

II.1.Historique

Le développement des Machines des MATS DE FORAGE 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 était 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.1.1. Définition:

Le top drive est un organe récemment introduit aux chantiers, plus précisément aux appareils de forage pour remplacer :

- Le crochet
- La tête d'injection
- La table de rotation
- la tige carrée
- Le carré d'entraînement
- Les cabestans et les clés

C'est un équipement de rotation, maintenu au mât à l'aide d'un rail et d'un moufle mobile. Elle fait tourner la garniture de forage (train de tiges et outil de forage) par l'extrémité de son arbre principale. [1]

CHAPITRE II : DISCREPTION DE TOP DRIVE VARCO TDS-11SA

II.1.2. Le développement des systèmes de forage de Top Drive VARCO :

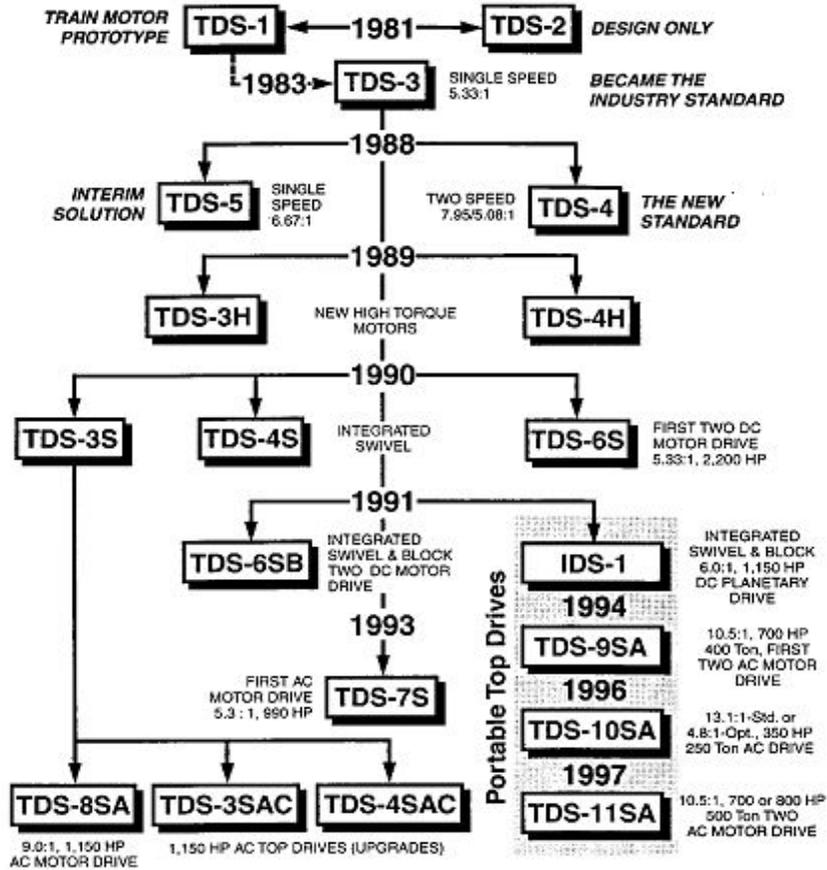


Figure II-1 : Développement de TDS VARCO [3]

➤ Comparaison des Top Drive portables et ces spécifications :

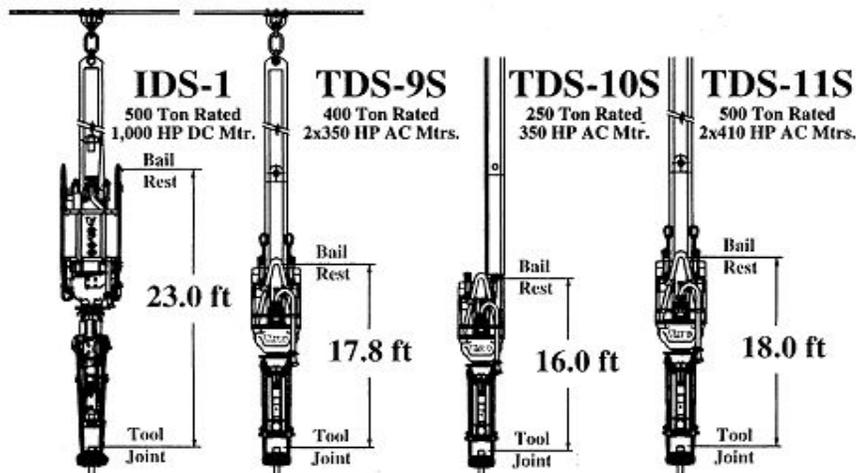


Figure II-2 : Comparaison entre les TDS portables [3]

CHAPITRE II : DISCREPTION DE TOP DRIVE VARCO TDS-11SA

Voila une comparaison des spécifications entre les TDS VARCO : [3]

	IDS-1 (DC SHUNT)	TDS-9S (AC)	TDS-10S (AC)	TDS-11S (AC)
Working Height-Ft	23.0	17.8	16.0	18.0
Weight-Lbs.	30,700	24,000	18,000	28,000
Cont. Torque. Ft-Lbs.	34,900 @155 RPM	32,500 @114 RPM	20,000 @89 RPM	38,000 @114 RPM
Horse Pwr.	1,000	700	350	800
Rated Ton.	500	400	250	500

II.2. 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 connexions.
- Circulation de la boue.
- Manipulation des tiges en utilisant les bras.
- Blocage de la garniture de forage .etc...

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

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

A. Les avantages:

- Diminuer le temps de forage (de 25%) puisque on ne manipule pas la tige carrée de plus le forage se fait par triple.
- 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

CHAPITRE II : DISCREPTION DE TOP DRIVE VARCO TDS-11SA

puits : IBOP (integrate BOP) et la fermer à distance pour arrêter le gaz provenant de la garniture de forage au moins de 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.

