72839,25}{0,95 \cdot 5,24} \cdot \frac{1}{2} = 7,316 \text{ kN}$$

*M<sub>t3</sub> = M<sub>t2</sub> car le 2<sup>ème</sup> pignon et la 1<sup>er</sup> roue sont montés sur le même arbre*

❖ La force normale

$$F_{n2} = \frac{2M_{t2}}{d_2 \cdot \cos \beta \cdot \cos \alpha_n} \times \frac{1}{2} = \frac{7316}{0,328 \cdot \cos 12 \cdot \cos 20} = 24,26 \text{ kN} \quad \dots\dots (2)$$

❖ La force tangentielle

$$F_{t2} = F_{n2} \cdot \cos \alpha \cos \beta = 24,26 \cdot \cos 20^\circ \cdot \cos 12 = 22,30 \text{ kN} \quad \dots\dots (2)$$

❖ La force radiale:

$$F_{r2} = F_{n2} \cdot \sin \alpha = 24,26 \cdot \sin 20^\circ = 8,3 \text{ kN} \quad \dots\dots (2)$$

❖ La force axiale :

$$F_{a2} = F_{n2} \cdot \cos \alpha \sin \beta = 24,26 \times \cos 20 \times \sin 12 = 4,74 \text{ kN} \quad \dots\dots (2)$$

#### 4.5. Calcul les forces appliquées sur le 1<sup>er</sup> pignon :

❖ La force normale

$$F_{n1} = \frac{F_{n2}}{\eta} = \frac{24,26}{0,95} = 25,53 \text{ kN} \quad \dots\dots (2)$$

❖ La force tangentielle :

$$F_{t1} = \frac{F_{t2}}{\eta} = \frac{22,3}{0,95} = 23,47 \text{ kN} \quad \dots\dots (2)$$

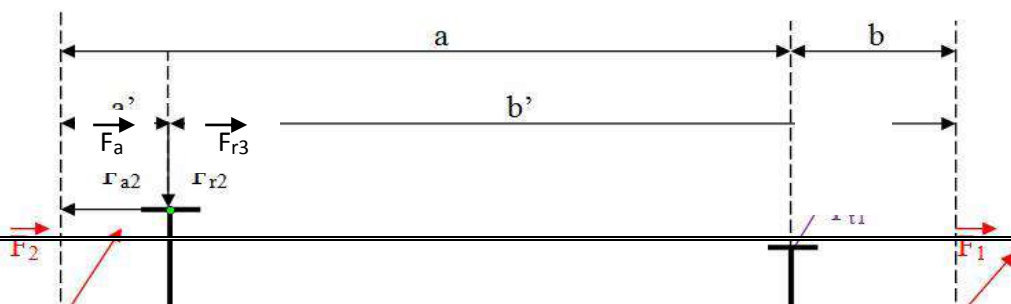
❖ La force radiale:

$$F_{r1} = F_{n1} \cdot \sin \alpha = 25,53 \times \sin 20^\circ = 8,73 \text{ kN} \quad \dots\dots (2)$$

❖ La force axiale :

$$F_{a1} = F_{n1} \cdot \cos \alpha \sin \beta = 25,53 \times \cos 20 \times \sin 12 = 5 \text{ kN} \quad \dots\dots (2)$$

#### ➤ Les charges appliquées sur le 1<sup>er</sup> roulement :



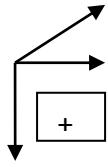


Figure IV-7. La répartition des forces sur l'arbre intermédiaire

- Données

	Diamètre intérieur de roulement	charge dynamique de base C	X	Y	n en rpm
1 <sup>ère</sup> roulement	75 mm	242 kN	1	0	652,5
2 <sup>ème</sup> roulement	80 mm	440 kN	0	2,6	652,5

Tableau 10. Caractéristiques des roulements

Par le principe de  $\sum M = 0$   
 $\sum F = 0$

On trouve que :

❖ La force radiale:

- Due à la force tangentielle :  $F_1 = F_{t2} * \frac{a}{l} - F_{t3} * \frac{a'}{l}$  ..... 3

$$F_1 = 22,30 * \frac{0,138}{0,152} - 105 * \frac{0,07}{0,152} = -28,1 \text{ kN}$$

