

REPUBLICQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

*Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj*

*Faculté des Sciences et de la technologie*

*Département génie mécanique*

## ***Mémoire***

*Présenté pour obtenir*

**LE DIPLOME DE MASTER**

**Filière : Génie mécanique**

**Spécialité : Génie de matériaux**

Par

➤ **BENKACEM Fawzi**

➤ **ZERRAR Ali**

➤ *Intitulé*

**Contrôle non destructif du tubage récupéré d'un puits pétrolier à  
Hassi Messaoud : étude et recommandation.**

***Soutenu publiquement, le 29/06/2024 , devant le jury composé de :***

Dr. SLIMANI Wahiba	MCA	<b>Univ-BBA</b>	Encadrant
Dr. KHALDI Abdelghani	MCA	<b>Univ-BBA</b>	Président
Dr. BAALI Mohamed	MCA	<b>Univ-BBA</b>	Examineur
Dr. CHIKH Nouredine	MCA	<b>Univ-BBA</b>	Examineur

***Année Universitaire 2023/2024***

---

# Dédicaces

*Avec profonde gratitude et chaleureux mots Nous dédions ce modeste travail de fin d'étude : A nos chers parents qui n'ont jamais cessé de prier pour nous de nous soutenir pour que nous puissions atteindre nos objectifs. A nos frères pour leur aide et soutien dans les moments difficiles. A nos familles. A nos chers collègues et amis.*

*Ali et Fawzi*

---

# Remerciements

*Tout d'abord, Nous voudrions remercier notre Dieu de nous avoir donné la volonté et le courage d'accomplir ce mémoire. Nous tenons à exprimer nos sincères gratitudees à notre encadreur de mémoire, Dr : SLIMANI Wahiba pour ses précieux conseils.*

\*\*\*\*\*

*Nos grandes reconnaissances vont aussi à : Mr Ouadi Tahar superviseur data ingénieur, à Mr Siridi Nacre ingénieur data contrôle, à Mr Dowara Mohamed Chef Cabine Géologie pour l'aide technique et à Mr Bendada Hichem pour l'aide en matériel et à toute l'équipe de la base SONATRACH 24 février de Hassi Messaoud.*

\*\*\*\*\*

*NOS remerciements vont aussi à toute l'équipe du chantier ENTIP RIG 202 pour avoir nous accueillir dans un environnement de travail stimulant, tout en étant agréable et bénéfique...*

---

# Liste des figures

<b>Figure-1</b> : Classification des appareils de forage.....	05
<b>Figure 2.</b> La structure de la tour de forage.....	06
<b>Figure 3.</b> Groupe électrogène.....	07
<b>Figure 4.</b> Centres appelés SCR.....	07
<b>Figure 5</b> Le système de levage.....	08
<b>Figure 6.</b> le mât de forage .....	09
<b>Figure 7.</b> Le mât repose sur une substructure.....	10
<b>Figure 8.</b> Système de mouflage.....	11
<b>Figure 9.</b> Le moufle fixe.....	11
<b>Figure 10.</b> Le moufle mobile et croche.....	12
<b>Figure 11.</b> Le treuil [Draw works.....	12
<b>Figure 12.</b> Câble de forage.....	13
<b>Figure 13.</b> Schéma de circulation de la boue sur le site de forage.....	14
<b>Figure 14.</b> Pompes à boue.....	14
<b>Figure 15.</b> La table de rotation.....	15
<b>Figure 16.</b> Top drive .....	15
<b>Figure 17.</b> Tête d'injection.....	16
<b>Figure 18.</b> Le B.O.P.....	17
<b>Figure 19.</b> L'installation de garniture de forage.....	18
<b>Figure 20.</b> Les Outils de Forage.....	18
<b>Figure 21.</b> Tige de forage .....	19
<b>Figure 22.</b> Les masse-tiges.....	19
<b>Figure 23.</b> Tiges et stabilisateur .....	20
<b>Figure 24.</b> Description des équipements de surface .....,.....	20
<b>Figure 25.</b> Tubage stocké sur les racks .....	23
<b>Figure 26.</b> Schéma de puits avec le tubage.....	25
<b>Figure 27.</b> Schéma de tubage cimenté dans le puits.....	26
<b>Figure 29.</b> matériel de nettoyage.....	33
<b>Figure 28.</b> Rapport de SV sonatrach explique l'incident.....	32

<b>Figure 30.</b> contrôle grade d'acier.....	33
<b>Figure 31.</b> Déplacement de tubage .....	33
<b>Figure 32.</b> Instruments de mesure et de contrôle de filetage.....	34
<b>Figure 33.</b> L'outil de réparations de petit défaut au filetage .....	34
<b>Figure 34.</b> Le calibre de tubage (drift) .....	34
<b>Figure 35.</b> Certificat de conformité de calibre par ENT .....	35
<b>Figure 36.</b> Les tubes sur les rack (le tube reformé en couleur rouge) .....	35
<b>Figure 37.</b> Mesure d'épaisseur de tube par ultrason.....	36

---

# Liste des tableaux

<b>Tableau.1.</b> Classification des appareils de forage.....	05
<b>Tableau.2.</b> Les différentes phases et diamètre de tubage du puits .....	18
<b>Tableau.3</b> Garniture de forage.....	26
<b>Tableau 4.</b> Les problèmes rencontrés dans les puits .....	28
<b>Tableau 5.</b> Les problèmes rencontrés dans les puits .....	29
<b>Tableau 6.</b> Domaine d'ultrasons.....	37

---

# Nomenclature

**HMD** : HASSI MESSAOUD

**CND** : Contrôle Non Destructif

**RHQH5** : nom et la région forée du puits RHOURE NOUSS à HASSI MESSAOUD

**TUBAGE** : tube d'acier utilisé pour soutenir la paroi des puits

**ONSHORE** : forage sur latere

**OFFSHORE** : forage sur la mère

**HP** : Unité de Puissance du moteur dans les appareils forage

**SCR** : salle contrôle, systèmes de contrôle de la puissance électrique

**LA BOUE** : Le fluide de forage

**BOP** : équipement de sécurité pour contrôle la pression (Blow out preventer )

**RIG** : plateforme de forage

**BHA** : nom de garniture

**La Garniture Train De Tiges** : train de tige et outil de forage

**DP** : tige de forage

**DC** : masse tige loure

**RPM** : rotation par minute

**API** : ISO American Petroleum Institute

**LD2** : couche géologique

**TS2** : couche géologique

**L'Horizon B** : couche géologique

**TORQUE** : force de rotation appliquée au train de tige et outil de forage situés au fond du puits

**SIDE TRACK** : changement trajectoire de forage après les coincements

**DOG LEG** : changement brusque de direction du puits ou des changements angulaires dans trajectoire

**ENTP** : Entreprise nationale travaux de puits

**TP202** : numéraux de l'appareille de forage

**7" (29# P110 -N.VAM)** : caractéristique de tubage

**83 joints** : 83 tubages

**DM4** : Appareil à ultrason

---

# Table des matières

**Remerciements**

**Dédicaces**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Nomenclature**

<b>Introduction générale</b> .....	01
<b>Chapitre 1 Généralités sur le forage</b> .....	03
<b>1.Généralités sur le forage</b> .....	03
1.1.Introduction :.....	04
1.2 Définition: .....	04
1.3 Historique : .....	04
<b>1.4 Classification des appareils de forage :</b> .....	05
<b>1.5 Description d'un appareil de forage:</b> .....	05
1.5.1.Système de Puissance (Power System): .....	06
1.5.2.Système de levage:.....	06
1.5.2.1.Mâts de forage: .....	08
1.5.2.2 Substructures.....	09
1.5.2.3 Le mouflage.....	10
1.5.2.4 Le moufle fixe.....	11
1.5.2.5 Le moufle mobile et crochet.....	11
1.5.2.6 Le treuil [Draw works.....	12.
1.5.2.7 Câble de forage.....	13
1.5.3 Système de Circulation (Circulating System):.....	13
1.5.3.1.Fonction de pompage.....	14
1.5.3.2 Le rôle des pompes.....	14
1.5.3.3 Type de pompes à boue.....	14
1.5.4. Système de Rotation.....	15
1.5.4.1. La table de rotation.....	15
1.5.4.2.Top drive.....	15
1.5.4.3 Tête d'injection.....	16



1.5.5 Système des obturateurs (BOP system): .....	16
1.6 La garniture de forage BHA: .....	17
1.6.1 Les outils de forage:.....	18
1.6.2 Tige : Train de tiges (drill strings DP) : .....	19
1.6.3 Les masse-tiges (DC) : .....	19
1.6.4 Les stabilisateurs : .....	20
<b>1.7 Conclusion:</b> .....	21
<b>Chapitre2 Généralité sur le tubage et cimentation</b> .....	22
2.Généralité sur le tubage et cimentation .....	22
2.1. Introduction :.....	23
2.2. Généralité sur les tubage et cimentation : .....	23
2.2.1 L'opération tubage : .....	23
2.2.2 Rôle du tubage :.....	23
2.2.3 Les différentes colonnes de tubage :.....	24
2.2.3.1 Tube guide.....	24
2.2.3.2 Colonne de surface.....	24
2.2.3.3 Colonne technique .....	24
2.2.3.4 Colonne de production .....	24
2.2.3.5 Colonne perdue .....	25
2.2.4 Les différentes dimensions du tubage : .....	25
2.3. La cimentation : .....	26
2.3. 1. Objectifs de la cimentation :.....	27
2.3.2. Les problèmes rencontrés dans les différentes phases : .....	27
a. La phase 26'' : .....	27
b. La phase 16'' : .....	27
c. La phase 12 ¼'' : .....	28
d. La phase 8 ½'' : .....	28
e. La phase 6'' : .....	28
2.4. Analyse des problèmes rencontrés dans puits forés [13] : .....	28
2.4.1 Temps non productif générés par les différents problèmes :.....	29
2.5. Conclusion :.....	29
<b>Chapitre 3: Etude expérimentale des tubages récupérer par la méthode des ultrasons</b> .....,.....	30
3.Etude expérimentale des tubages récupérer parla méthode des ultrasons.....	30
3.1 Incident de coincement de tubage dans le puits RHQH #5 : .....	31

3.1 Préparation de tubage récupérer pour le control CND dans la base 24/02 Hassi Messaoud :.....	32
3.1.1 Nettoyage et contrôle du grade des tubage .....	33
3.1.2 Marquage : .....	33
3.1.3 Contrôle des filetages :.....	34
3.1.4 Calibrage :.....	34
3.2. Procédures d’inspection de tubage.....	35
3.2.1. Inspection visuelle .....	35
3.2.2. Les procédures des Mesure d'épaisseur de tube par ultrason : .....	35
3.2.3. Re-normalisation l’appareil ultrason .....	36
3.3.Rapports .....	36
3.3.1. Interprétation : .....	38
3.4.SOLUTION .....	43
3.5.Conclusion:.....	46
<b>Conclusion General</b> .....	47
<b>Bibliographie</b> .....	48
<b>Résumer</b> .....	50

# Introduction générale

Le pétrole et le gaz jouent un rôle fondamental dans l'économie nationale, constituant la source d'énergie la plus importante et inestimable. Pour exploiter ces richesses souterraines, le forage est la méthode utilisée, mais elle reste toujours une opération délicate et coûteuse.

L'objectif principal des foreurs est de réaliser un trou conforme au programme fourni, au meilleur coût et dans les meilleures conditions techniques.

La technologie de forage des puits de pétrole et de gaz nécessite l'utilisation d'un matériel pour exploiter des surfaces et des profondeurs complexe, ainsi que des outils modernes, et une grande variété de matériaux [1].

Les plates-formes de forage et les équipements tubulaires pour champs pétroliers sont sensibles à la corrosion, aux fissures, aux dommages externes et aux défauts de fabrication.

Les services d'inspection des équipements de forage et tubulaires détectent les pannes et les interruptions avant qu'elles ne causent des dommages graves, garantissant ainsi le bon fonctionnement et réduisant les risques.

La sécurité reste la priorité absolue de l'industrie pétrolière et gazière, et les temps d'arrêt imprévus sont très coûteux. Il est donc important d'établir un programme robuste de contrôles non destructifs pour garantir la sécurité des personnes et de l'environnement, et assurer le fonctionnement efficace des tubulaires et du tubage de forage [2].

La stabilisation des colonnes de tubage est un processus fondamental et important dans la construction de puits de forage, et sa réussite est déterminante pour la continuité des forages.

Dans ce travail, nous avons étudié l'importance de l'inspection et l'utilisation de méthodes de contrôle non destructif (CND) dans la conception des puits pétrolier, notamment l'application des méthodes des ultrasons au contrôle des tubages [3]

Nous avons contrôlé le tubage récupérés dans le puits pétrolier RHQH5 dans la région de RHOUD NOUSS à HASSI MESSAOUD (HMD), d'après un signalement de coincement de ce tubage dans le puits qui a demandé une intervention par traction pour leur décoincement.

Nous avons eu l'opportunité de participer à l'opération de l'extraction du tubage soumis à une tension de confinement à l'intérieur du puits, ainsi que leur inspection par la méthode de contrôle non destructive avec un appareil à ultrasons UM4.

Sur la base des résultats de mesure, des décisions ont été prises concernant ces tubes, lesquels devront être réparés et réutilisés pour l'intérieur du puits pétrolier, et lesquels ne peuvent pas être réparés ou réutilisés.

Et en plus on a cherché pour trouvé des alternatives pour ne pas perdre des tubes lors d'une autre récupération en cas d'un coincement imprévu au moment d'un tubage d'un puits pétrolier.

Et sur la lumière de ces statistiques nous avons fait nos analyses et notés nos recommandations.

Notre manuscrit est divisé en trois chapitres :

- Le premier chapitre est consacré à l'explication du procédé du forage et ces équipements.
- Le deuxième chapitre donne des généralités sur le tubage et la cimentation.
- Le troisième chapitre exploite l'étude expérimentale et l'analyse des résultats.

Et à la fin on le termine par une conclusion générale.

# Chapitre 1

---

## Généralités sur le forage

---

## **1.1. Introduction :**

L'étape de forage est une opération primordiale et délicate dans le processus de l'installation de l'appareil de forage et la mise en service du puits. Ça nécessite une création d'une série d'opérations de travail qui aboutissent au meilleur état du réservoir dans de bonnes conditions.

La protection et l'achèvement sont réalisés en installant des colonnes de tubage dans le puits de forage et en les cimentant le long des surfaces exposées pour maintenir les parois du puits en place, et garantir que les eaux usées sont canalisées vers la surface.

