

**Université KASDI MERBAH OUARGLA**

**Faculté** des Hydrocarbures, des Energies Renouvelables et des Sciences de la  
Terre et de l'Univers

**Département** : Forage et Mécanique des chantiers pétroliers



**Mémoire**

**MASTER PROFESSIONNEL**

**Domaine** : Sciences et techniques

**Filière** : Hydrocarbures

**Spécialité** : Forage professionnels.

Présenté par :

Radouane Chefrag

Yahia Achour

Tarek Boularouk

# Thème

**Calcule des paramètres de fraisage au cour  
d'opération de work-over cas de puits HRi  
39 Champ Hassi Rmel .**

Soutenu publiquement le :14/06/2023

Devant le jury:

M. Fenazi Bilal	Dr.	President	UKMO
M. Abidi saad Elfakeur	MCA.	Examineur	UKMO
Mme Chouicha Samira	MCB.	Encadreur	UKMO

**Année Universitaire: 2022/2023**

# REMERCIEMENTS

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.

En second lieu, nous tenons à remercier notre encadrante Mme : **CHOUICHA Samira** , pour ses précieux conseils et son aide durant toute la période du travail.

Nous tenons à saisir cette occasion et adresser nos profonds remerciements et nos profondes reconnaissances :

- Aux responsables et aux enseignants du département.
- A nos familles et nos amis qui par leurs prières et leurs encouragements, on a pu surmonter tous les obstacles.

Nous remercions toutes les personnes qui ont participées de près ou de loin à l''élaboration de modeste travail.

# *Dédicace*

*Je tiens C'est avec grande plaisir que je dédie ce modeste travail:*

*À l'être cher de ma vie, ma mère.*

*À celui qui m'a fait de moi un homme, mon père.*

*À Mes chers Frères et Sœurs.*

*À Les enfants de la famille.*

*À tous mes amis.*

*À toute personne qui occupe une place dans mon cœur.*

*Je dédie ce travail à tous ceux qui participé à ma réussite*

*Radouane*

# *Dédicace*

*Je tiens C'est avec grande plaisir que je dédie ce modeste travail:*

*À l'être cher de ma vie, ma mère.*

*À celui qui m'a fait de moi un homme, mon père.*

*À Mes chers Frères : Rafik , Bilal et Azou*

*À Mes chères Sœurs.*

*À Les enfants de ma famille : Arwa , Djinen et Abd errahmen .*

*À tous mes amis.*

*À toute personne qui occupe une place dans mon cœur.*

*Je dédie ce travail à tous ceux qui participé à ma réussite*

*Yahia*

## **Résumé :**

Notre travail consiste à l'étude d'optimisation des paramètres de fraisage du packer de production et de packer intermédiaire lors des opérations de workover du puits HR 39i. L'objectif du travail vise d'une part à déterminer les paramètres hydrauliques et mécaniques optimaux pour le fraisage des packer et évaluer le coût économique de l'opération d'autre part.

Les paramètres hydraulique calculés permettent de nous donner des résultats suivants ; la boue utilisé est boue à base huile, le débit minimale pour le packer de production  $Q_{min}=475$  L/min et pour packer Intermédiaire  $Q_{min}=570$  L/min .

Les paramètres mécanique optimaux calculés permettent de nous donner des meilleurs résultats : pour le packer de production RPM =79 à 94 tours/min et WOB =1,3 à 4,35 tonnes ; pour packer Intermédiaire 7'' RPM=94 à 127 tours/min et WOB de rotary shoe WOB=0,9 à 2,97 tonnes WOB de junk mill WOB=1,92 à 6,4 tonnes .ils sont fiables, applicables et rentables.

L'optimisation des paramètres de Fraisage économiquement est rentable.

**Mot clé:** fraisage, RPM, junk mill ,rotary shoe, WOB, puits HR 39i ,

## **Abstract**

Our work consists of the milling optimization study of the production packer and intermediate packer during the workover operations of the HRi 39 well. The objective of the work aims on the one hand to determine the optimal hydraulic and mechanical parameters for the milling of the packer and to evaluate the economic cost of the operation on the other hand.

The calculated hydraulic parameters allow us to give the following results; the mud used is oil-based mud, minimum flow for the production packer  $Q_{min}=475$  L/min and for the Intermediate packer  $Q_{min}= 570$  L/min.

The calculated optimal mechanical parameters allow us to give the best results: for the production packer RPM =79 to 94 rpm and WOB=1.3 to 4.35 tons, for the Intermediate packer 7" RPM=94 to 127 rpm) and WOB of rotary shoe = 0.9 to 2.97 tons) WOB of junk mill =1.92 to 6.4 tons. They are reliable, applicable and profitable.

Optimizing Milling parameters economically pays off.