- Due à la force radiale :

$$S_1 = F_{r2} * \frac{a}{l} - F_{r3} * \frac{a'}{l}$$
 ..... 3

$$S_1 = 8,3 * \frac{0,138}{0,152} - 39,08 * \frac{0,07}{0,152} = -10,46 \text{ kN}$$

- Due à la force axiale :

$$U_1 = F_{a2} * \frac{R_2}{l} - F_{a3} * \frac{R_3}{l}$$
 ..... 3

$$U_1 = 4,74 * \frac{0,168}{0,152} - 22,32 * \frac{0,0697}{0,152} = -5 \text{ kN}$$

❖ La force radiale totale :

$$F_{r \text{ total}} = \sqrt{F_1^2 + (S_1 - U_1)^2}$$
 ..... 3

$$F_{r \text{ total}} = \sqrt{(-28,1)^2 + (-10,46 + 5)^2} = 23,46 \text{ kN}$$

❖ La force axiale totale :

$$F_{a \text{ total}} = F_{a2} - F_{a3}$$
 ..... 3

$$F_{a \text{ total}} = 4,47 - 22,32 = -17,85 \text{ kN}$$

- ❖ La charge dynamique équivalente :

$$P = X * F_{rtot} + Y * F_{atot}$$

$$P = 1 * 23,46 = 23,46 kN$$

- Les charges appliquées sur le 2<sup>ème</sup> roulement :

$$\sum F = 0 \quad \dots \quad \textcircled{3} \quad \text{Par le principe de } \sum M = 0$$

On trouve que :

- ❖ La force radiale:

- Due à la force tangentielle :

$$F_1 = F_{t2} * \frac{b}{l} - F_{t3} * \frac{b'}{l} \quad \dots \quad \textcircled{3}$$

$$F_1 = 22,30 * \frac{0,014}{0,152} - 105 * \frac{0,082}{0,152} = -54,6 \text{ Kn}$$

- Due à la force radiale :

$$S_1 = F_{r2} * \frac{b}{l} - F_{r3} * \frac{b'}{l} \quad \dots \quad \textcircled{3}$$

$$S_1 = 8,3 * \frac{0,014}{0,152} - 39,08 * \frac{0,082}{0,152} = -20,31 \text{ kN}$$

- Due à la force axiale :

$$U_1 = F_{a2} * \frac{R_2}{l} - F_{a3} * \frac{R_3}{l} = U_2 \quad \dots \quad \textcircled{3}$$

$$U_2 = 4,74 * \frac{0,168}{0,152} - 22,32 * \frac{0,0697}{0,152} = -5 \text{ Kn}$$

- ❖ La force radiale totale :

$$F_{r \text{ total}} = \sqrt{F_1^2 + (S_1 + U_1)^2} \quad \dots \quad \textcircled{4}$$

$$F_{r \text{ total}} = \sqrt{(-54,6)^2 + (-20,31 - 5)^2} = 60,18 \text{ kN}$$

- ❖ La force axiale totale :

$$F_{a \text{ total}} = F_{a2} - F_{a3} \quad \dots \quad \textcircled{4}$$

$$F_{a \text{ total}} = 4,47 - 22,32 = -17,58 \text{ kN}$$

- ❖ La charge dynamique équivalente :

$$P = X * F_{rtot} + Y * F_{atot}$$

$$P = 2,6 * 17,58 = 45,7 \text{ kN} \quad \dots \quad \textcircled{4}$$

- Les charges appliquées sur le 3<sup>ème</sup> et le 4<sup>ème</sup> roulements :

Les forces dynamiques additionnelles, vibrations et chocs, due au forage, sur l'arbre principal qui intensifient la charge sur les roulements.

D'habitude ces forces additionnelles ne peuvent pas être calculées ou mesurées avec précision, car leurs effets sont exprimés par les divers facteurs empiriques qui multiplient les

forces radiales et axiales. Pour cela notre calcul est limité par le 1<sup>er</sup> et le 2<sup>ème</sup> roulements en laissant notre mémoire ouvert pour plus d'études.