B. Les 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. [1]

II.3.Principe de fonctionnement:

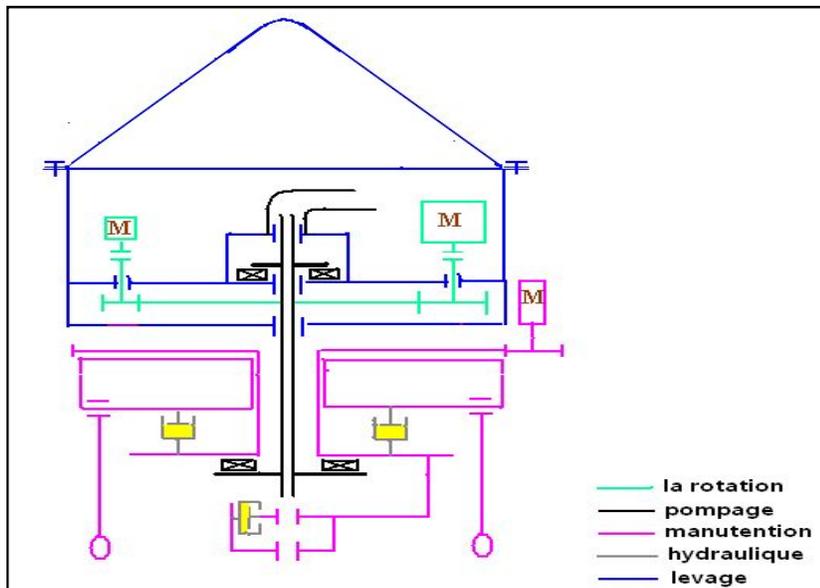


Figure II-3: Principe de fonctionnement. [1]

CHAPITRE II : DISCREPTION DE TOP DRIVE VARCO TDS-11SA

➤ **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**, chariot se déplace verticalement sur la rail de guidage.

➤ **La fonction manutention :**

Le **Top drive** possède un mécanisme de manutention des tiges qui comprend UWCV (Upper Well Control Valve), une LWCV (Lower Well 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 par les passerelles d'accrochage. [1]

II.4.Description du top drive VARCO TDS-11 SA :

II.4.1. Introduction :

Varco International, est fier de sa part dans l'avancement technologique du forage. En 1982 ils ont introduit le système de forage du premier entraînement du sommet de l'industrie. En remplaçant la table de rotation et la tige carrée traditionnels par un système avancé qui tourne le trépan et forer avec une longueur 27 m. Varco était en mesure de réduire le temps de forage jusqu'à de 25% tout en augmentant la capacité et le rendement généraux du fonctionnement forage.

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.

Comme résultat, les systèmes de forage d'entraînement par le sommet de Varco sont maintenant devenus la nouvelle norme de rendement pour l'industrie forage. [1]

CHAPITRE II : DISCREPTION DE TOP DRIVE VARCO TDS-11SA

II.4.2. Caractéristiques du TDS-11SA :

composante	Organe	description
L'entraînement supérieur	Poids Hauteur d'empilement Puissances requises Horsepower Couple de sortie (continu) Vitesse maximale capacité de levage Circuit de chargement	27,000 lb 18 ft 700 kVA ou 575-600 VAC, à 50/60Hz 800 hp 55,000 ft lb (800 hp) 228 rpm 500 ton Unique
tige de forage	Dimensions	3-1/2 in. to 5 in. (4 in. to 6-5/8 in. OD tool joint)
élévateur	Type	PH-50 (55,000 ft lb de couple)
moteur de forage	Type	Reliance AC-575 VAC (2 x 400 hp)
Variateur de fréquence	Type	IDM Yaskowa Drive (800 hp, 575 VAC) ou Siemens (800 hp, 600 VAC)
Frein du moteur	Type	Freins à disque hydrauliques
Système de refroidissement de moteur	Type Puissance vitesse	Ventilateur local de pression d'admission 2X5 HP Moteur à C A 3,600 rpm
Carter d'engrenage	Type Rapport de démultiplication	Vitesse unique, système de doubler trains de réduction à dentures hélicoïdales 10.5:1 (4.38:1 optionnel)
Carter de lubrification	Type Capacité du réservoir Type de l'huile	Alimentation à pression 15 gal EP Grade
Système hydraulique	Puissance Flux Capacité du réservoir Type de l'huile	10 hp, moteur à C A (1) 6 gpm, (1) 4 gpm 25 gal La 32
Chambre électrique	Dimension Type Poids Condition d'entrée	125.4 in. x 84.0 in., 91.2 in. hauteur Siemens (IDM) 9,500 lb 600 VAC(50/60 Hz), or 750 VDC, or 690 VDC(50/60 Hz)

Tableau II-1 : Caractéristiques de TDS-11SA [1]

CHAPITRE II : DISCREPTION DE TOP DRIVE VARCO TDS-11SA

II.4.3. Les composants de TDS-11SA :