Chaque phase du programme représente un intervalle de forage qui doit être protégé avant le début de la phase suivante. [4].

## **1.2. Définition :**

Le forage est l'action de creuser un trou (appelé « Puits » dans le domaine de la prospection) dans la Terre. On fore pour prospecter et/ou exploiter le sous-sol. Par exemple, des puits sont forés pour :

- Trouver et exploiter des ressources naturelles enfouies (eau, pétrole, ressources minières) ;
- La géotechnique ;
- La géothermie ;
- L'environnement et la décontamination de sols ;
- La recherche scientifique pure.

Le forage peut se pratiquer sur terre (Onshore) ou en mer (Offshore) [5].

## **1.3 Historique :**

- 1802, les frères David et Joseph Ruffner ont foré un puits de 58 pieds en Virginie occidentale pour produire de la saumure. Le forage a pris 18 mois.
- Le 27 août 1859, l'exploration pétrolière est menée par l'Américain E. L. Drake à Titusville, en Pennsylvanie.
- La technique de forage classique inventée par Lucas au début du XXème siècle a connu un grand développement afin de résoudre les nombreux problèmes rencontrés lors du forage.
- Lucas a montré au monde entier l'efficacité du forage rotatif avec la découverte du champ Spindeltop (Texas) [6].
- De 1930 à 1947, les recherches se sont concentrées sur le développement de méthodes et techniques de forage pour une exploitation optimale des puits de gaz naturel et le pétrole.

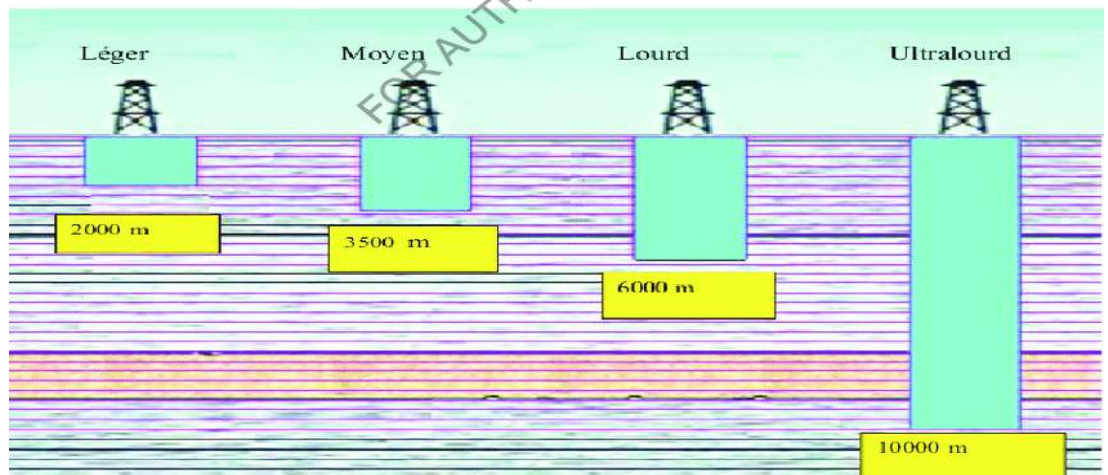
- La société “SN REPAL” à implanter le 16 Janvier 1956, le premier puits MD1 [7]

### 1.4 Classification des appareils de forage :

La classification des appareils de forage est initialement basée sur leur capacité maximale en profondeur de forage.

- ✓ Appareils léger
- ✓ Appareils moyen
- ✓ Appareils lourd
- ✓ Appareils ultra lourd

Les plates-formes pétrolières peuvent être classées comme suit :



**Figure.1.** Classification des appareils de forage.

**Tableau.1.** Classification des appareils de forage [3]

Appareil	Profondeur		Puissance
Appareil Léger	4921 pied – 6561 pied	1500 m- 2000 m	650 HP
Appareil moyenne	11482 pied	3500 m	1300 HP
Appareil lourd	19685 pied	6000 m	2000 HP
Appareil super lourd	26246 pied	8000m-10000m	3000 HP

**\*HP : Puissance du moteur dans les appareils forage**

## 1.5 Description d'un appareil de forage :

L'appareil de forage, ou plus globalement le chantier de forage est constitué d'un ensemble regroupant en 5 fonctions suivantes :

1. Système de Puissance (Power system)
2. Système de Levage (Hoisting System)
3. Système de Circulation (Circulating System)
4. Système de Rotation (Rotating System)
5. Système des obturateurs (BOP). [8]



**Figure.2.** La structure de la tour de forage.



### 1.5.1. Système de Puissance (Power System) :

Pour le fonctionnement de différents composants, une source d'énergie est indispensable, elle est produite par le système de puissance, la puissance électrique est générée par des moteurs, cette puissance est transformée en courant électrique par des générateurs de courant, le courant généré est distribué sur les différentes parties de la sonde par des centres appelés SCR [9].

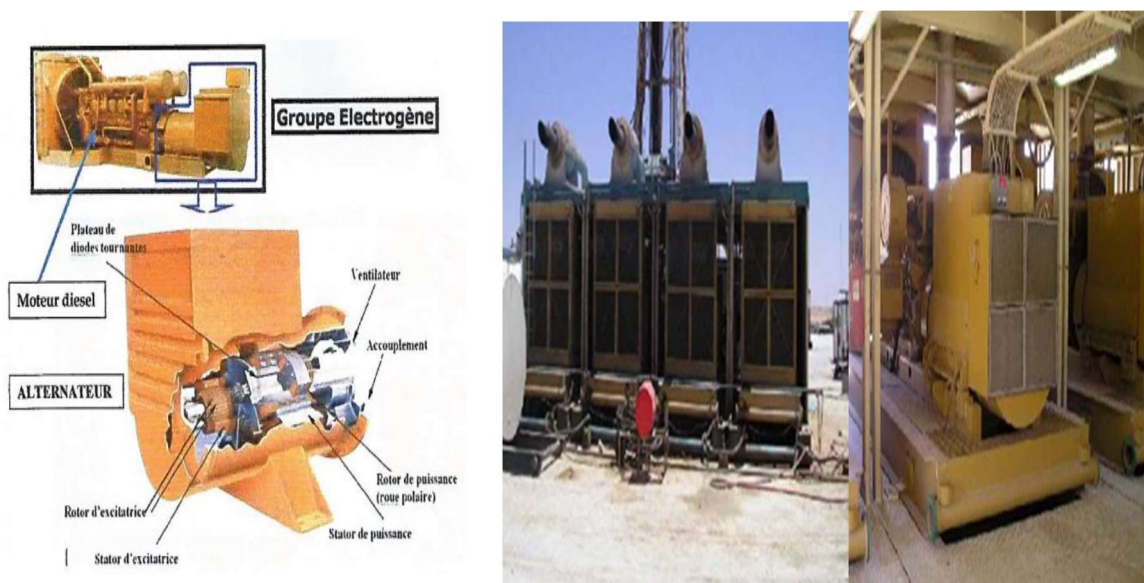


Figure. 3. Groupe électrogène.



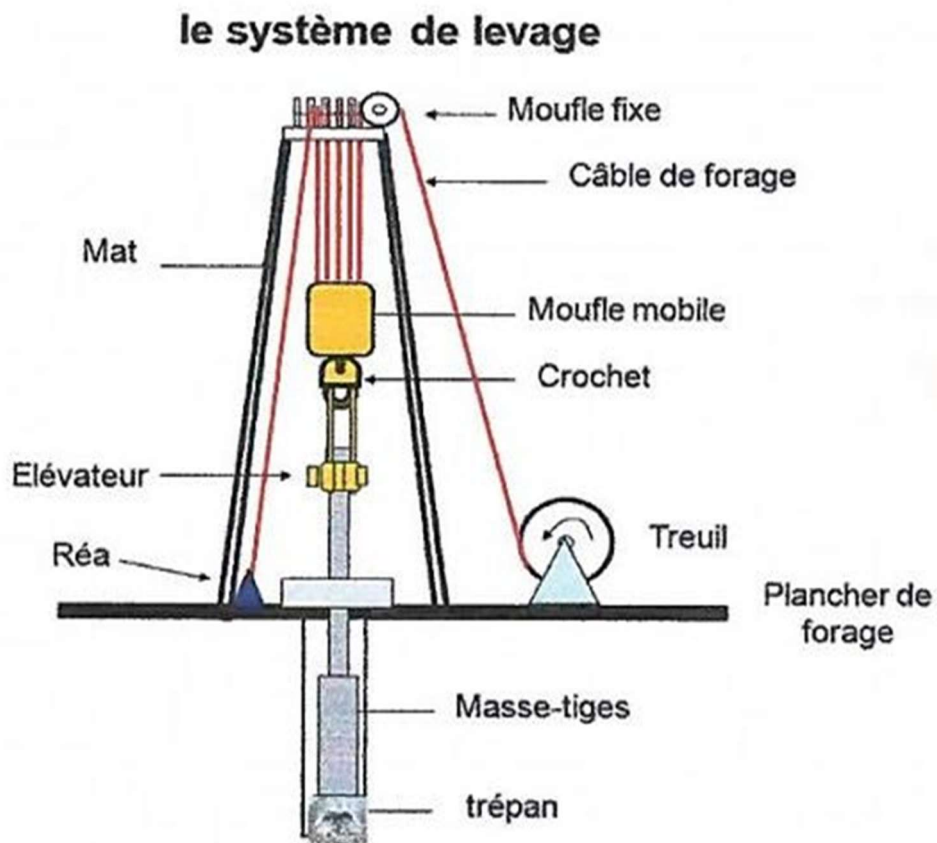
Figure.4. Centres appelés SCR.

### 1.5.2. Système de levage :

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

Cette grue est constituée :

- d'un mât,
- d'un treuil.
- Mouflage et câble de forage
- d'un palan comprenant les mouflés fixe et mobile et le câble [9].



**Figure.5.** Le système de levage

### **1.5.2.1. Mâts de forage :**

C'est le « trépied » qui supporte le palan. Il remplace la tour pour la rapidité de son montage et le démontage. A son sommet est placé le moufle fixe. Une passerelle d'accrochage est placée à son milieu ; elle sert de lieu de travail pour l'accrocheur, qui accroche ou décroche les «longueurs » de tiges lors de la remontée ou la descente de l'outil dans le puits. Une autre passerelle de hauteur ajustable, placée plus bas, sert à guider le tubage pour le visser et le descendre dans le puits.

Un plancher de travail est aménagé aux pieds du mât. Il sert d'aire de travail pour l'équipe. Une cabine est aménagée sur ce plancher pour permettre aux ouvriers de se reposer. Le plancher est surélevé de quelques mètres au-dessus du sol, pour permettre l'introduction des éléments de la tête de puits et des obturateurs. Les têtes reposent sur une substructure robuste, formée de caissons en treillis de fer soudés.

Un plan incliné est conçu pour faire remonter les tiges sur le plancher pour les descendre dans le puits. L'ensemble est posé sur une plate-forme en béton armé, préalablement aménagée sur le sol.

[10]

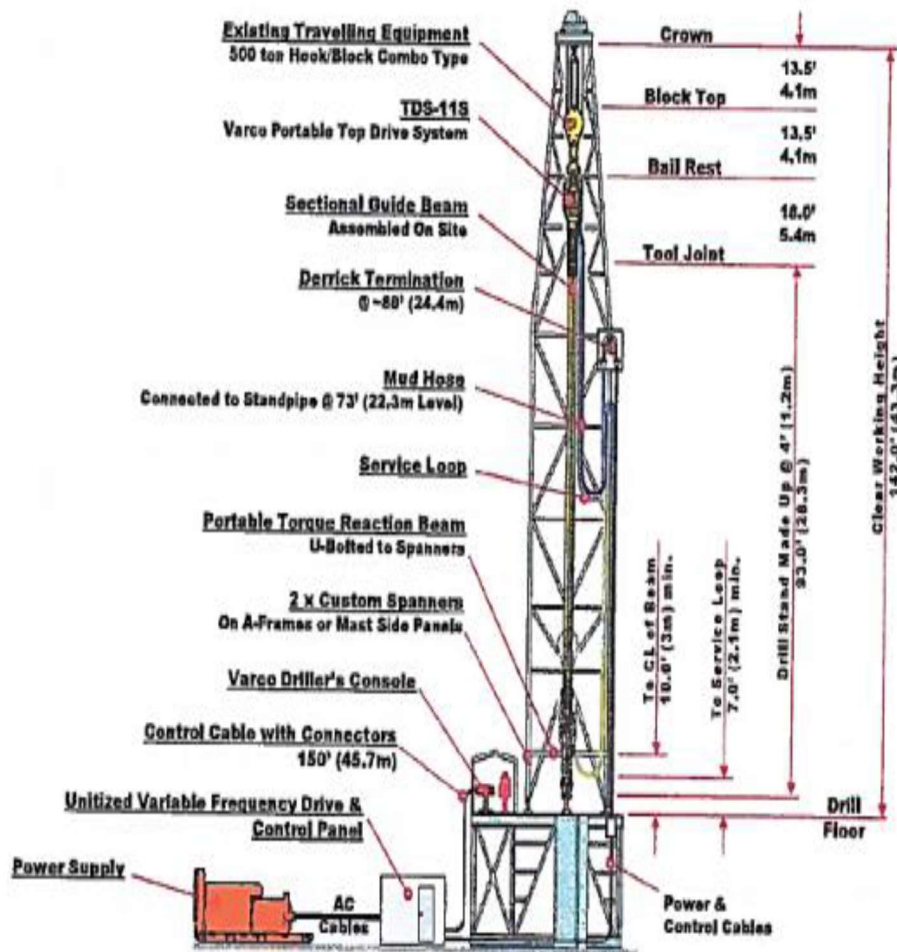
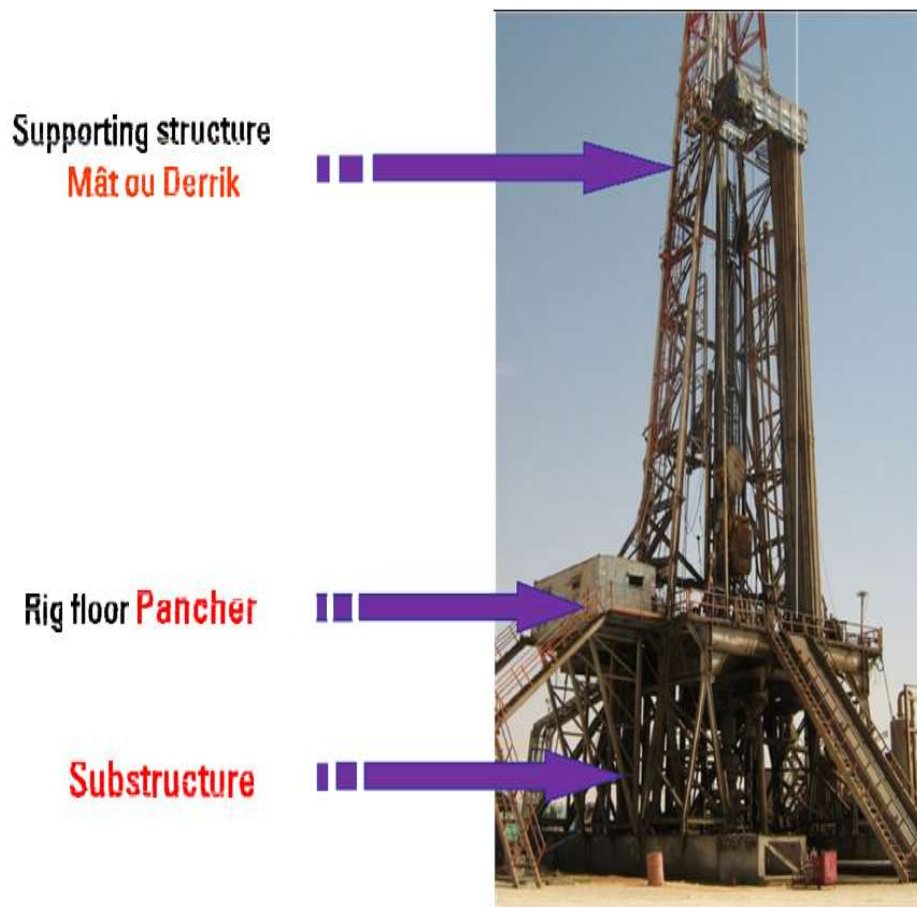


Figure.6. Le mât de forage.