#### 4.6. Calcul de durée de vie du roulement :

➤ **Durée de vie du 1<sup>er</sup> roulement :**

$$L_{10h} = \left(\frac{C}{P}\right)^{3,33} * \frac{10^6}{60 * n}$$

$$L_{10h} = \left(\frac{242}{23,46}\right)^{3,33} * \frac{10^6}{60 * (125 * 5,24)} = 60328,2 h$$

$L_{10h} \in Ln$  , Donc la condition est vérifiée

➤ **Durée de vie du 2<sup>ème</sup> roulement :**

$$L_{10h} = \left(\frac{C}{P}\right)^{3,33} * \frac{10^6}{60 * n} \quad \dots \quad \textcircled{4}$$

$$L_{10h} = \left(\frac{440}{45,7}\right)^{3,33} * \frac{10^6}{60 * (125 * 5,24)} = 47950 h$$

$L_{10h} \in Ln$  , Donc la condition est vérifiée

#### 4.7. Durée de vie d'un ensemble des roulements 1 et 2 :

$$L_{E10} = \left(\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{L_{i10}}\right)^{\frac{3}{2}}\right)^{-\frac{2}{3}} \quad \dots \quad \textcircled{4}$$

$$L_{E10} = \left(\left(\frac{1}{60328,2}\right)^{\frac{3}{2}} + \left(\frac{1}{47950}\right)^{\frac{3}{2}}\right)^{-\frac{2}{3}} = 33550,16 h$$

$L_{E10} \in Ln$  , Donc la condition est vérifiée.

#### 5. Conclusion :

Le système de guidage par des roulements cylindriques du TOP DRIVE VARCO TDS11 a prouvé son efficacité d'après le calcul de vérification principalement par sa durée de vie qui atteint à la limite supérieure de la durée de vie usuelle, et c'est ce qui est convenable avec l'ampleur et l'importance du TOP DRIVE.

**Conclusion :**

Le Top drive se caractérise par sa rapidité de l'exécution des opérations de forage par rapport au système conventionnel ce qui réduit le temps de forage et qui vaut un gain d'argent

Son coût élevé et son encombrement nous exigent de suivre les recommandations de constructeurs et appliquer des plans de maintenance adéquats, pour qu'il soit rentable et d'assurer son bon fonctionnement

Maintenance et performances sont étroitement liées. Leur principal lien réside dans le fait que les procédures de maintenance viennent alimenter la performance.

Le système de guidage par roulement de la première partie du TOP DRIVE a prouvé son efficacité d'après nos calculs de vérification.

Notre mémoire reste ouvert pour d'autre ampleur.

Recommandation :

- Une étude de fiabilité d'un ou plusieurs parties du TOP DRIVE peut être effectuée en disposant l'historique des interventions de maintenance du système en question.
- Etude économique du TOP DRIVE en le comparant avec le système classique.

# SOMMAIRE

<b>REMERCIEMENT</b> .....	
<b>DEDICACE</b> .....	
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	
<b>INTRODUCTION</b> .....	01
<b>CHAPITRE I : DESCRIPTION DE L'APPAREIL DE FORAGE</b>	
I.1.Les Activités de l'ENTP .....	02
I.2. Description de l'appareil de forage.....	03
I.2-1. Classification des appareils de forage .....	03
I.2-2.Fonction d'un appareil de forage .....	03
I.2-3.Equipements de l'appareil NATIONAL OIL WELL VARCO.....	04
I.3. Principe de fonctionnement de l'appareil de forage.....	12
I.4. Le Top drive.....	13
<b>CHAPITRE II : LE TOP DRIVE VARCO TDS11</b>	
II-1.Historique.....	14
II-2.Généralités.....	14
II-3. Principe de fonctionnement .....	15
II-4.Description du top drive VARCO TDS11 .....	16
II-4-1. Introduction.....	16
II-4-2. Caractéristiques et signification .....	17
II-4-3. Composition du top drive .....	18
<b>CHAPITRE III : LA MAINTENANCE DU TOP DRIVE</b>	
1. Généralités sur la maintenance .....	35
1-1 Introduction .....	35
1-2 Signification et définition de la maintenance .....	35
1-3 Les formes de maintenance .....	35
1-4 Les opérations de maintenance.....	36
2. Pratique des formes de maintenance sur un chantier de forage .....	36
2-1 La maintenance systématique .....	36
2-2 La maintenance conditionnelle .....	36
3. La maintenance appliquée au top drive VARCO TDS11 SA .....	37
3-1 La méthode « SCHENCK » .....	37
3-2 La maintenance préventive systématique du top drive .....	41
3-3. La maintenance préventive conditionnelle.....	50