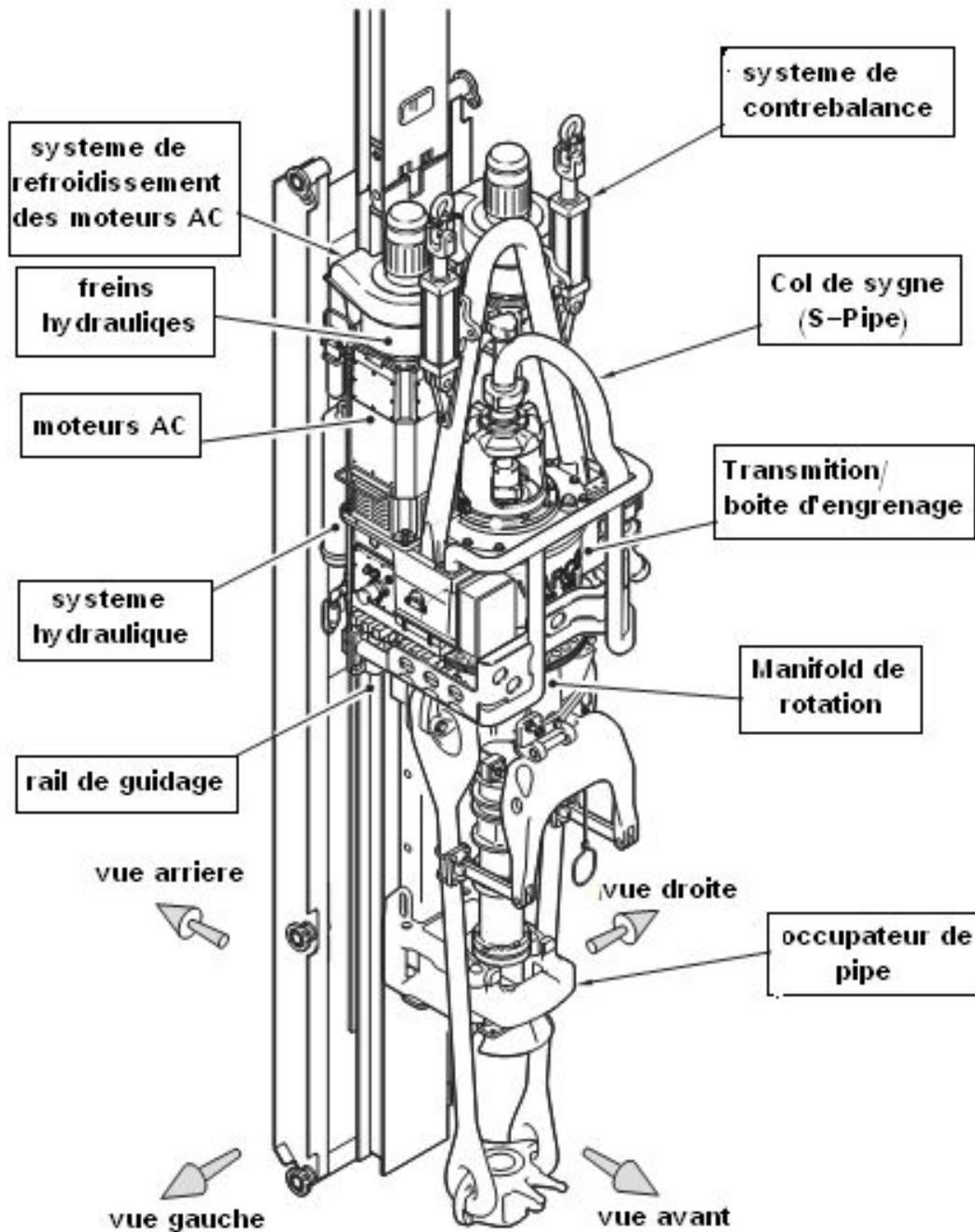


Figure II-4 : L'ensemble d'unité de TDS-11SA [4]

CHAPITRE II : DISCREPTION DE TOP DRIVE VARCO TDS-11SA

Alors l'ensemble de TDS-11SA consiste de deux grands blocs :

A. Le bloc supérieur :

Il englobe les fonctions : la rotation, pompage, levage (remontée et descente).

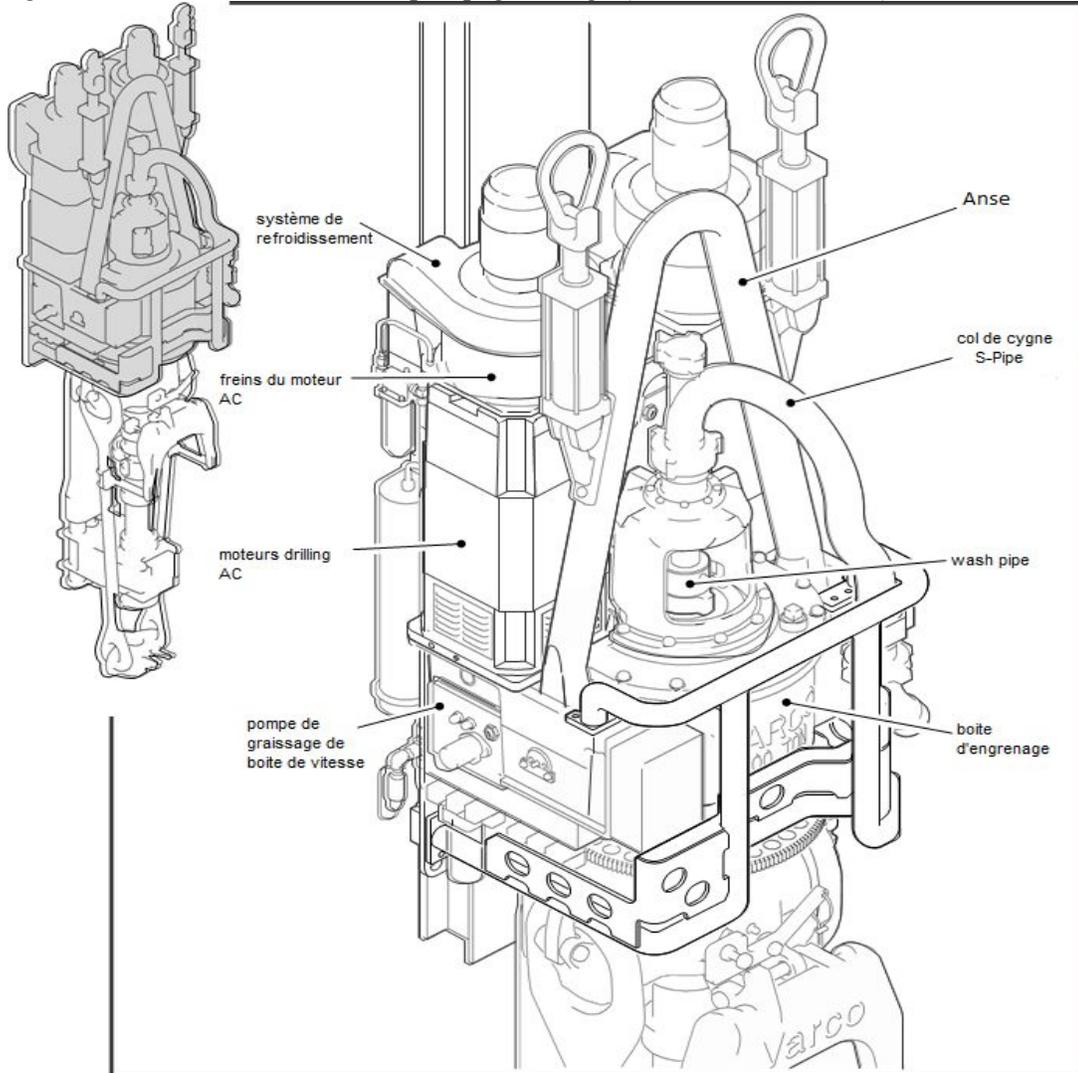


Figure II-5 : les composants de bloc supérieur du TDS-11SA [1]

a) L'anse :

Elle suspend l'ensemble du Top Drive au crochet du moufle mobile (Figure II-5).

b) Le système de contrebalance :

Qui évite le déséquilibre du Top Drive (Figure II-5).

c) Col de cygne (S-Pipe) :

C'est la connexion de la canalisation de la boue avec le Top Drive (Figure II-5)

d) Wash pipe et le bonnet :

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

CHAPITRE II : DISCREPTION DE TOP DRIVE VARCO TDS-11SA

e) Les moteurs drilling AC :

VARCO a intégré dans le top drive TDS-11SA deux moteurs électriques asynchrone de type reliance AC-575 VAC de puissance 400 HP pour chacun avec un système de refroidissement en air et un système de freinage à disque, ils sont constitués 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 de 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. [1]