### 1.5.2.2 Substructures :

Le mât repose sur une substructure afin de disposer, sous le plancher de travail, d'une hauteur suffisante pour installer les obturateurs. La substructure est constituée de deux poutres horizontales en treillis de fers soudés, placées suivant le sens de la longueur et réunies par des traverses assemblées par des broches goupillées. En plus du mât, la substructure supporte la table de rotation, le treuil et la garniture de forage. Pendant la descente de tubage, elle supporte le poids du tubage posé sur la table et celui de la garniture de forage stockée dans le gerbier. Pour la substructure, le constructeur donne la capacité de stockage des gerbiers en fonction de la vitesse du vent et la capacité de l'assise de la table de rotation [10].



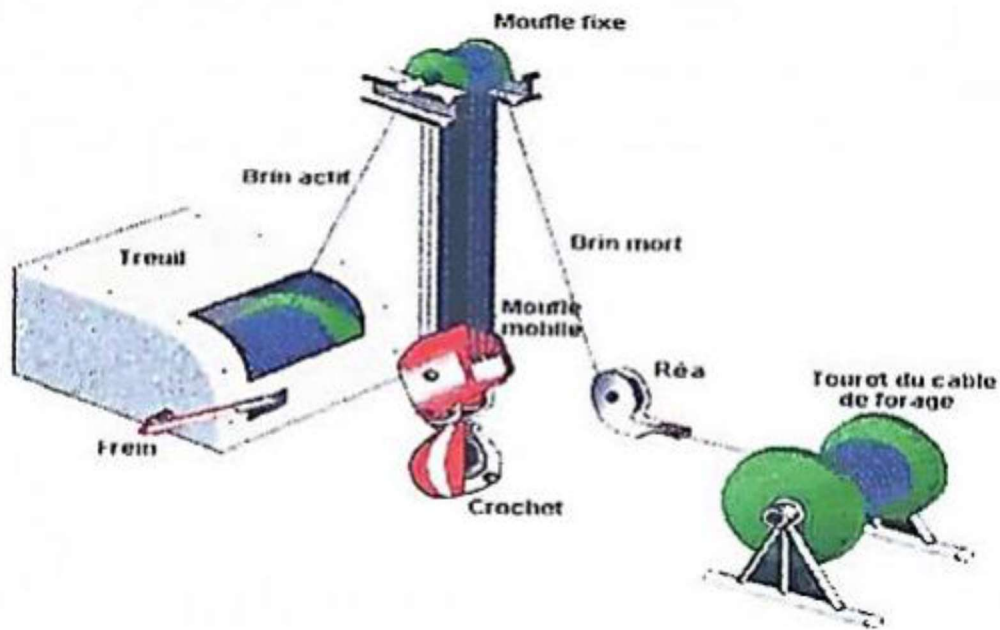
**Figure.7.** Le mât repose sur une substructure.

### 1.5.2.3 Le mouflage :

Le Mouflage est un moyen simple et efficace utilisé sur les appareils de forage pour lever de lourdes charges, il comprend un câble qui passe successivement sur les poulies d'un moufle fixe et sur les poulies d'un moufle mobile (travelling block) avant dése Rouler sur le tambour d'un treuil. L'autre extrémité du câble est fixée à un point fixe ou réa.

Le système de Mouflage comporte trois parties qui sont :

- Moufle fixe ;
- Moufle mobile ;
- Câble de forage [9]



**Figure. 8.** Système de mouflage

#### 1.5.2.4 Le moufle fixe :

[Crown block] : formé d'un certain nombre de poulies et placé au sommet du mât, il possède une poulie de plus que le moufle mobile.



**Figure. 9.** Le moufle fixe.

#### 1.5.2.5 Le moufle mobile et crochet :

[Travelling block] : formé également d'un certain nombre de poulies par les quelles passe le câble de forage, il se déplace sur une certaine hauteur entre le plancher de travail et le moufle fixe. Il comporte à sa partie inférieure un crochet qui sert à la suspension de la garniture pendant le forage.



Des bras sont accrochés de part et d'autre de ce crochet servent à supporter l'élévateur, utilisé pour la manœuvre de la garniture.



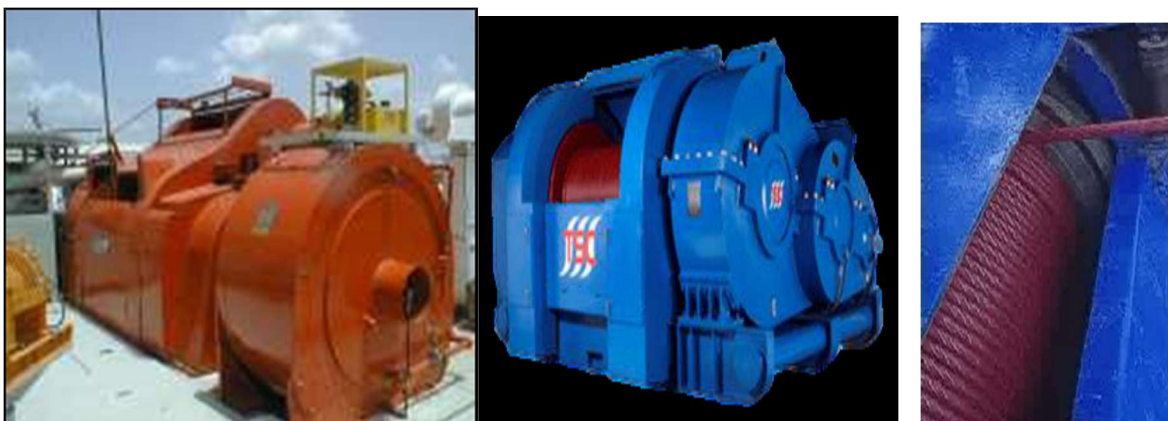
**Figure. 10.** Le moufle mobile et crochet.

#### 1.5.2.6 Le treuil [Draw works]:

Le treuil de forage est l'organe principal de la sonde; par sa capacité il caractérise. Le Rig (sonde de forage) en indiquant la profondeur de forage que peut atteindre l'appareil déforage.

Le treuil 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.
- Les visages et dévisages du train de sonde ainsi que les opérations de curage.



**Figure. 11.** Le treuil [Draw works]

### 1.5.2.7 Câble de forage :

Les câbles utilisés sur l'installation de sondage sont des câbles en acier mais dont l'âme peut parfois être en chanvre. Autour de l'âme sont enroulés des torons, chacun de ces torons étant composés d'un certain nombre de fils d'acier. [10].

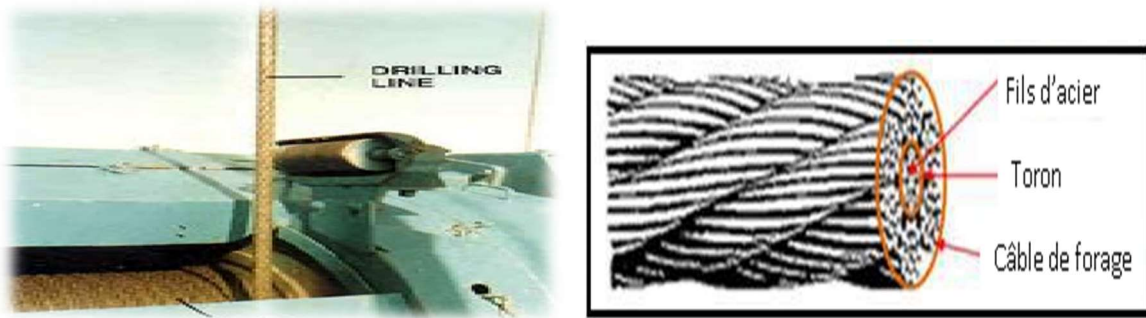
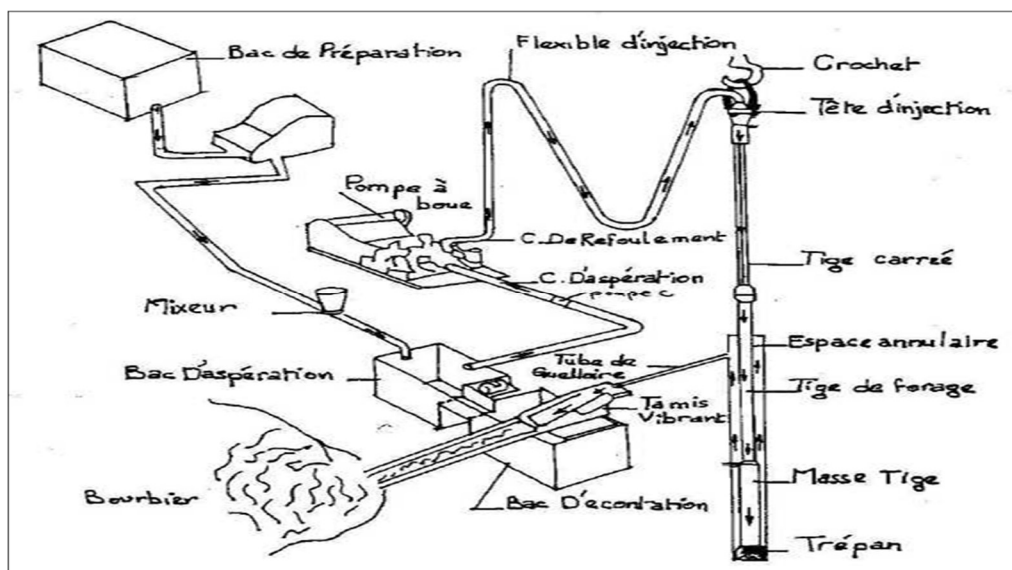


Figure. 12. Câble de forage.

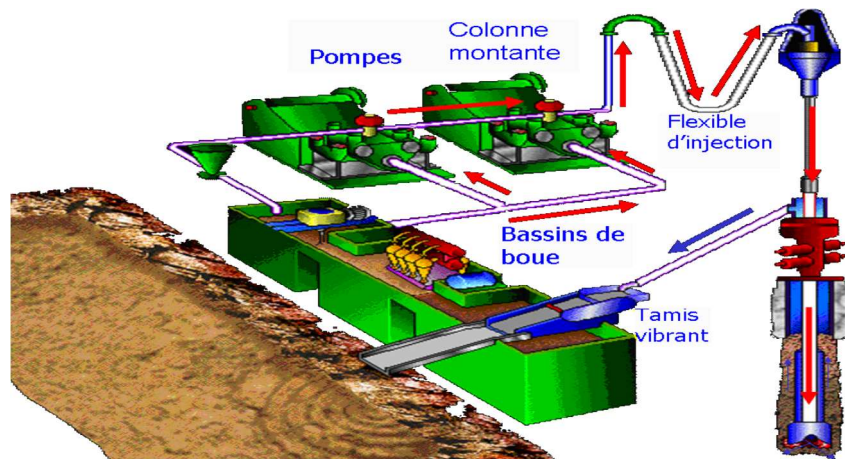
### 1.5.3 Système de Circulation (Circulating System):

Le système de circulation est formé de tous les équipements à travers lesquels la boue de forage est circulée. Il s'agit des bacs à boue, la conduite d'aspiration, des pompes de boue, la conduite de refoulement, la colonne montante, le flexible de forage, la tête D'injection, la tige carrée et enfin la garniture de forage avant son retour aux bacs à Boue.



-a-





-b-

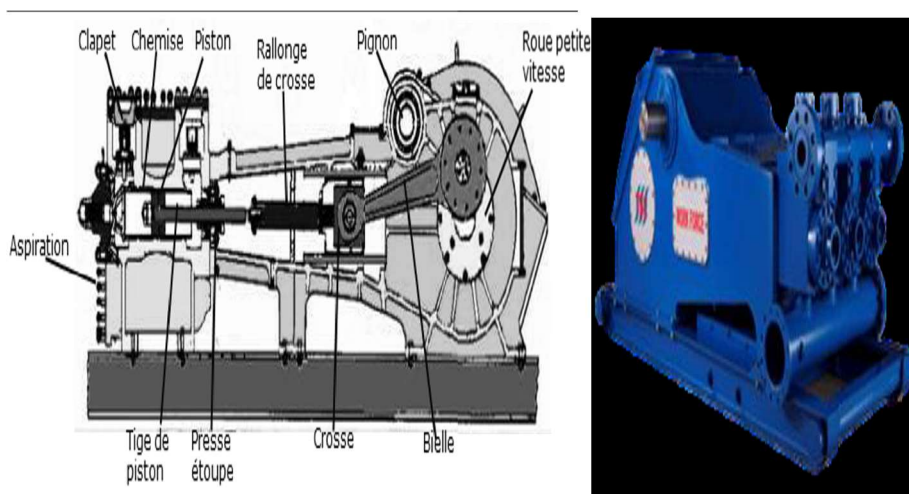
**Figure.13.** Schéma de circulation de la boue sur le site de forage.