<b>CHAPITRE IV : CALCULS DE VERIFICATION</b>	
1. Description du mécanisme d'engrenage .....	51
2. Schéma cinématique du mécanisme d'engrenage .....	52
3. Caractéristiques des engrenages cylindriques à denture hélicoïdal .....	52
4. Calcul des roulements .....	53
4.1. Détermination des coefficients X et Y .....	54
4.2. Calcul les forces appliquées sur la 2ème roue .....	57
4.3. Calcul les forces appliquées sur le 2ème pignon .....	57
4.4. Calcul les forces appliquées sur la 1ér roue .....	57
4.5. Calcul les forces appliquées sur le 1ér pignon .....	58
4.6. Calcule de durée de vie du roulement .....	60
4.7. Durée de vie d'un ensemble des roulements 1 et 2 .....	61
5. Conclusion .....	61
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>62</b>
<b>ANNEXE .....</b>	<b>63</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>64</b>

## Résumé :

Le développement du derrick a commencé par le remplacement de système classique par un nouveau système appelé TOP DRIVE, ce système qui combine plusieurs parties de système conventionnel en un seul organe afin de rendre le forage plus rentable. Pour cela la préoccupation principale des entreprises vise à mettre un plan de maintenance adéquate.

Dans notre mémoire on a choisi la méthode de schenck pour définir la politique de maintenance à suivre, qui est basée sur des critères de qualifications pour déterminer la classe de maintenance. Les deux critères principaux de la méthode de Schenck sont :

- Critères influant sur les risques de panne (RP)
- Critères influant sur les conséquences de panne (CP)

Le produit de ces deux critères nous donne la plage de la classe de maintenance.

Après les calculs, la classe de maintenance CM=9, donc d'après le tableau de Schenck, c'est une maintenance préventive conditionnelle très importante.

La deuxième partie du mémoire est basé sur le calcul de la longévité des roulements du réducteur de vitesse par la relation suivante :

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p [\text{min}^{-1}] \quad L_{10h} = \left(\frac{C}{P}\right)^p \cdot \frac{10^6}{60n} [h]$$

Pour déterminer la charge dynamique équivalente des roulements (P), on doit calculer toutes les forces des engrenages a dentures hélicoïdales qui influent sur les roulements.




Après les calculs on a trouvé :

-1<sup>er</sup> Roulement :  $L_{10}=60328,2$  heures donc  $L_{10} \in L_n$

-2<sup>ème</sup> Roulement :  $L_{10}=47950$  heures donc  $L_{10} \in L_n$

On conclut que le système de guidage du réducteur a prouvé son efficacité et nous a permis d'exclure le système de guidage comme cause des pannes récurrentes du réducteur.

## Bibliographie

-  **[1]** : Manuelle opératoire de TOP DRIVE VARCO (ENTP)
  
-  **[2]** : MEMENTO DE TECHNOLOGIE  
« ROBERT BOSCH GmbH, 1988 Polstfach 10 60 50, D-7000 Stuttgart 10 »  
Division Equipement Mécanique  
Dépt. Information Technique  
«Delta Presse France »
  
-  **[3]** : [WWW.edesignlab.fr/maintenanace des équipements/](http://WWW.edesignlab.fr/maintenanace%20des%20équipements/) (04/02/2017 à 10h00)
  
-  **[4]** : [www.zpag.net/Tecnologies\\_Indistrielles/types de maintenance/](http://www.zpag.net/Tecnologies_Indistrielles/types%20de%20maintenance/) (04/02/2017 à 11h00)