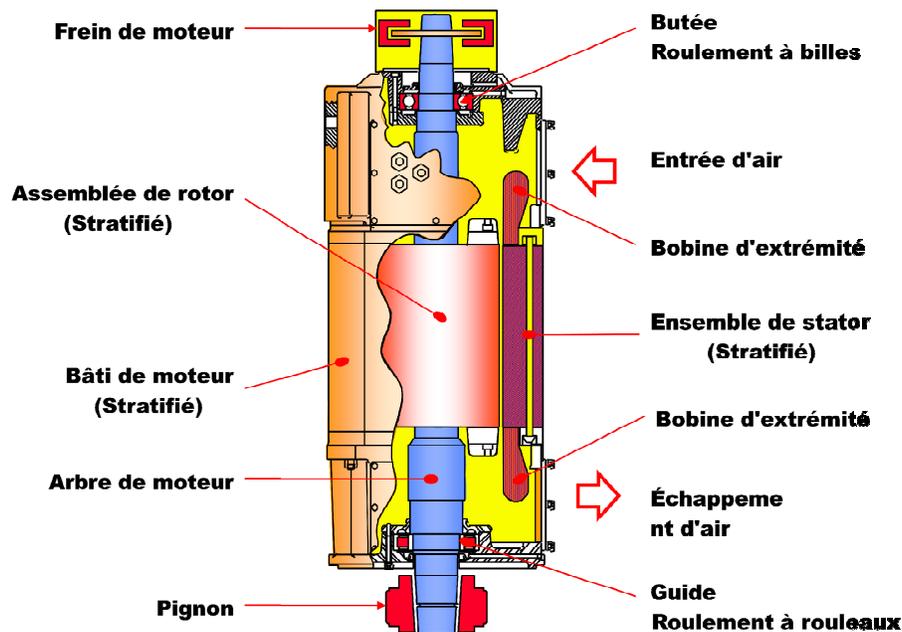


Figure II-6: Moteur électrique Reliance AC-575 VAC 400 HP [1]

➤ Caractéristiques mécaniques :

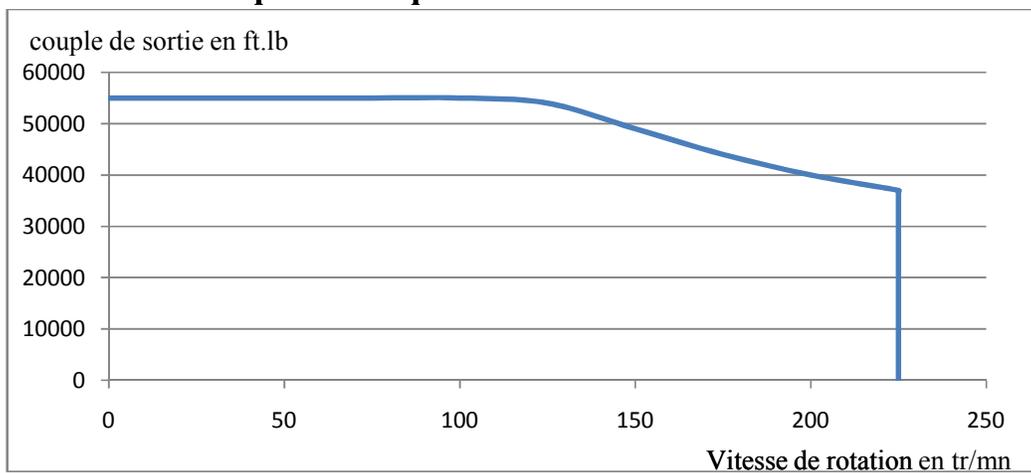


Figure II-7: le couple de sortie en fonction de la vitesse [1]

CHAPITRE II : DISCREPTION DE TOP DRIVE VARCO TDS-11SA

1) Avantage :

- ❖ Le premier bénéfice du top drive équipé d'un moteur asynchrone est son facteur de puissance élevé.
- ❖ Les moteurs asynchrones ont aussi une grande gamme de vitesse par rapport à ceux à courant continu, ils peuvent fonctionner même à un régime où la vitesse atteint 200% de la vitesse nominale.
- ❖ Les caractéristiques de puissance d'un moteur asynchrone sont très supérieures à celles d'un moteur à courant continu. Ces derniers peuvent maintenir la puissance maximale pour une seule vitesse seulement, tandis que les moteurs à induction maintiennent la puissance nominale, de la vitesse nominale jusqu'à 150% de cette vitesse.
- ❖ 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 (terres) 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.

2) 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.
- ❖ 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. [1]

f) Système de freinage :

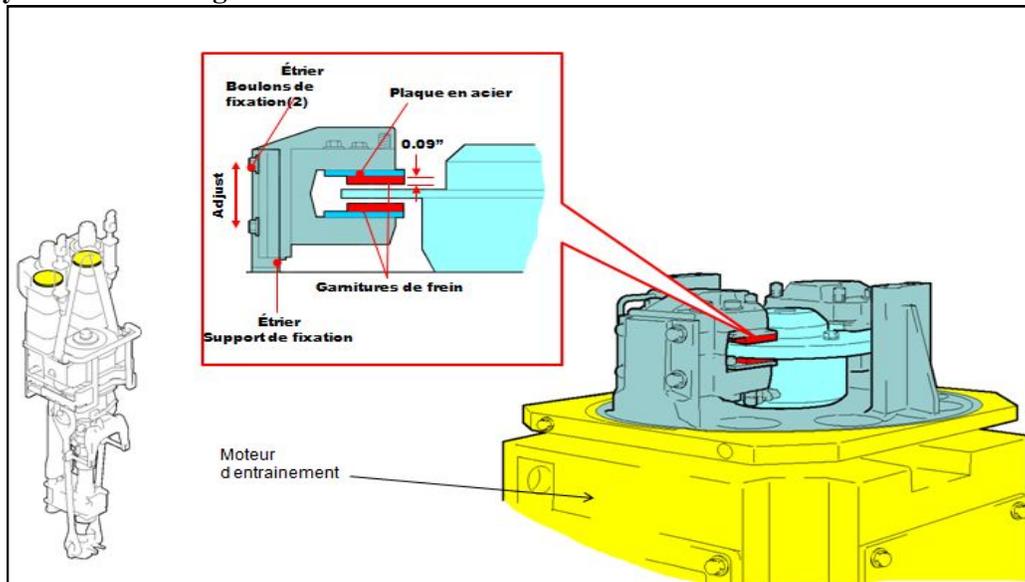


Figure II-8 : dispositif de freinage. [1]

CHAPITRE II : DISCREPTION DE TOP DRIVE VARCO TDS-11SA

g) Système de refroidissement :

Il compose de deux moteurs AC de 5 HP équipé de deux ventilateurs assurent le refroidissement.