### 1.5.3.1 Fonction de pompage :

La pompe aspire les fluides de forage à partir des bacs à boue à travers la conduite d'aspiration avant de le faire circuler sous pression, à travers la garniture et l'outil de forage. Le fluide de forage retourne ensuite par l'espace annulaire pour atterrir une autre fois dans les bacs à boue. [9].

### 1.5.3.2 Le rôle des pompes :

Le rôle des pompes à boue est d'assurer l'aspiration de la boue de forage par la conduite d'aspiration, puis la refouler dans la colonne de refoulement à travers un clapet de refoulement.



**Figure. 14.** Pompes à boue.

### 1.5.3.3 Type de pompes à boue:

- Pompes à boue duplex à double effet
- Pompes à boue triplex à simple effet [10].

### 1.5.4. Système de Rotation:

#### 1.5.4.1. La table de rotation:

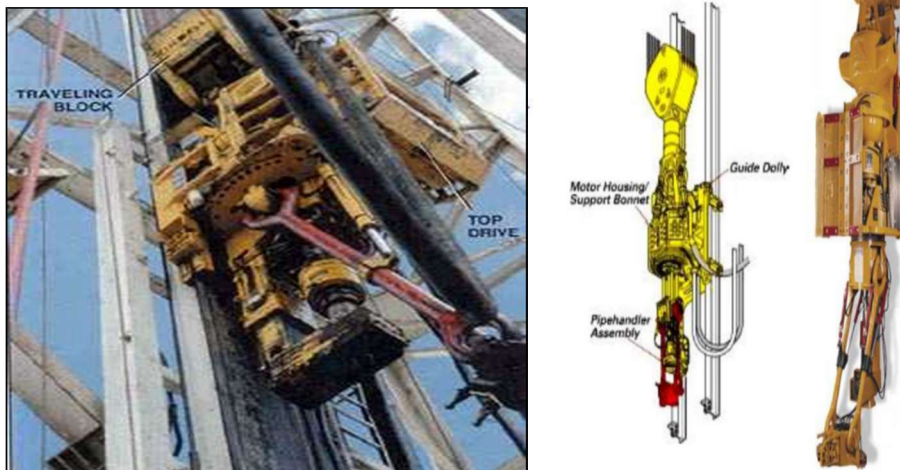
Une table rotative est un dispositif mécanique sur un appareil de forage qui fournit dans le sens horaire la force de rotation de la garniture de forage pour faciliter le processus de forage d'un trou de forage. Vitesse de rotation est le nombre de fois que la table rotative effectue une révolution complète en une minute (rpm).



**Figure. 15.** La table de rotation.

#### 1.5.4.2. Top drive:

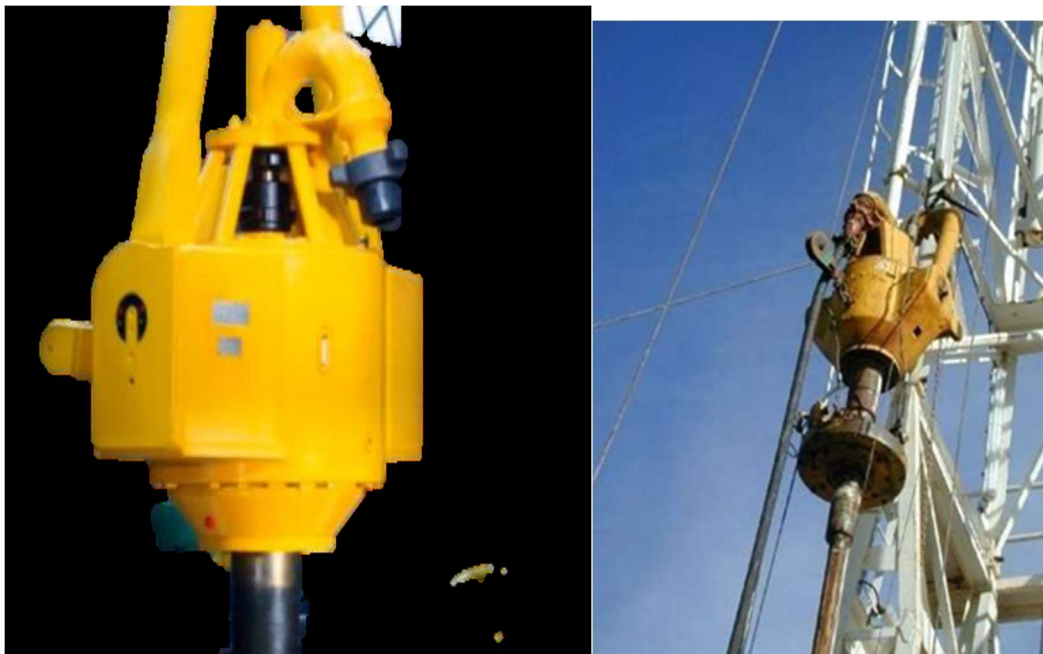
Un mécanisme d'entraînement supérieur est un dispositif mécanique sur un appareil de forage qui fournit un couple dans le sens horaire de la tige de forage pour faciliter le processus de forage d'un trou de forage. Il s'agit d'une alternative à la table rotative. Il est situé à l'endroit de pivot et permet un mouvement vertical de haut en bas de la tour de forage.



**Figure. 16.** Top drive

#### 1.5.4.3 Tête d'injection:

C'est le composant qui est suspendu par son axe au crochet de levage. Il doit être conçu à la fois pour la charge maximale de garniture et pour la vitesse de rotation maximale.



**Figure. 17.** Tête d'injection.

### 1.5.5 Système des obturateurs (BOP system):

Le système des obturateurs (sécurité) se base sur une large valve à la partie supérieure du puits qui peut fermer les annulaires et les tubulaires quand le contrôle des fluides de forage est perdu.

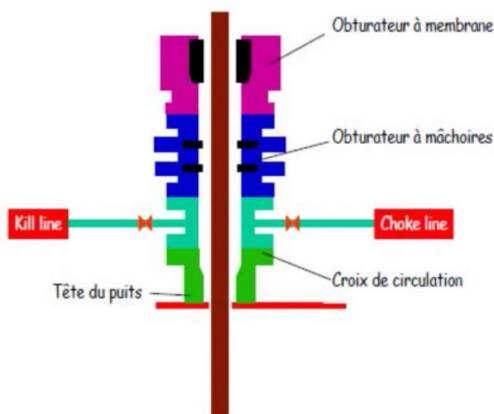
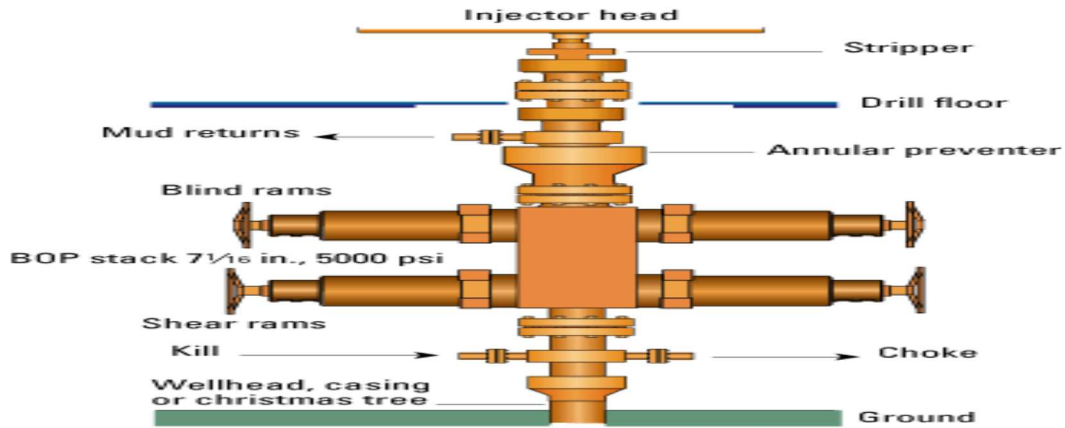


Figure. 18. Le B.O.P.

### 1.6 La garniture de forage BHA:

Le procédé de forage utilisé pour forer les puits pétroliers est le forage rotary (rotation d'un outil tout en lui appliquant du poids). La garniture de forage ou train de tiges (drill stem ou drill string) assure la liaison entre l'outil de forage. Elle permet de :

Transmettre la rotation à l'outil de forage,

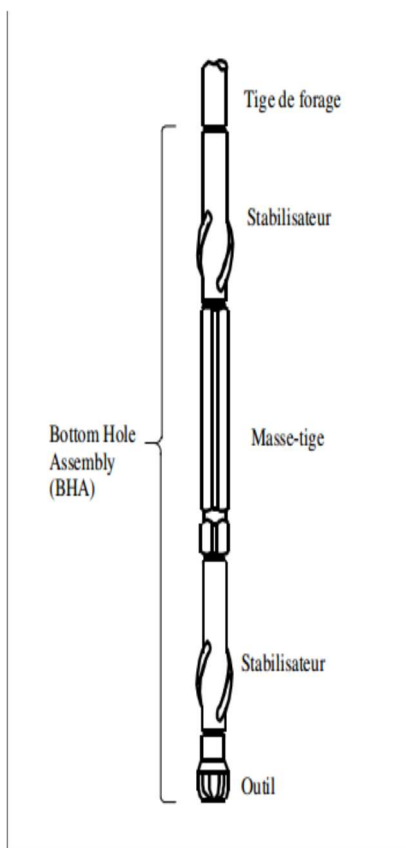
Mettre du poids sur l'outil pour détruire la roche,

Circuler le fluide de forage pour remonter à la surface les morceaux de roches détruit par l'outil,

Guider l'outil et de réaliser la trajectoire prévue.

La garniture est composée de tubulaires en acier d'une longueur d'environ 9 m (30 pieds) connectés par des filetages ce qui permet de les stocker, de les transporter, de les manipuler et de les assembler facilement.

La pesanteur terrestre permet d'appliquer du poids sur l'outil. La garniture est pendue au moufle mobile, une partie est supportée par le moufle, la partie qui ne l'est pas appuie sur l'outil [11].



Description	OD (")	ID (")	N Weight (Kg/m)
Drill Collar	9 ½	3	323.36
Drill Collar	8	2 13/16	224.22
Drill Collar	6 ½	2 13/16	136.42
Drill Collar	4 ¾	2 1/4	69.58
Heavy Weight	5 ½	3 3/8	84.93
Heavy Weight	5	3	74.50
Heavy Weight	3 ½	2 1/16	38.70
Drill Pipe	5 ½	4.778	32.60
Drill Pipe	5	4.276	29.10
Drill Pipe	3 ½	2.764	19.80
Drill Pipe	2 ¾	1.815	9.90

Figure. 19. L'installation de garniture de forage.

Tableau .2. Garniture de forage.

### 1.6.1 Les outils de forage:

L'outil de forage est le premier élément qui s'attaque au terrain, le choix de l'outil de forage dépend de la nature de terrain. L'outil de forage est la pièce la plus importante pour réaliser un puits de forage. Le choix d'un outil de forage dépend essentiellement de la nature des terrains à traverser.





**Figure. 20.** Les outils de forage.

### 1.6.2 Tige : Train de tiges (drill strings DP) :

Une tige de forage est un tube cylindrique d'une dizaine de mètres de longueur, de faible diamètre, à paroi épaisse, et fabriquée en acier. les tiges servent à transmettre le mouvement de rotation depuis la table de rotation jusqu'à l'outil, et d'acheminer la boue jusqu'à ce dernier.

Les tiges doivent travailler en tension pour éviter de se détériorer et de provoquer la retombée des parois du puits et la déviation de ce dernier.

Ce sont les raisons pour lesquelles elles ne peuvent pas servir pour poser du poids sur l'outil et l'enfoncer dans le sol, ce qui les met en compression et les fléchit. Cette fonction est assurée par les masse-tiges. [11].



**Figure. 21.** Tige de forage.

### 1.6.3 Les masse-tiges (DC) :

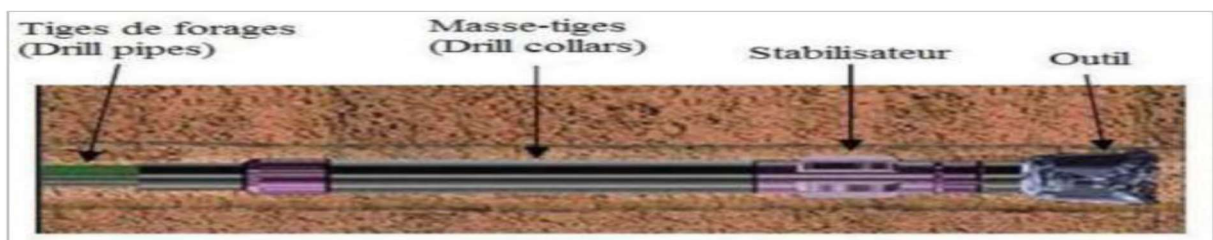
Ce sont des tiges plus robustes, beaucoup plus lourdes et moins souples que les tiges. Leur diamètre extérieur est proche de celui du puits, pour éviter leur flexion lorsqu'elles sont mises à la compression.



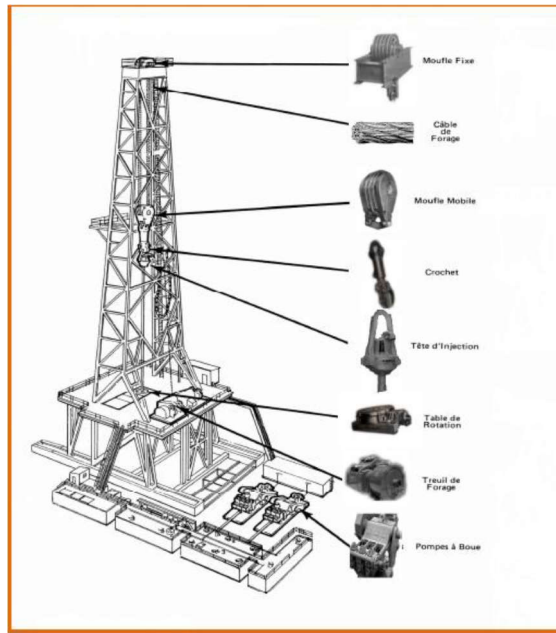
**Figure. 22.** Les masse-tiges.

#### **1.6.4 Les stabilisateurs :**

Ils ont un diamètre presque égal à celui de l'outil. Intercalés entre les masse-tiges, ils les maintiennent droites dans le puits, évitent leur flexion et la déviation du puits [12].



**Figure. 23.** Tiges et stabilisateur.



**Figure. 24.** Description des équipements de surface.

### **1.7 Conclusion:**

Dans ce chapitre nous avons donné un aperçu sur le forage, nous avons représenté également son fonctionnement, les équipements attachés à l'opération du forage, c'est un domaine technique qui demande une grande compétence et une haute maîtrise.



# Chapitre 2

---

**Généralité sur le tubage et cimentation**

---

## 2.1. Introduction :

Le processus d'exploration pétrolière est divisé en plusieurs étapes. Afin d'assurer la stabilité du puits, et les parois du trou foré qui doivent être protégées ont appliqué une opération appelés tubages c'est d'insérer des tubes de différentes longueurs dans le trou foré.

L'enrobage et la stabilisation du tubage, sont deux procédés complémentaires dont le but principal est de fixer la couche productrice de pétrole ou de gaz à la surface ; Assurer une production en toute sécurité.

## 2.2. Généralité sur les tubages et cimentation :

### 2.2.1 L'opération tubage :

Le tubage pétrolier est un tube d'acier utilisé pour soutenir la paroi des puits de pétrole et de gaz afin de garantir le bon déroulement du processus de forage et le bon fonctionnement de l'ensemble du puits après son achèvement. Plusieurs couches de tubage sont utilisées dans chaque puits en fonction de la profondeur de forage et des conditions géologiques [13].

Une fois foré, le puits est couvert par des tubes, pour empêcher les parois de s'effondrer. Le choix des tubages, aussi bien en ce qui concerne leurs diamètres que leurs résistances, est conditionné par plusieurs facteurs, dont les principaux sont : (Nguyen, 1993)

- La profondeur prévue.
- Les pressions attendues.
- Le type d'effluent attendu : huile ou gaz.
- Les risques de corrosion.
- La vitesse de descente



-a-



-b-

**Figure. 25.** Tubage stocké sur les racks.

### **2.2.2 Rôle du tubage :**

Le tubage pétrolier est principalement utilisé pour le forage des puits de pétrole et de gaz et pour le transport du pétrole. Le tube de forage pétrolier est principalement utilisé pour relier le collier de forage et le trépan et transmettre la puissance de forage.

Le tubage pétrolier est principalement utilisé pour soutenir la paroi du puits pendant le processus de forage et après son achèvement [14]

Un forage pétrolier est subdivisé en plusieurs phases où pour chaque phase correspond un certain type de soutènement (tubage), les colonnes de tubage sont :

- Tube guide,
- Colonne de surface,
- Les différentes colonnes de tubage
- Colonne technique,
- Colonne de production,
- Colonne perdue [15].

### **2.2.3 Les différentes colonnes de tubage :**

#### **2.2.3.1 Tube guide :**

Installé à une profondeur de 5 à 15 mètres, il permet de maintenir les formations de surface non consolidées (sables), canaliser la boue vers la goulotte et de guider l'outil en début de forage.

#### **2.2.3.2 Colonne de surface :**

Isoler les eaux contenues dans les couches supérieures, Maintenir les terrains de surface, Supporter les têtes de puits avec les colonnes suivantes ancrées dedans, Supporter les équipements d'obturation du puits.

#### **2.2.3.3 Colonne technique :**

De profondeur variable selon les difficultés rencontrées, elle permet d'éviter de poursuivre un forage dans un découvert présentant des risques (éboulements), d'isoler les formations contenant des fluides sous fortes ou faibles pressions, d'éviter la rupture des terrains autour du sabot de la colonne de surface en cas d'éruption. La profondeur et le nombre des colonnes techniques dépendent, entre

autres, des pressions rencontrées dans la phase suivante. La résistance des formations au droit de son sabot doit être suffisante pour résister à ces pressions.

#### **2.2.3.4 Colonne de production :**

Elle est indispensable dans le cas d'un puits producteur. Elle permet de : Isoler la formation productrice des autres formations, Mettre en œuvre le matériel de production. Elle devra présenter toutes les garanties d'étanchéité et de longévité. Le choix des tubes et des connexions sera déterminé en fonction du type d'effluent attendu (huile ou gaz).

#### **2.2.3.5 Colonne perdue :**

Suspendue à la base de la colonne précédente, elle peut jouer le même rôle qu'une colonne technique ou une colonne de production. La descente de cette colonne est beaucoup plus économique que celle d'une colonne complète, mais cette solution n'est pas réalisable dans tous les cas, en particulier dans les puits à forte pression [16].

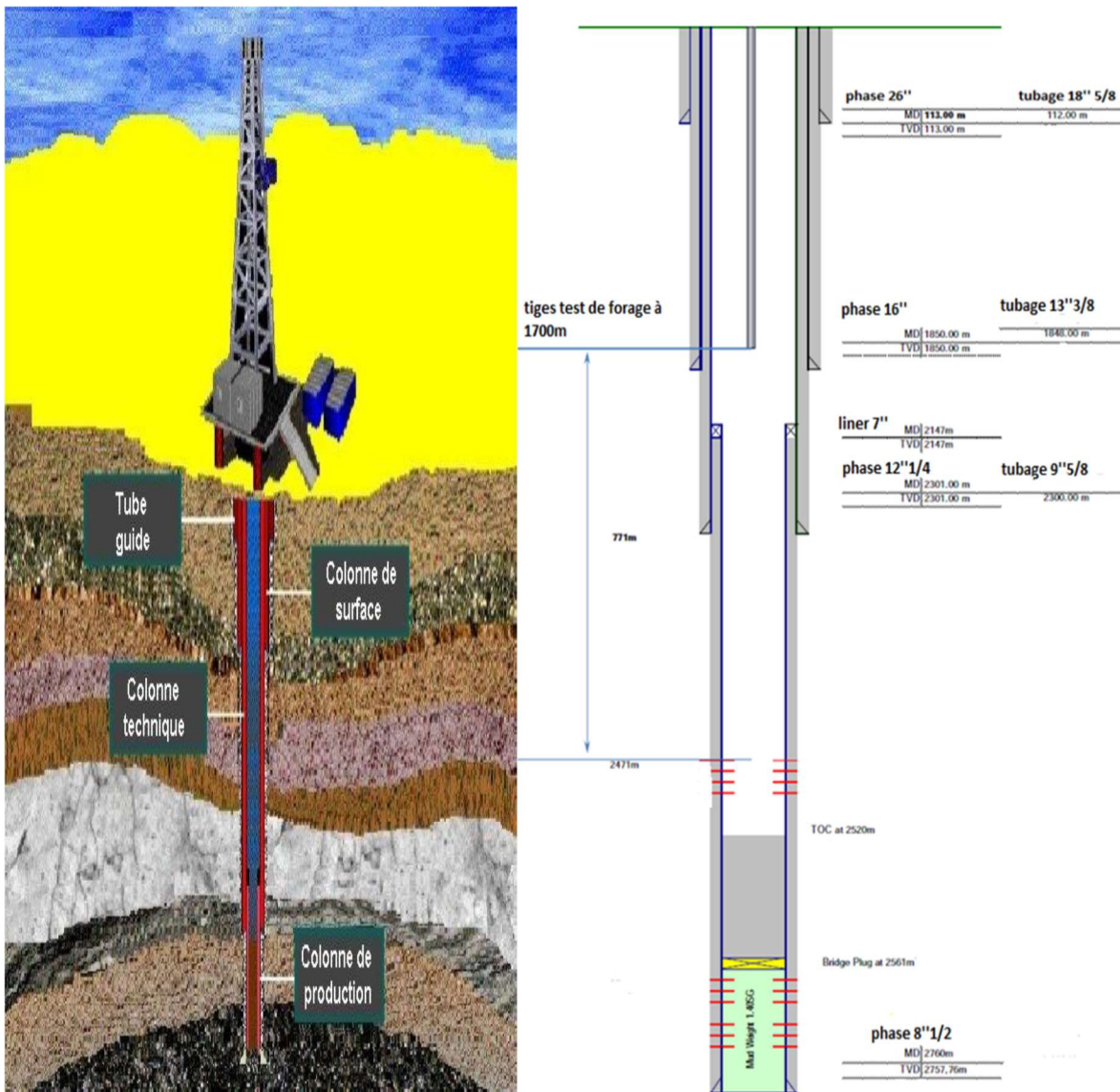


Figure.26. Schéma de puits avec le tubage.

### 2.2.4 Les différentes dimensions du tubage :

Les tubes sont normalisés pour relier deux tubes on doit respecter les dimensions tel que le tableau ci-dessous indique [17] :

Tableau 3. Les différentes phases et diamètre de tubage du puits.

phases	Diamètre de trou	Diamètre de tubage	Nom de la colonne
Phase 26"x 18"5/8 Phase de démarrage	26"	18"5/8	Tube guide
Phase 16" x 13"3/8	16"	13"3/8	Colonne de surface
Phase 12"1/4 x	12"1/4	9"5/8	Colonne technique
Phase 8"1/2 x 7"	8"1/2	7"	Colonne de production
Phase 6" x 4 1/2"	6"	4 1/2"	Colonne de production

### 2.3. La cimentation :

La cimentation est l'opération qui consiste à appliquer un grand nombre de ciments sur place. Le délai et le meilleur prix assurent le raccordement dans la colonne du tube et le terrain [18]

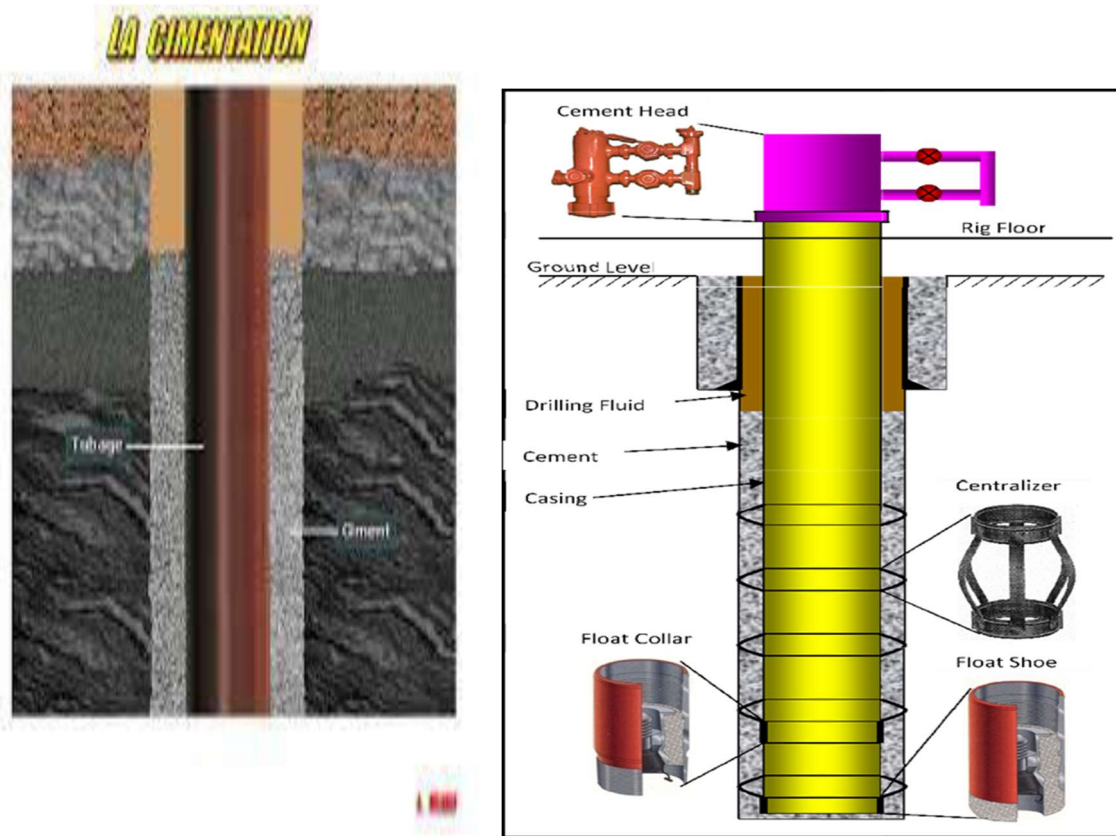


Figure.27. Schéma de tubage cimenté dans le puits

#### 2.3. 1. Objectifs de la cimentation :

Présent dans tous les puits, le ciment pétrolier est un scellement hydraulique entre le tubage et la formation. Il doit être étanche pour que la production du puits soit maximale.

Les propriétés physico-chimiques du ciment sont déterminées en fonction des besoins du forage et mise au point dans le laboratoire grâce à des tests spécifiques suivant les normes internationales du pétrole (API). Ces tests ont pour but de donner au ciment des caractéristiques idéales de temps de pompabilité, de compatibilité (fluides, formation, gaz) et de résistance à la compression.

Ses fonctions :

- **Isolation des zones** : Le ciment isole les niveaux productifs (gaz, huile, eau), protège les niveaux aquifères supérieurs. Il protège l'environnement en empêchant les liquides et les gaz produits de contaminer les eaux souterraines (nappes phréatiques).
- **Stabilité** : Le ciment consolide le forage en créant une gaine entre le trou de forage et le tubage. C'est une liaison qui stabilise l'ensemble infrastructure souterraine/tubage.
- **Protection des tubages** : Le ciment protège le tubage souterrain de la corrosion induite par l'agressivité des gaz et liquides souterrains, évitant ainsi une défaillance prématurée du tubage.
- **Ecologie** : Notre activité est aussi présente dans le secteur de la géothermie, eaux thermales, isolation des déchets enterrés. En prolongeant la durée de vie du puits, les ciments pétroliers protègent ainsi les investissements importants qui sont nécessaires au forage [19]

### **2.3.2. Les problèmes rencontrés dans les différentes phases :**

#### **a. La phase 26'' :**

Les risques particuliers dans la phase 26'' sont les suivants :

- Mauvaise tenue des sables du Mio-Pliocène;
- Risque de pertes dans les sables de surface

#### **b. La phase 16'' :**

Les risques particuliers dans la phase 16'' sont les suivants :

- Mauvaise tenue des parois du Mio-Pliocène
- Risque de pertes de boue dans les formations carbonatées.