- Les moteurs électriques d'entraînement
- Les disques du frein
- L'échangeur de chaleur de l'huile de lubrification [1]

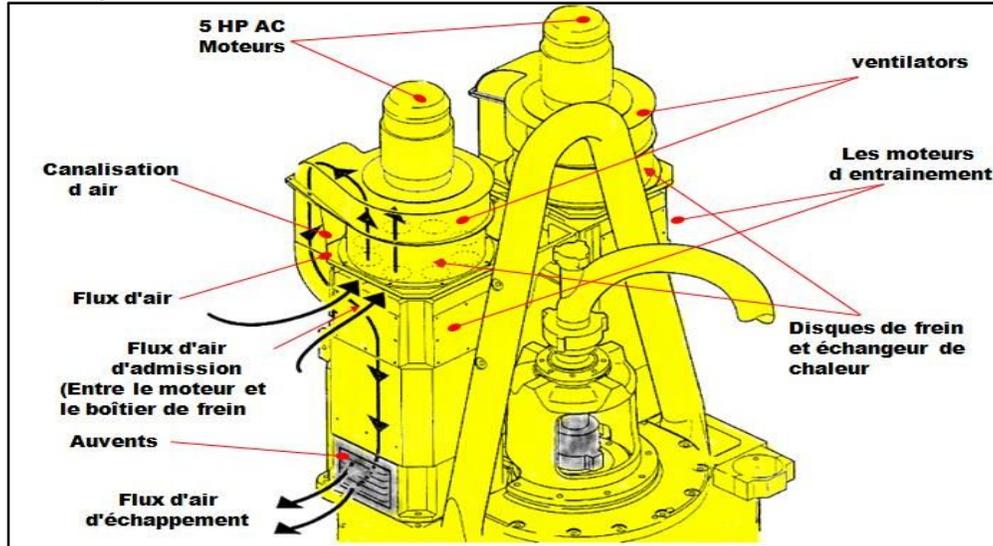


Figure II-9 : système de refroidissement. [1]

h) Boîte d'engrenage :

La transmission de mouvement est assurée par :

- Un pignon cylindrique à dentures hélicoïdales extérieures monté sur l'arbre de moteur d'entraînement par un moyeu, contient 40 dentures.
- Deux pignons intermédiaires de dents
- Roue dentée : de 178 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 à rouleaux cylindriques pour le pivot de rotation de l'arbre principal et deux roulements à rouleaux cylindriques pour le pivot de rotation de l'arbre des pignons intermédiaires
- ❖ Roulement de charge : un seul roulement à rouleau conique qui supporte la charge de l'ensemble.

➤ Pompe de lubrification de boîte de vitesse:

Qui assure la lubrification de la roue dentée et les pignons d'un côté, et le refroidissement de l'huile à l'aide d'un échangeur de chaleur d'un autre côté. [1]

Les éléments cités au dessus sont regroupés dans la figure suivante

CHAPITRE II : DISCREPTION DE TOP DRIVE VARCO TDS-11SA

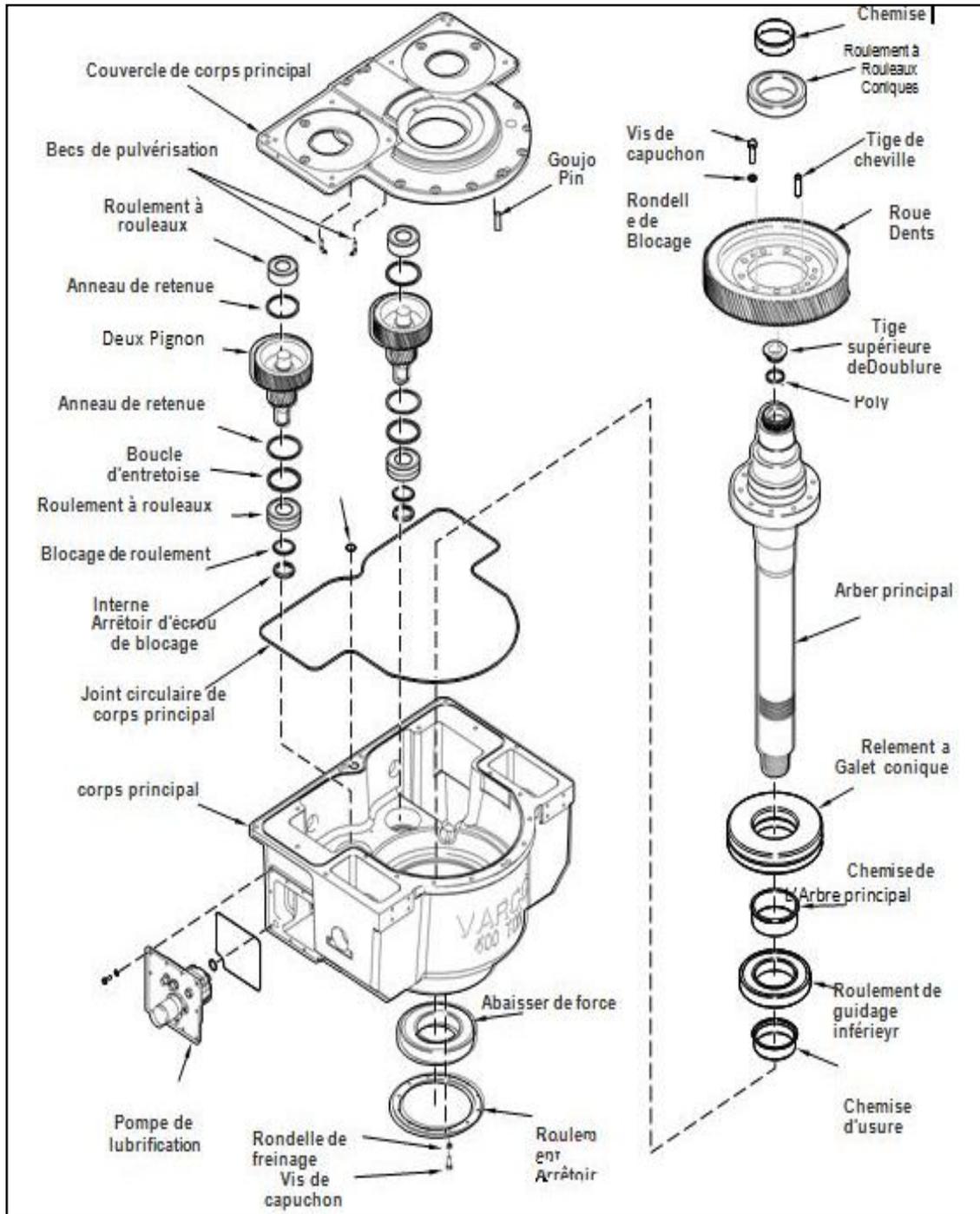


Figure II-10: boîte de vitesse [1]