#### **c. La phase 12 1/4'' :**

Les risques particuliers dans la phase 12 1/4'' sont les suivants:

- Venues d'eau chlorurée calcique du LD2, déstabilisant par diffusion progressive et en particulier lors des arrêts de circulation.
- Coincements au niveau des argiles fluentes du TS2.
- Pertes de circulation en cours de tubage et de cimentation.

#### d. La phase 8 ½'' :

Les risques particuliers dans la phase 8 1/2'' sont les suivants :

- Risque d'accrochage au niveau des formations salifères et argileuses ;
- Risque de venue à partir de l'Horizon B (Eaux chlorurées calciques) ;
- Risque de pertes en cas de pénétration dans le Trias Argilo Carbonaté.- instabilité des parois.

La résistance des tiges aux efforts de "torque & drag" ainsi que la force critique de flambage.

#### e. La phase 6'' :

Les risques particuliers dans la phase 6'' sont les suivants :

- Risques de pertes dans les zones fissurées ou très perméables.
- Risques de venues de gaz, particulièrement à proximité de puits injecteurs de gaz.
- Risques de coincements par pression différentielle.
- Instabilité des parois.
- Risques de side track en reforage des sections [20].

### 2.4. Analyse des problèmes rencontrés dans les puits forés [21] :

Les principaux problèmes rencontrés au niveau d'un échantillon de 51 puits forés dans la région de Hassi Messaoud sont présentés dans le tableau 4.

**Tableau. 4.** les problèmes rencontrés dans les puits.

Problèmes	Coincement	Pistonnage	Venue	Perte	Total
Nombre de cas Survenus	127	5	29	68	229
Pourcentage %	55	2	13	30	100



### 2.4.1 Temps non productif générés par les différents problèmes :

Le temps non productif engendré par les problèmes est recensé dans le Tableau 5, comme suit :

**Tableau 5 :** Temps non productif en puits.

Problèmes	Coincement	Pistonnage	Venue	Perte	Total
temps de cas survenus (hrs)	204	5	23	222	45
Pourcentage %	45	1	5	49	100

### 2.5. Conclusion :

Ce chapitre décrit le tubage et son objectif dans un puits. Nous avons également mis en évidence les différentes phases du tubage et parlé du processus de cimentation du tubage qui joue un rôle majeur dans l'intégrité du puits. L'opération est entourée de nombreux risques. Nous en avons mentionné quelques-uns dans cette section. En conclusion, le tubage joue un rôle essentiel dans le forage des puits de pétrole car il fournit une protection et un support structurel. Comprendre l'importance du tubage des puits de pétrole est essentiel pour garantir la sécurité et la productivité des champs de pétrole et de gaz.

# Chapitre 3

**Etude expérimentale des tubages récupérés par**

**La méthode des ultrasons**

---

### **3.1. Introduction :**

Notre étude est effectuée à HASSI MASSAOUD dans la base de SONATRACH 24 Février, Nous avons vécu l'expérience de récupération d'une colonne d'un puits pétrolier qui comporte 83 tubes vissés, d'une profondeur de 3324 m à cause d'un coincement qui s'est produit, ce qui a obligé le staff technique de récupérer le tubage et de contrôler leurs caractéristiques dimensionnelles.

### **3.2 Incident de coincement de tubage dans le puits RHQH #5 :**

Nous étions sur les lieux au chantier TP202 de l'entreprise de forage de puits ENTP dans la région RHOUDH NOSS. Le tubage à récupérer a les caractéristiques suivantes :

#### **Tubage 7" (29# P110 -N.VAM)**

Nombre de tubes 83.

Diamètre extérieur de tube : 7" pouces, 177.8mm.

29# : poids de tube livre par pied.

Le grade d'acier de tube : P110.

Contraintes d'éclatement ; 9960 psi= 686.70 bar. Écrasement ; 8510 psi =586.75 bar.

Contraintes à la traction 83000 livres =41.5 tons.

Pendant la descente de tubage 7" (29# P110 -N.VAM), composé de 83 joints (tubes), d'une profondeur de 3324 m, et suite d'un coincement s'est arrivé. Il a été remonté à la surface, à cause de formation de Trias Carbonate à la profondeur de 3324m. Et après plusieurs tentatives de descente, et malgré la circulation de la boue dans le tubage 7", le passage n'est pas réussi. Alors, le superviseur du SONATRACH a décidé de remonter le tubage à la surface et de contrôler ses dimensions et chercher la cause du coincement qui a bloqué ça descente.

Pendant la récupération du tubage, il a aussi subis une friction par les parois du puits, ce qui nous a obligé d'utiliser une force de traction pour le libérer, on note que l'amplitude de la force de traction atteint : +40 tonnes, cette opération de récupération a le risque d'endommager quelques tubes donc on doit les transporter vers la base à HASSI MESSAOUD, et de les contrôler par un contrôle non destructif à ultrason.

La figure suivante montre le rapport de forage journalier effectué dans cette opération ; qui nous donne les informations suivantes :

1. Nom de puits
2. Date et heurs de problème
3. Nom de champs pétrolier
4. Nom de superviseur sonatrach
5. Nom de l'appareil de forage
6. Profondeur de forage
7. Nombre de jours foré (tubes)
8. Les couts des opérations
9. Description des opérations pendant la journée

SONATRACH										Page 2 sur 3		
Daily Drilling Report												
WELL & SIDETRACK :		DATE:	DAY:	DOP:	DFS:	TMD:	TVD:	FORMATION TOP:			PROGRESS:	ROT:
RHQH-5 ST2		20/01/2024	260	120,00	260,00	4 548,00 m	4 543,87 m	DALLE DE M KRATTA @ 4 544,0 m				
SUPERVISOR/SUPERINTENDENT:		RIG NAME & No:		FIELD:		ACC. FREE:	AFE (KD):	DAILY (KD):	CUM (KD):	WELL OBJECTIVE:		
T.BENBAKRETI / D. LEKADIR		TP 202		RHOUD NOUSS		62 days	1 621 067	4 728	1 728 108	DEVELOPMENT		
LAST CSG/LNR SHOE:		LAST CSG/LNR TOP:		LAST FM. TEST/EMW:		L. BOP TEST:	L.SAFETY MEETG:	DAY DRL NPT:	CUM DRL NPT:	I.SERVICE:		
9,625 in @ 3 036,00 m		0,00 m				13/01/2024	20/01/2024	24,00 hr	151,86 days	NONE		
ACCIDENT / INCIDENT TOPICS:											WC EQP CHR:	
STOP CARDS 04/ PTW 00/ JSA 00/ SM 02											Y	
PERSONNEL DATA												
COMPANY		NO	HOURS	NAMES			COMPANY		NO	HOURS	NAMES	
GE (POWER TONGS)		2	0,00	H. IMIGUEL + A. KHOUDJA			AWA WM		8	0,00	B.CHERDOUD + H.GACEM	
ANTON (LINER MAN)		1	0,00	A. TIGUERCHA								
OPERATIONS SUMMARY												
FROM-TO	HRS	PHASE	CODE	SUB	DESCRIPTION	FROM-TO	NPT	NPT Det	NPT Co	NPT Div	Op Co	BILL
00:00-02:30	2,50	8.5"	12 N	Q	RUN 7" ANTON LINER IN CASED HOLE W/5" DP TO 9"5/8 CSG SHOE * 03 min/std run speed. * Drift all DP stands & Filling up every 05stands.	2 680,0-3 036,0	DPRB	STAB	SHFOR	SHFOR	ENTP	T1
02:30-03:15	0,75	8.5"	06 N	C	BREAK CIRCULATION: * Q=200rpm, P=600psi, * Q=400rpm, P=600psi, * Q=600rpm, P=1000psi, * Q=800rpm, P=1280psi, * PIU weight: 105T, S/O weight: 107T * With circulation PIU weight: 113T, S/O weight: 114T With circulation	3 036,0-3 036,0	DPRB	STAB	SHFOR	SHFOR	ENTP	T1
03:15-08:30	5,25	8.5"	12 N	Q	RUN 7" LINER WITH 5" DP IN OPEN HOLE * Run with circulation from 9"5/8 Casing shoe * Rih freely from casing shoe to 3300m * Set 6T at 3300m (Trias Carbonate Formation) * Try to pass several time with circulation and by increasing drag gradually * 15T to 20T - With out success,(always check that the string is free upward) * Decide to pooh and perform Wiper Trip	3 036,0-3 360,0	DPRB	STAB	SHFOR	SHFOR	ENTP	T1
08:30-16:30	8,00	8.5"	12 N	I	POOH 7" LINER TO 9"5/8 CSG SHOE * Pooh with circulation: Q: 500rpm and 1100psi * Over pull 5T-8T recorder at several point: @ 3207m,3261m,3255m,3202m * Flow check @9"5/8 Cag Shoe -Steady level- * Take SCR's	3 360,0-3 036,0	DPRB	STAB	SHFOR	SHFOR	ENTP	T1
16:30-19:00	2,50	8.5"	06 N	Q	CIRCULATE HOLE CLEANER * Q=600rpm, P=1100psi,	3 036,0-3 036,0	DPRB	STAB	SHFOR	SHFOR	ENTP	T1
19:00-00:00	5,00	8.5"	12 N	I	PULL 7" LINER OUT OF CASED HOLE * Pulling with controlled speed. * Got over pull 5-7T while pull in cased hole without circulation * Pooh with circulation: Q: 500rpm and 1100psi	3 036,0-2 680,0	DPRB	STAB	SHFOR	SHFOR	ENTP	T1
AFTER MIDNIGHT OPERATIONS:												
PULL 7" LINER OUT OF CASED HOLE W/ CIRCULATION												
CURRENT OPERATION:												
PULL 7" LINER OUT OF CASED HOLE @2184m												
24 Hrs SUMMARY OPERATIONS:												
RUN 7" ANTON LINER IN CASED HOLE W/5" DP TO 9"5/8 CSG SHOE + BREAK CIRCULATION + RUN 7" LINER WITH 5" DP IN OPEN HOLE + POOH 7" LINER TO 9"5/8 CSG SHOE + CIRCULATE HOLE CLEANER + PULL 7" LINER OUT OF CASED HOLE												
PLAN OPERATIONS:												
POOH 7" LINER + WIPER TRIP												
REQUIREMENTS / RENTAL EQUIPMENT:												

Figure. 28. Rapport de SV SONATRACH explique l'incident.

### 3.1 Préparation de tubage récupéré pour le control non destructif CND dans la base 24 Février de Hassi Messaoud :

Le tubage est très importante dans le puits, c'est la barrière qui sépare le puits et la terre. Les tubes doivent être vérifiés un par un pour s'assurer que leurs caractéristiques sont conformes. Un seul tube non conforme dans une colonne de tubage suffit à compromettre la résistance de tous le tubage et cela provoquerai une rupture, donc ils doivent être testé à la fin de l'opération de cimentation avec une grande pression.

#### 3.1.1 Nettoyage et contrôle du grade des tubages

On a nettoyé les tubes récupérés du puits, et contrôlé le grade du chaque tube, on ne doit pas se référer aux inscriptions marquées, qui peuvent contenir des erreurs.



Figure.29. matériel de nettoyage.

#### 3.1.2 Marquage :

Marques peintes au pochoir de la longueur du tube, et les mesures et numérotation de tubage.



Figure. 30. Contrôle de grade d'acier.



**Figure. 31.** Déplacement de tubage

### **3.1.3 Contrôle des filetages :**

On a contrôlé les filetages, ils doivent être nettoyés avant leur contrôle visuel de leur état. Si le filetage est abîmé, le tube doit être éliminé, et le motif d'élimination doit être mentionné.



**Figure. 32.** Instruments de mesure



**Figure.33.** L'outil de réparations de petit défaut au filetage et de contrôle de filetage

### 3.1.4 Calibrage :

On a calibré les épaisseurs des tubes, ils doivent être calibrés avec le calibre 133,5 mm qui correspond aux normes API, la figure (35) présente la certification de chaque épaisseur de tube a son calibre correspondant.

Les calibres eux-mêmes doivent être vérifiés parce qu'ils s'usent et perdent du diamètre assez rapidement. Le calibre doit passer dans tous les tubes minimum 2 fois. Il arrive que le calibre ne passe pas dans un tube, simplement parce que celui-ci est sale ; dans ce cas, il faut nettoyer le tube et recommencer l'opération.



**Figure. 34.** le calibre de tubage (drift).



	<b>CONFORMITY CERTIFICATE</b>	Page 1 sur 1	 DUET
		Date d'effet: 10/04/2015	
		Structure: DUET	

## DRIFT - CONFORMITY CERTIFICATE

Customer: DFC	Certified number N°: 352 / 2019		
Purchase Order: 126/2019	Date: 05/03/2019	Controlled by: B. SAIDANI	
DUET Work Order N°: 072/2019/FAB	Date: 06/02/2019	Date: 25/06/2019	Visa: <i>Saidani</i>

Item	Identification Number	Product	Size	Visual control	Diameter		Length		Results
					Nominal	Actual	Nominal	Actual	
B	1262	DRIFT CASING 7" # 29 LBS / FT	7"	OK	153.90	153.90	133.50	133.50	OK

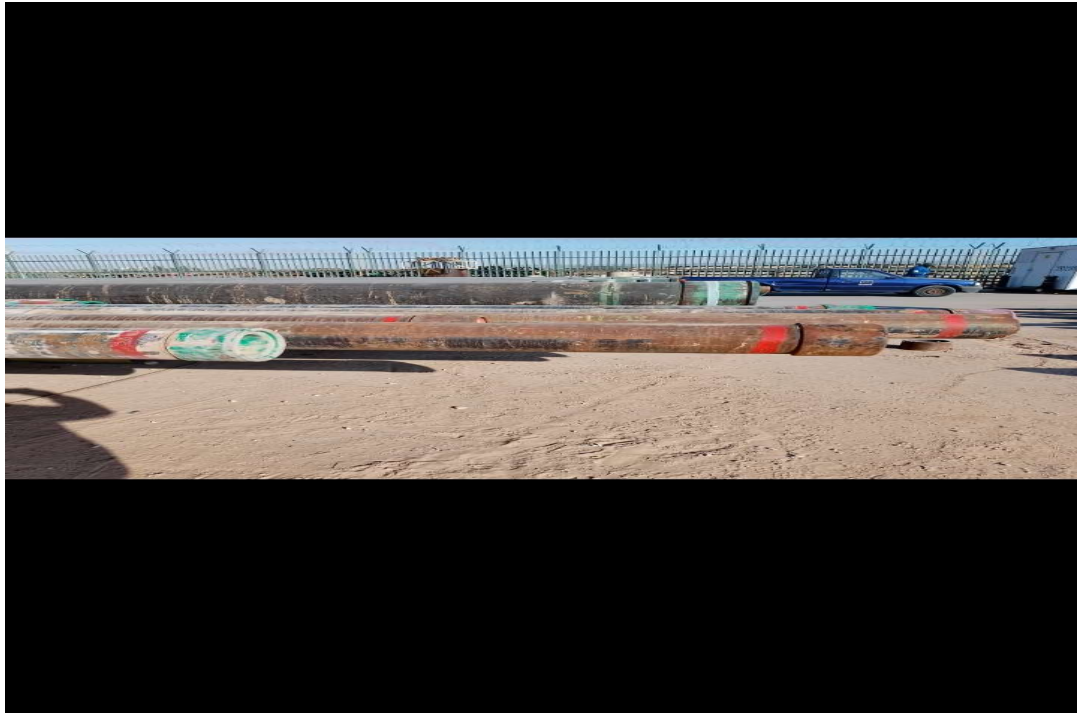
Figure.35. Certificat de conformité de calibre.

### 3.3. Procédures d'inspection de tubage

#### 3.2.1. Inspection visuelle

On avait besoin d'un spécifique matériel pour effectuer cette tâche :

- A) Jauge de profil de filetage.
- B) Petit miroir susceptible d'être insérée dans le filetage intérieur.
- C) La source de lumière d'intensité suffisante pour éclairer les filets internes.
- D) Une brosse métallique rotative pour éliminer la corrosion de surface.



**Figure. 36.** les tubes sur les racks (le tube reformé en couleur rouge)

#### 3.2.2. Les procédures des Mesure d'épaisseur de tube par ultrason :

On a utilisé le DM4, un appareil de contrôle à ultrason ce qui nous garantissent les avantages suivants :

- C'est un contrôle à ultrason non destructif peut être effectué sur les tubes métalliques et non métalliques contrairement à d'autres méthodes qui sont limitée sur les tubes métalliques comme la magnétoscopie.
- Facile à utiliser pour les tubes.
- Ce contrôle permet la détection des défauts à l'intérieur des matériaux.
- La grande précision est possible.

- La localisation et le dimensionnement des épaisseurs sont permis.
- La rapidité de mise en œuvre.
- Contrôle en service possible, large domaine d'application.
- Contrôle est effectué en temps réel, on peut contrôler les améliorations chaque fois.

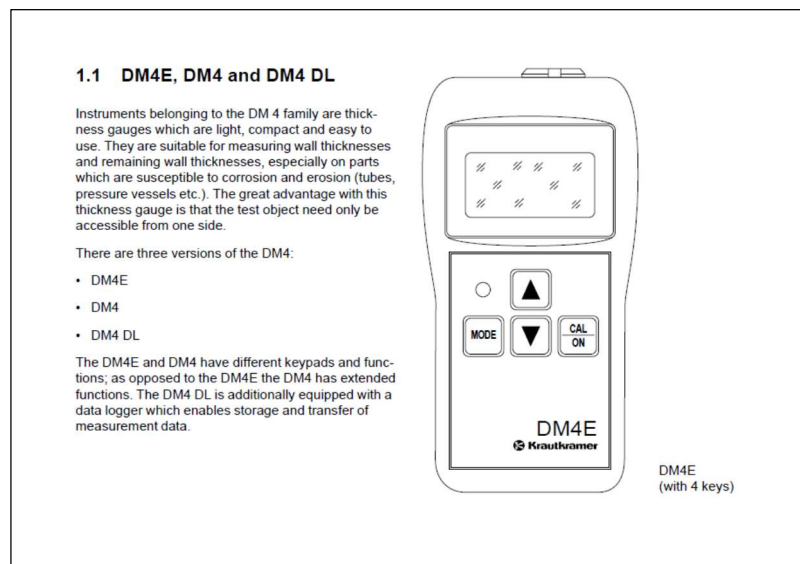
- Principe de fonctionnement de l'appareil à ultrason DM4 :

Les ondes ultrasonores se propagent dans un matériau. A l'émission, le transducteur génère une onde ultrasonore par effet piézoélectrique, et à la réception, le transducteur convertit l'énergie mécanique en un signal électrique. Il sert à parcourir les milieux par des ultrasons et identifier les fissures, défauts, et aussi à mesurer les épaisseurs qui engendrent des perturbations dans la propagation de ces ondes ces perturbations sont traduites par des pics dans son écran d'affichage, D'une façon très simple on dira que l'appareil à ultrasons possède trois principales fonctions :

A- L'émission,

B- La réception,

C- La visualisation



- On a nettoyé la surface de la zone à tester de la saleté, la graisse, toute autre chose interdirait la mesure de l'épaisseur de paroi avec précision.
- On a calibré l'appareil à ultrasons conformément aux instructions du fabricant.
- On a placé une petite quantité de gèle couplant sur la zone du tube à évaluer. Après, on a placé le capteur sur le tube, on a déplacé le transducteur lentement autour de la zone suspecte, on a pris trois (3) mesures, deux (2) de l'extrémité de tube, et (01) une mesure au milieu. Pare ce qu'une seule lecture ne peut pas être une cause de rejet.
- L'épaisseur limite est plus au moins de 5 pour cent.
- On a déplacé le transducteur le long du périphérique dans deux directions différentes, on a appliqué la moyenne des trois lectures pour obtenir l'épaisseur de paroi moyenne. Si cela est en dessous de l'épaisseur limite, le tube sera rejeté.



**Figure.37** : Mesure d'épaisseur de tube par ultrason.

### 3.2.3. Calibrage de l'appareil ultrason :

- Le calibrage de l'appareil à ultrason doit être effectué après chaque cinquante (50) mesure.
- Avant et après une pause-repas.
- Fin la relève de travail ou une journée de travail ou début du relève ou jour de travail.

### **3.3. Rapports :**

Un rapport d'inspection sous format Excel doit être préparé à la suite de cette procédure, il doit comporter, au minimum, les éléments suivants :

- La date de l'inspection.
- Description de tubage.
- Résumé du résultat.
- Nombre de longueurs et des séquences de conduite acceptable (tubes récupérés).
- Nombre de longueurs et des séquences de conduite inacceptable (tubes rejetés).
- Motif de rejet de la conduite inacceptable
- Nombre total de longueurs et de séquences totales
- Signature de l'inspecteur en chef.

Le tableau (06) résume notre contrôle non destructif par ultrason effectué sur les 83 tubes récupérés, des caractéristiques : épaisseurs, poids.




CLIENT : SONATRACH DIVISION FORAGE														
NOM de agent CND : BENKACEM /ZERRAR														
<b>TUBAGE RECUPERER PAR LE PUITS RHQH 5</b>														
TUBAGE 7"			EPAISSEUR NORMAL				10,36 mm		CALIBRE NORMALISE					
GRADE P110			MIN EPAISSEUR 5',				0,52 mm		METHODE CONTRÔLE					
POID 29 LBS/ft			MAX EPAISSEUR 12,5',				1,29 mm		ULTRASON DM4					
FILTRAGE NEW VAM														
nume	calibre	feme	mal	epaisse	longeur	remarq	nume	calibre	feme	mal	epaisse	longeur n	remarque	
1	pass	ok	ok	10,92	11,3	rien	43	pass	ok	ok	10,88	10,31	rien	
2	pass	ok	ok	10,69	12,1	rien	44	pass	ok	ok	10,56	11,73	rien	
3	pass	ok	ok	10,7	11,7	rien	45	pass	ok	ok	10,87	12,79	rien	
4	pass	ok	not ok	10,87	11,9	a repare	46	pass	ok	not ok	10,88	11,97	a repare	
5	pass	ok	ok	10,71	11,9	rien	47	pass	ok	ok	12,72	11,97	rien	
6	pass	ok	ok	11,05	12	rien	48	pass	ok	ok	0,7	11,98	rien	
7	pass	ok	ok	10,66	12	rien	49	pass	ok	ok	10,87	11,72	rien	
8	pass	ok	ok	10,56	11,9	rien	50	pass	ok	ok	0,65	12	rien	
9	pass	ok	ok	10,49	11,5	rien	51	pass	ok	ok	11,05	11,76	rien	
10	pass	ok	ok	10,87	11,9	rien	52	pass	ok	not ok	0,66	12,45	a repare	
11	pass	ok	ok	10,76	11,7	rien	53	pass	ok	ok	0,56	11,85	rien	
12	pass	ok	ok	10,97	13,7	rien	54	pass	ok	ok	10,49	11,66	rien	
13	pass	ok	ok	10,88	10,9	rien	55	pass	ok	ok	10,56	11,32	rien	
14	pass	ok	ok	10,76	11,7	rien	56	pass	ok	ok	10,76	11,59	rien	
15	pass	ok	ok	10,7	10,8	rien	57	pass	ok	ok	10,97	12,03	rien	
16	pass	ok	ok	10,92	12	rien	58	pass	ok	ok	10,76	11,66	rien	
17	pass	ok	ok	10,69	12	rien	59	pass	ok	ok	10,56	11,9	rien	
18	pass	ok	ok	10,7	13,7	rien	60	pass	ok	ok	10,66	1,84	rien	
19	pass	ok	ok	10,71	12	rien	61	pass	ok	ok	10,71	12,13	rien	
20	pass	ok	ok	11,05	12,3	rien	62	pass	ok	ok	10,7	11,82	rien	
21	pass	ok	ok	10,66	10,3	rien	63	pass	ok	ok	10,87	11,95	rien	
22	pass	ok	ok	10,56	11,7	rien	64	pass	ok	ok	10,71	11,87	rien	
23	pass	ok	ok	10,49	11,9	rien	65	pass	ok	ok	11,05	10,29	rien	
24	pass	ok	ok	10,87	11,8	rien	66	pass	ok	ok	10,66	11,45	rien	
25	pass	ok	ok	10,76	11,5	rien	67	pass	ok	ok	1056	12,06	rien	
26	pass	ok	ok	10,97	11,9	rien	68	pass	ok	ok	10,49	11,67	rien	
27	pass	ok	ok	10,88	13,4	rien	69	pass	ok	ok	10,66	11,9	rien	
28	pass	ok	ok	10,76	10,3	rien	70	pass	ok	ok	10,76	11,97	rien	
29	pass	ok	ok	10,76	11,7	rien	71	pass	ok	ok	10,97	13,97	rien	
30	pass	ok	ok	10,7	10	rien	72	pass	ok	ok	10,88	10,63	rien	
31	pass	ok	ok	10,99	12	rien	73	pass	ok	ok	10,66	11,98	rien	
32	pass	ok	ok	10,69	12	rien	74	pass	ok	ok	10,69	10,9	rien	
33	pass	ok	ok	10,7	13,7	rien	75	pass	ok	ok	10,95	11,69	rien	
34	pass	ok	not ok	10,87	12	a repare	76	pass	ok	ok	10,7	11,69	rien	
35	pass	ok	ok	10,71	12,3	rien	77	pass	ok	ok	10,73	12,1	rien	
36	pass	ok	ok	11,05	10,3	rien	78	pass	ok	ok	10,87	11,78	rien	
37	pass	ok	ok	10,66	11,7	rien	79	pass	ok	ok	10,71	11,18	rien	
38	pass	ok	ok	10,56	11,9	rien	80	pass	ok	ok	11,05	11,67	rien	
39	pass	ok	ok	10,49	11,8	rien	81	pass	ok	ok	10,63	11,67	rien	
40	pass	ok	ok	9,1	11,9	out	82	pass	ok	ok	10,69	11,67	rien	
41	pass	ok	ok	10,76	11,9	rien	83	pass	ok	ok	10,69	11,87	rien	
42	pass	ok	ok	10,97	13,4	rien								
<b>TOTAL 83 JOINTS</b>							<b>04 JOINTS REPARER</b>							
							<b>01 JOINTS OUT</b>							
<b>LE 23/03/2024</b>														

Tableau .6. Le rapport de résultat du CND des tubes récupérés.

### **3.3.1. Interprétation :**

Après notre control non destructif par la méthode des ultrasons, des 83 tubes et suivant le tableau.6, nous avons trouvé 04 tubes endommager, ceux qui sont référenciés en jaune, les tubes N°: 4, 34,46 ,52. Ils ont être orientés vers la réparation, ces tubes sont bien été réparer et récupérés.

Malheureusement un tube est indiqué irréparable numéro 40 à cause de sa restriction d'épaisseur 9.1mm ou la norme fixe 9.84 mm au minimum [16], c'est le joint qui présente le point faible dans la colonne de tubage, sa position est au milieu de la colonne.

### **3.4. SOLUTION :**

Pour résoudre ce problème Le staff technique a proposé d'utiliser une colonne de tubage mixte, c'est à dire au milieu de la colonne en remplacer dix tubes avec des caractéristiques plus fort 7" 32# P110 -N.VAM, le poids des tubes de 32 au lieu 29lbs que les tubes utilisés, pour renforcer le point faible de la colonne ou généralement il se réside au milieu puisque le coincement s'est arrivé au fond.

Les caractéristiques de la colonne proposée sont:

Du tube numéros 1 au numéros 35 doit être de poids de 29lbs.

Du tube numéros 35 au numéros 44 doit être de poids de 32lbs.

Du tube numéros 44 au numéros 83 doit rester de poids de 29lbs.

#### **- Les caractéristiques de tubage 7" (32# P110 -N.VAM) seront :**

Nombre de tube 83

Diamètre extérieur de tube : 7" pouces, 177.8mm.

Diamètre intérieur 151.61 mm

32# ; poids de tube livre par pied.

Le grade d'acier de tube : P110.

Type de filetage normalisé : N.VAM.

Contraintes d'éclatement ; 11390 psi= 785.31 bar.

Contraintes d'écrasement ; 9864 psi =680.09 bar.

Contraintes à la traction 97000 livres =44 tons.

Dans cette colonne proposée on a pris en considération le renforcement du point faible de la colonne de tubage par dix tubes de poids de 32 lbs au milieu, si en cas ou un coincement de tube et l'utilisation d'une force de tirage (traction), la colonne support la force appliquée et on évite par conséquent la déformation des tubes du milieu qui sont toujours le point faible de la colonne.