B. Le bloc inférieur :

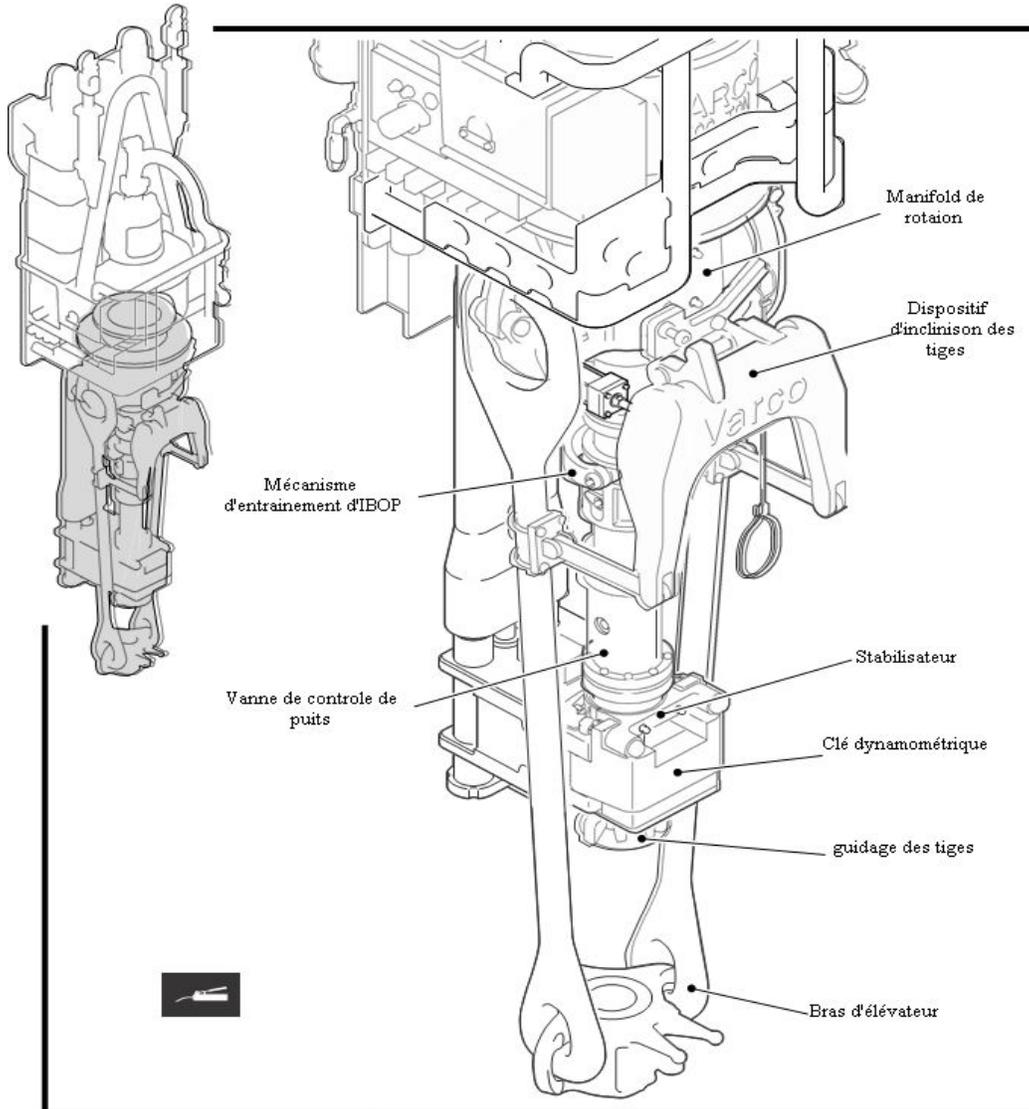


Figure II-11 : Les composants de bloc inférieur du TDS-11SA [1]

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 du 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.

1. La partie fixe :

Elle se compose de :

- Plaque cylindrique fixe au corps principal à l'aide de 12 boulons
- Chemise intérieure: fixée 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

2. La partie tournante :

Manipulateur : plaque cylindrique contient à sa surface des 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'élévateur. L'élévateur doit être installé avec les poignées du côté opposé aux vérins du dispositif d'inclinaison des bras. [1]

b) 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 d'IBOP. [1]

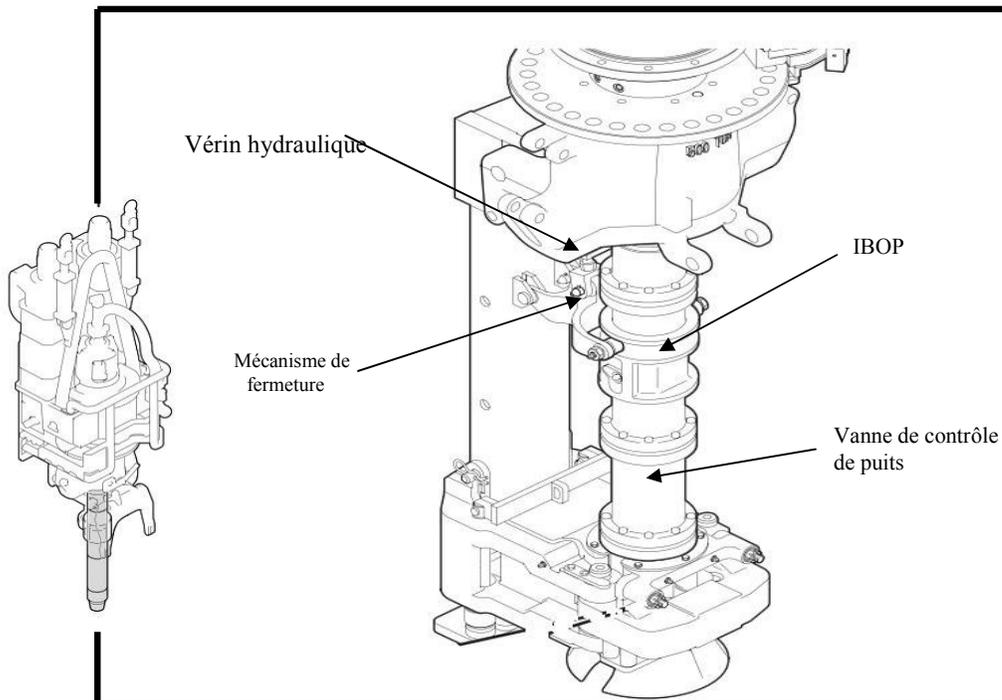


Figure II-12: Les vannes de contrôle de puits [1]

c) La clé dynamométrique :

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 poignes est monté sur le pied de fixation à l'aide d'un axe [1]

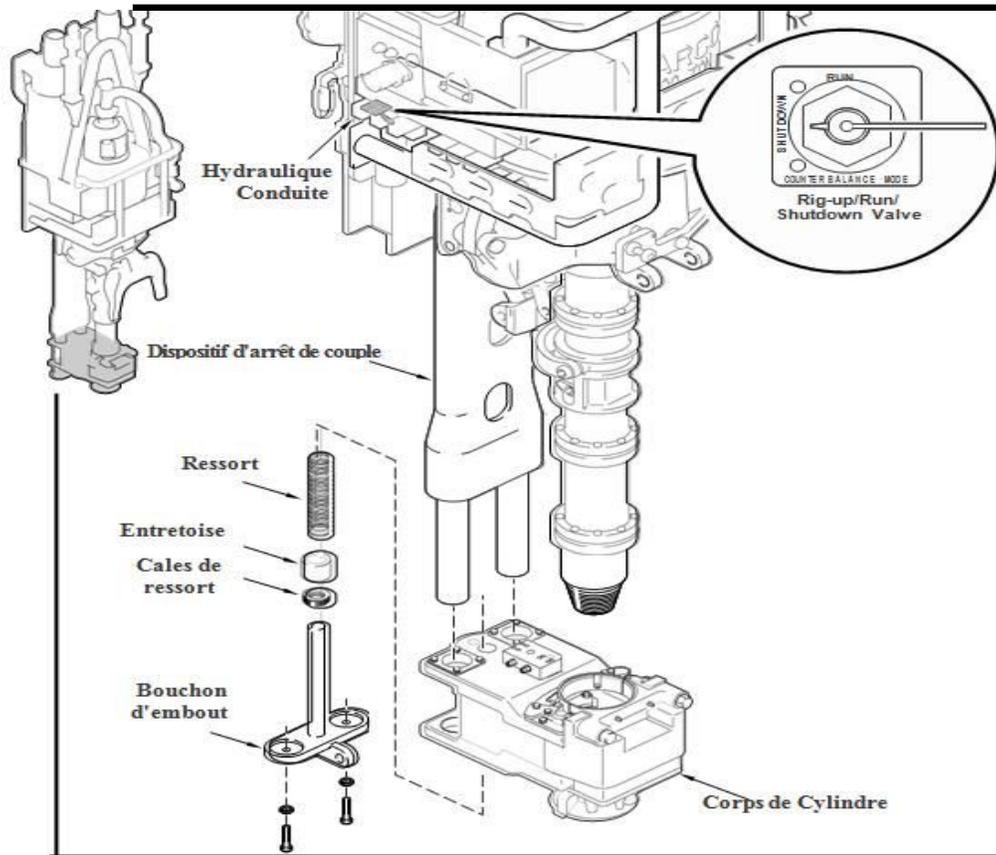


Figure II-13 : La clé dynamométrique [1]

d) Le système hydraulique :

Le système hydraulique est un système complet indépendant et à bord. Un moteur à courant alternatif de 10 HP, 1800 t/mn entraîne deux pompes hydrauliques qui alimentent le circuit hydraulique, une pour le système 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. [1]

CHAPITRE II : DISCREPTION DE TOP DRIVE VARCO TDS-11SA

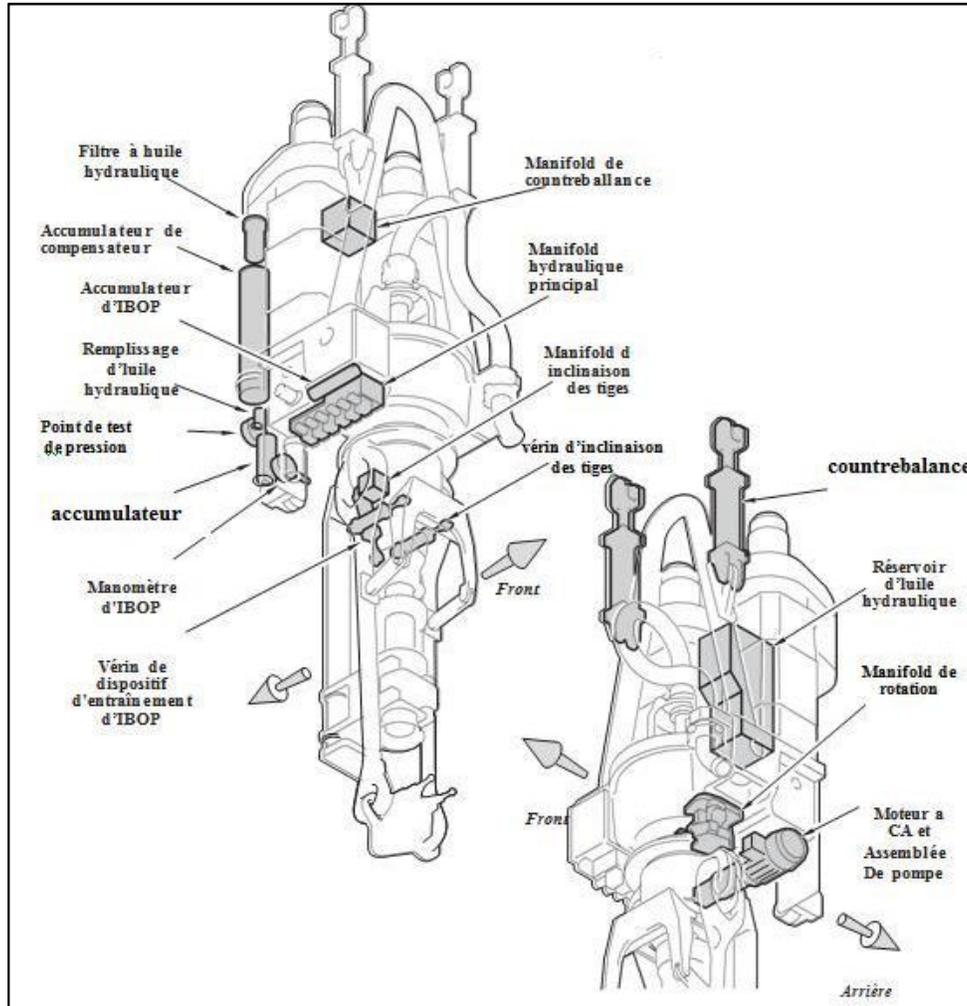


Figure II-14 : système hydraulique [1]

II.5. Quelque calcul de vérification concernant la boîte d'engrenage :