Cette proposition de l'utilisation de colonne de tubes mixte (tubes de poids différents) a donné les résultats suivants :




CLIENT : SONATRACH DIVISION FORAGE													
NOM de agent CND : BENKACEM /ZERRAR													
<b>TUBAGE RECUPERER PAR LE PUITS RHQH 5</b>													
TUBAGE 7"				EPAISSEUR NORMAL		10,36/11,51 mm		CALIBRE NORMALISE					
GRADE P110				MIN EPAISSEUR 5 %		0,52 /0,58 mm		METHODE CONTRÔLE					
POID 29 / 32 LBS/ft				MAX EPAISSEUR 12,5		1,29 / 1,44 mm		ULTRASON DM4					
FILTAGE NEW VAM													
nume	calibre	feme	mal	epaisse	longeu	remarq	nume	calibre	feme	mal	epaisse	longeur	remarque
1	pass	ok	ok	10,92	11,3	rien	43	pass	ok	ok	12,71	11,45	rien
2	pass	ok	ok	10,69	12,1	rien	44	pass	ok	ok	12,05	12,06	rien
3	pass	ok	ok	10,7	11,7	rien	45	pass	ok	ok	10,87	12,79	rien
4	pass	ok	ok	10,87	11,9	rien	46	pass	ok	ok	10,88	11,97	rien
5	pass	ok	ok	10,71	11,9	rien	47	pass	ok	ok	12,72	11,97	rien
6	pass	ok	ok	11,05	12	rien	48	pass	ok	ok	10,7	11,98	rien
7	pass	ok	ok	10,66	12	rien	49	pass	ok	ok	10,87	11,72	rien
8	pass	ok	ok	10,56	11,9	rien	50	pass	ok	ok	0,65	12	rien
9	pass	ok	ok	10,49	11,5	rien	51	pass	ok	ok	11,05	11,76	rien
10	pass	ok	ok	10,87	11,9	rien	52	pass	ok	ok	10,66	12,45	rien
11	pass	ok	ok	10,76	11,7	rien	53	pass	ok	ok	10,56	11,85	rien
12	pass	ok	ok	10,97	13,7	rien	54	pass	ok	ok	10,49	11,66	rien
13	pass	ok	ok	10,88	10,9	rien	55	pass	ok	ok	10,56	11,32	rien
14	pass	ok	ok	10,76	11,7	rien	56	pass	ok	ok	10,76	11,59	rien
15	pass	ok	ok	10,7	10,8	rien	57	pass	ok	ok	10,97	12,03	rien
16	pass	ok	ok	10,92	12	rien	58	pass	ok	ok	10,76	11,66	rien
17	pass	ok	ok	10,69	12	rien	59	pass	ok	ok	10,56	11,9	rien
18	pass	ok	ok	10,7	13,7	rien	60	pass	ok	ok	10,66	1,84	rien
19	pass	ok	ok	10,71	12	rien	61	pass	ok	ok	10,71	12,13	rien
20	pass	ok	ok	11,05	12,3	rien	62	pass	ok	ok	10,7	11,82	rien
21	pass	ok	ok	10,66	10,3	rien	63	pass	ok	ok	10,87	11,95	rien
22	pass	ok	ok	10,56	11,7	rien	64	pass	ok	ok	10,71	11,87	rien
23	pass	ok	ok	10,49	11,9	rien	65	pass	ok	ok	11,05	10,29	rien
24	pass	ok	ok	10,87	11,8	rien	66	pass	ok	ok	10,66	11,45	rien
25	pass	ok	ok	10,76	11,5	rien	67	pass	ok	ok	1056	12,06	rien
26	pass	ok	ok	10,97	11,9	rien	68	pass	ok	ok	10,49	11,67	rien
27	pass	ok	ok	10,88	13,4	rien	69	pass	ok	ok	10,66	11,9	rien
28	pass	ok	ok	10,76	10,3	rien	70	pass	ok	ok	10,76	11,97	rien
29	pass	ok	ok	10,76	11,7	rien	71	pass	ok	ok	10,97	13,97	rien
30	pass	ok	ok	10,7	10	rien	72	pass	ok	ok	10,88	10,63	rien
31	pass	ok	ok	10,99	12	rien	73	pass	ok	ok	10,66	11,98	rien
32	pass	ok	ok	10,69	12	rien	74	pass	ok	ok	10,69	10,9	rien
33	pass	ok	ok	10,7	13,7	rien	75	pass	ok	ok	10,95	11,69	rien
34	pass	ok	ok	10,87	12	rien	76	pass	ok	ok	10,7	11,69	rien
35	pass	ok	ok	10,71	12,6	rien	77	pass	ok	ok	10,73	12,1	rien
36	pass	ok	ok	11,05	12	rien	78	pass	ok	ok	10,87	11,78	rien
37	pass	ok	ok	10,66	12,7	rien	79	pass	ok	ok	10,71	11,18	rien
38	pass	ok	ok	10,56	12,3	rien	80	pass	ok	ok	11,05	11,67	rien
39	pass	ok	ok	10,49	12,8	rien	81	pass	ok	ok	10,63	11,67	rien
40	pass	ok	ok	9,1	12,1	rien	82	pass	ok	ok	10,69	11,67	rien
41	pass	ok	ok	10,76	12,5	rien	83	pass	ok	ok	10,69	11,87	rien
42	pass	ok	ok	10,97	12,7	rien							
<b>TOTAL 83 JOINTS</b>													
<b>Tube 29 lbs</b>													
<b>Tube 32 lbs</b>													
												<b>LE 15/05/2024</b>	

Tableau .7. Le rapport de colonne mixte.

D'après l'expérience professionnelle du staff technique de SONATRACH dans le domaine de forage des puits pétroliers, leurs proposition d'utiliser une colonne mixte de 83 tubes, c'est-à-dire, renforcés les tubes du milieu par des tubes de poids élevé que les autres tubes de la colonne, a résolu le problème, les tubes récupérés contrôlés sont tous conforme, on a récupéré tous les tubes de la colonne mixte sans les endommager et ils peuvent dans ce cas être réutilisé pour un nouveau forage de puits pétrolier.

### **3.5. Conclusion:**

Dans ce chapitre nous avons appliqué le contrôle non destructif avec l'appareil à ultrason DM4 sur le tubage récupérer du puits pétrolière RHQH 5 région RHOUD NOUSS pour détecter les défauts et mesurer les épaisseurs et les dimensions sans endommager les tubes.

Après notre contrôle CND on a détecté la défaillance de 5 tubes. Après réparation, on a récupéré 04 tubes et on a marqué la défaillance du tube de milieu.

D'après ces résultats le staff technique et selon son expérience professionnelle dans le domaine de forage des puits pétroliers, leurs propositions d'utiliser une colonne mixte de même tubage c-à-d, renforcés le poids des tubes du milieu, a résolu le problème.

Dans une nouvelle expérience de récupération de tubes, on a noté la conformité de tous les tubes de la colonne sans endommagement lors de leur récupération, ils peuvent dans ce cas être réutilisés dans un nouveau forage.

## Conclusion générale

Ce qui est connu sur le forage de puits de pétrole, qu'il est un processus très dangereux et techniquement très délicat. La moindre défaillance peut causer des catastrophes et des pertes graves sur les vies humaines et les infrastructures, sans mentionner les effets indésirables sur l'environnement et la grande perte de l'investissement.

Le contrôle non destructif par ultrason appliqué aux tubes récupérés d'une colonne pour forage d'un puits pétrolier, constituée de 83 tubes, a une grande importance surtout pour le cas de réinstallation de cette colonne et de la réutilisation de ces tubes.

Par ce contrôle on peut identifier leurs caractéristiques sans les endommager, on peut identifier la dégradation de leur qualité pendant la remontée de la colonne en cas de coincement lors de la descente des tubes dans les forages.

Notre application a été effectuée au puits pétrolier RHQH 5 région RHOUD NOUSS à HASSI MESSAOUD, où on a contrôlé une colonne de 83 tubes qui s'est coincée, pendant le tubage. La récupération de ces tubes a endommagé quelques tubes ce qui a été identifié par le contrôle non destructif à ultrason avec l'appareil : DM4, 4 tubes défaillants ont été réparés et un tube est classé irrécupérable d'une épaisseur très restreinte. Pour résoudre ce problème et avec la collaboration du staff technique de SONATRACH, ils ont proposé d'utiliser une colonne de tubage mixte ou les tubes de milieu ayant un poids supérieur aux autres tubes, lors d'un coincement pendant la descente de la colonne, cela a permis de récupérer tous les tubes intacts sans les endommager malgré l'utilisation de la force de traction pour remonter toute la colonne à la surface.

Et d'après cette étude on peut conclure que l'utilisation de contrôle non destructif par ultrasons nous a permis d'effectuer les mesures en toute rapidité, efficacité et fiabilité, ce qui est recommandé pour les pièces et les engins précieux, et aussi l'utilisation des colonnes mixtes pour le forage de puits pétroliers de profondeur de plus de 3300 m préserve la qualité des joints (tubes) en cas de récupération lors d'un coincement imprévu.

## **Bibliographie**

- [1] REZAGUIA YAMINA Mémoire MASTER PROFESSIONNEL, Thème ETUDE ET DIMENSIONNEMENT D'UNE POMPE A BOUE UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA , 2016.
- [2] <https://www.olympus-ims.com/fr/solutions/oil-gas/> Industrie pétrolière et gazière
- [3] DJELLOULI Hacene, GEUDIRI Mounir. MEMOIRE LICENCE ACADEMIQUE Thème « Contrôle Non Destructif dans les appareils de forages Application sur les tiges de forage » UNIVERSITE D'EL-OUED, 2013-2014
- [4] Djennadi Idriss Moulay, La cimentation et son importance dans un forage pétrolier Cas de cimentation d'un Liner 7'' d'un puits réel, ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE, 2015
- [5] EST - Littoral - Filières GAP/GEHS/GTR © 2020
- [6] Wiki «[http:// fr.m wikipedia.org](http://fr.m.wikipedia.org)
- [7] BELKAMEL Aissa, MEMOIRE MAGISTER Thème «Contribution à l'optimisation du temps au cours de forage dans la phase 8 ½'', HASSI MESSAOUD» UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA (Pag 04.05) 2015.
- [8] HADJEBAR BILLAL. BELOUIS HAKIM. Mr. OUERDANE AISSA Mémoire MASTER académique Thème «Etude de la boue de forage et dimensionnement de la pompe à boue triplex à simple effet» UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI, TIZI-OUZOU (Pag 13.16.23), 2018/2019.
- [9] KAROUI Hani. KHANIFAR Choayb. ABBASSI Salah. Mémoire MASTER Thème « Etude comparative entre le tubage encours de forage (CWD) et le forage conventionnel Cas d'étude : le puits ST 69») UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA (page 03 04) 2018/2019
- [10] DJELLOULI Hacene, GEUDIRI Mounir. MEMOIRE LICENCE ACADEMIQUE Thème «Contrôle Non Destructif dans les appareils de forages, Application sur les tiges de forage » UNIVERSITE D'EL-OUED (05...10) 2013-2014
- [11] Jean-Paul NGUYEN, « Techniques d'exploitions pétrolière le forage », Institut Français du Pétrole.
- [12] ARAOUNE Mokrane, BOUKHROUF Thiziri. Mémoire MASTER en Hydraulique Thème «Caractérisation et forage d'un puits pétrolier (huile, gaz) cas du puits NHN-7» UNIVERSITE de Bejaia (Pag 13) 2021.
- [13] <https://www.wldsteel.com/fr/quest-ce-que-le-capsulage-de-lhuile-et-a-quoi-sert-il/>
- [14] <https://www.wldsteel.com/fr/quest-ce-que-le-capsulage-de-lhuile-et-a-quoi-sert-il/>

- [15] Akkal Rezki Mémoire de master en Génie Minier Thème « cimentation et son importance dans un forage pétrolier cas de cimentation d'un Liner 7" d'un puits réel» ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE (Pag 13), 2015.
- [16] A. Slimane et M. Dadou, (2004), "module M1". Division forage
- [17] A ARAOUNE Mokrane, M. BOUKHROUF Thiziri. Mémoirer MASTER, Thème «Caractérisation et forage d'un puits pétrolier (huile, gaz) cas du puits NHN-7», University Bedjiaï 2021.
- [18] EL-GHOULAM Houda. HAFSI Manel Mémoirer MASTER, Thème «Suivi de réalisation du forage Albien OMPHA-9 dans la région de Hassi Messaoud (Algérie) » UNIVERSITE SAAD DAHLAB – BLIDA 1, 2019.
- [19] Béarn Opérations Pompages Services <https://bops64.com/page/cimentation>
- [20] Division forage « Problèmes De Trou », janvier 2004.
- [21] Sonatrach rapports journaliers de 51 puits région Hassi Massaoud 2008-2013

## **Résumé :**

Malgré le développement remarquable dans le domaine du forage des puits de pétrole et de leur préparation à la production, ils sont toujours confrontés à des problèmes particuliers en matière de sécurité et de durée de vie. L'un des défis les plus importants est la récupération et la réutilisation des tubes pour minimiser les frais de production.

Notre étude porte sur le contrôle non destructif des tubes de forage récupérés, sans les endommager, par la méthode des ultrasons, et d'identifier la conformité de ces tubes récupérés, notre étude se consacre aussi à détecter la cause de défaillance des tubes endommagés, et par conséquent de proposer des solutions qui augmentent les chances de récupération du tubage.

## **Abstract:**

Despite the remarkable development in the field of drilling oil wells and preparing them for production, they still face special problems in terms of safety and service life. One of the most important challenges is the recovery and reuse of tubes to minimize production costs.

Our study focuses on the non-destructive testing of recovered drilling tubes, without damaging them, by the ultrasound method, and to identify the conformity of the recovered tubes. Our study is also dedicated to detecting the cause of failure of damaged tubes, and therefore proposed solutions that increase the chances of recovery.

## **الملخص:**

على الرغم من التطور الملحوظ في مجال حفر آبار النفط وإعدادها للإنتاج، إلا أنها لا تزال تواجه مشاكل خاصة من حيث السلامة والعمر الخدمي. أحد أهم التحديات هو استعادة أنابيب آبار البترول وإعادة استخدامها لتقليل تكاليف الإنتاج.

تركز دراستنا على الاختبار والمعاينة غير المدمرة لأنابيب الحفر المستردة، دون إتلافها، بطريقة الموجات فوق الصوتية، والتعرف على مطابقة الأنابيب المستردة. دراستنا مخصصة أيضاً للكشف عن سبب فشل استرجاع الأنابيب التالفة، وبالتالي الحلول المقترحة التي تزيد من فرص استردادها.