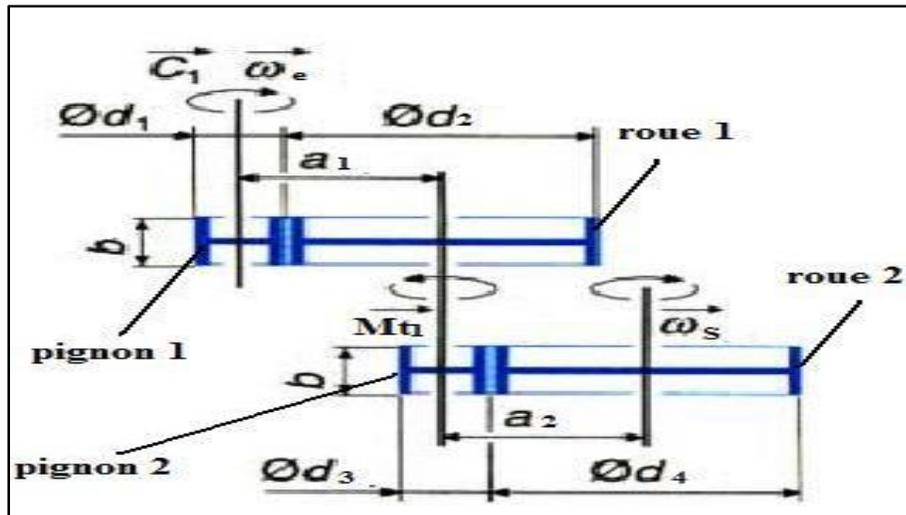


Figure II-15 : schéma cinématique du mécanisme d'engrenage [1]

CHAPITRE II : DISCREPTION DE TOP DRIVE VARCO TDS-11SA

❖ Calcul des roulements :

➤ Durée de vie du roulement :

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:

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

- C : Capacité de charge dynamique de base du roulement [N, lb]
- P : Charge dynamique équivalente du roulement [N, lb]
- 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 machine qui travaillent plus que 18 h/24h la durée de vie des roulements est normalisée :

$$40000 \text{ h} < L_n < 60000 \text{ h}$$

➤ La capacité de charge dynamique de base du roulement :

C'est défini 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 du roulement :

C'est défini 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:

$$P = X * F_{r \text{ tot}} + Y * F_{a \text{ tot}} \quad \dots\dots\dots \text{Équ 2}$$

- F_r : Composante radiale de la charge réelle [N, lb]
- F_a : Composante axiale de la charge réelle [N, lb]
- X : coefficient de la charge dynamique radiale
- Y : coefficient de la charge dynamique axiale

➤ 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

de la façon suivante :

$$L_{E 10} = \left(\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{L_{i 10}} \right)^2 \right)^{-\frac{2}{3}} \quad \dots\dots\dots \text{Equ 3 [1]}$$

CHAPITRE II : DISCREPTION DE TOP DRIVE VARCO TDS-11SA

II.6. Dimensionnement et emplacement :

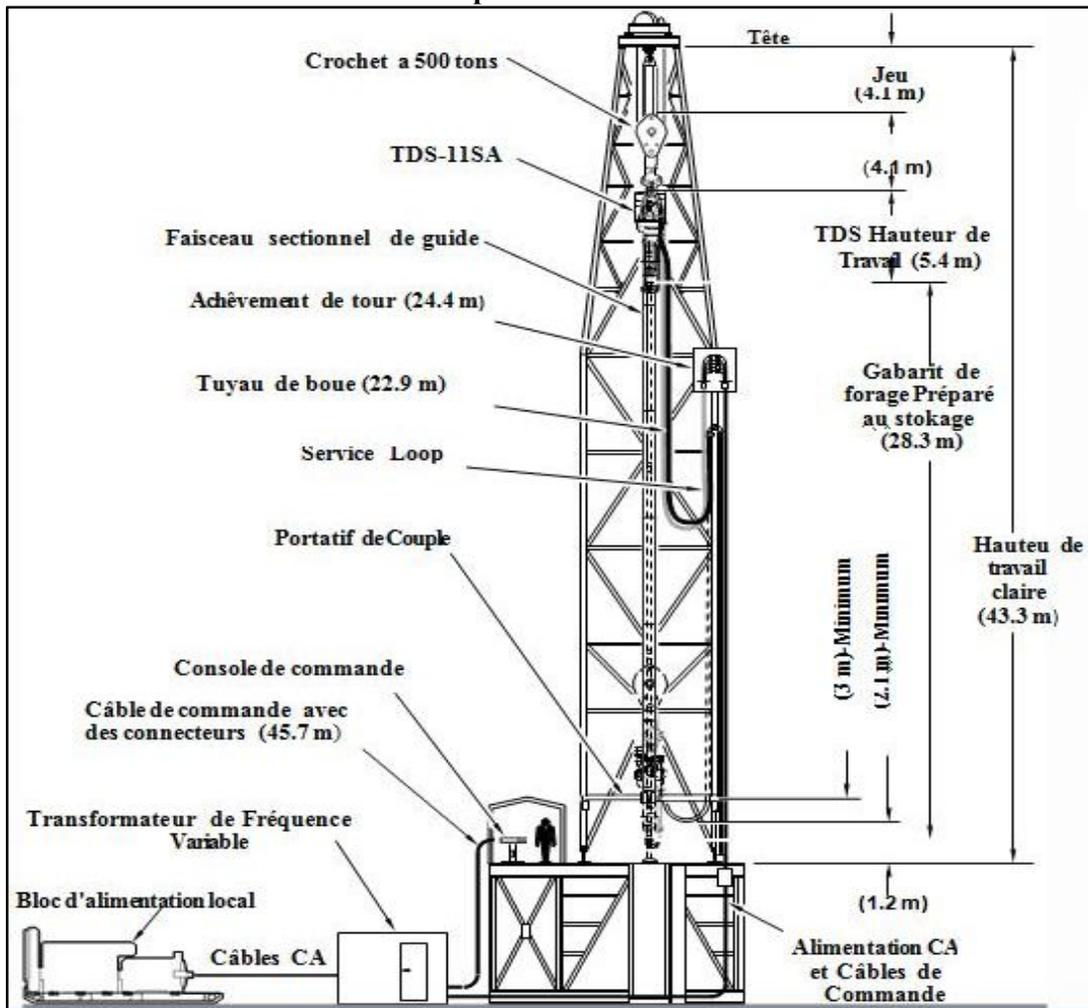


Figure II-16 : dimensionnement et emplacement du TDS-11SA. [1]

II.7. Conclusion :

Le Top Drive est un équipement récent sur les chantiers de forage, est un équipement de rotation qui a évité des inconvénients d'ancien système en remplaçant la tête d'injection, la tige carrée et la table de rotation.

Avec les nouvelles caractéristiques de ce modèle VARCO, nous avons éliminé les problèmes de l'ancien modèle CANRIG, surtout ce qui concerne la partie hydraulique.