**Key words :** milling,RPM,junk mill , rotary shoe , WOB , HRi 39 well.

# Sommaire

Introduction .....	1
Chapitre I : Génialité sur work-over .....	3
I.1. Introduction .....	3
I.2. Définition .....	3
I.3. But de work-over.....	3
I.4. Causes De Reprise : .....	4
I.5. Identification Des Problèmes Se Posant Aux Puits .....	4
I.6. Types De Workover .....	5
I.7. Déroulement Générale D'une Work-Over .....	6
I.7.1. Préparation du puits (avant l'arrivée de l'unité d'entretien ou de workover) ...	6
I.7.2. Préparation du site du puits .....	6
I.7.4. neutralisation des puits .....	6
I.7.4.1. Le choix de la procédure de la neutralisation :.....	7
I.7.4.2. Préparation de l'opération de la neutralisation : .....	7
I.7.4.3. Les méthodes de la neutralisation .....	7
I.7.6. Installation de l'unité d'entretien ou de workover .....	9
I.7.8. Retrait de l'équipement de workover .....	10
I.7.9. Nettoyage après workover : .....	11
I.7.10. L'intervention dans le puits sous contrôle .....	11
I.7.12. Remise en production / injection de puits .....	11
I.8. Nettoyage de puit .....	11
I.8.1. Définition d'une opération de nettoyage d'un puits .....	12
I.8.2. Description d'une opération de nettoyage d'un puits .....	12
I.8.4. Problèmes liés au mauvais nettoyage : .....	12
Chapitre II : Opération de Fraisage .....	15
II.1. Introduction .....	15
II.2. Role de fraisage .....	15
II.4. Paramètres de fraisage .....	16
II.4.1. Paramètres hydrauliques .....	16
II.4.2. Paramètres mécaniques .....	17
II.5. Choix des outils de fraisage .....	18
II.6. Les outil de fraisage .....	19

II.6.1. Outil de fraisage de ferraille [JUNK MILL] .....	19
II.6.2. Les « Economills » .....	20
II.6.3. Outil de fraisage conique [TAPER MILL] .....	21
II.6.4. Outil de fraisage à guide central [PILOT MILL] .....	22
II.6.5. Les sabots rotatif (Rotary Shoe) .....	22
II.7. Procédure générale de fraisage : .....	23
II.7.1. Préparation pour un travail de fraisage. ....	23
II.7.3. Préparation BHA : .....	23
II.7.4. Réalisation de l'opération : .....	24
a. Pour les Outil de fraisage de ferraille [JUNK MILL] .....	24
b. Pour Outil de fraisage à guide central [PILOT MILL] .....	25
c. Pour Outil de fraisage conique [TAPER MILL] .....	26
II.7.5. Interprétation l'usure de l'outil après la remonte .....	26
II.8. Fraisage Packer par Packer-milling tool .....	26
Chapitre III: Analyse et optimisation des paramètres de fraisage .....	29
III.1. Implantation du puits HRI 39 .....	29
III.1.1. Objectifs de reprise .....	29
III.1.2. Localisation du puits HRI 39 .....	29
III.1.3. La fiche technique de puits HRI 39 .....	30
III.2. Analyse et optimisation les paramètres de fraisage .....	31
III.2.1. Les paramètres hydrauliques .....	31
III.2.1.1. Les caractéristiques de la boue .....	31
a. Mesure de la viscosité et des gels avec le viscosimètre FANN .....	31
b. Interprétation : .....	32
III.2.1.2. Le régime d'écoulement et les perte de charge : .....	34
a. les formules de calcul .....	34
b. la vitesse critique : .....	35
c. Calcul la densité équivalente .....	35
d. Analyse des perte de charge : .....	35
III.2.1.3. Calcul le débit minimal pour assurer le nettoyage .....	39
a. La vitesse de sédimentation $V_s$ : .....	39
b. Application numérique .....	40
c. La vitesse de sédimentation corrigée $V_{s_{cor}}$ .....	41

d. le débit minimal pour assurer le nettoyage : .....	42
III.2.2. Les paramètres mécaniques .....	42
III.2.2.1. Le poids sur l'Outil .....	43
III.2.2.3. L'avancement de l'outil de fraisage ROP .....	43
III.2.2.2. La vitesse de rotation .....	43
III.2.2.4. Le Torque .....	44
III.2.3. Application sur Puits HRi 39 .....	44
III.3. L'opération de fraisage .....	45
III.3.1. Analyse d'opération .....	48
III.4. Comparaison avec autre Puits .....	51
III.5. Aperçu économique .....	52
Conclusion générale .....	55



## Liste des figures

### Chapitre I : Génialité sur work-over

Fig.I.1: Le processus de la circulation du fluide de forage

### Chapitre II : Opération de Fraisage

Fig. II. 1 : outil junk mill

Fig. II. 2 :outil junk mill

Fig. II. 3 :outil junk mill Cone buster

Fig. II. 4 :outil junk mill super

Fig. II. 5 :outil Economill

Fig. II. 6 :outil conique standard

Fig. II. 7 :outil conique pour conducteurs

Fig. II. 8 :outil conique à cordes

Fig. II. 9 :outil à guide central

Fig. II. 10 : Rotary Shoe

Fig. II. 11 :Schéma de procédure de fraisage de packer

### Chapitre III: Analyse et optimisation des paramètres de fraisage

Fig III.1 : Fiche technique du Puits HRi 39

Fig III.2 : viscosimètre FANN

Fig III.3 : contraintes de cisaillement en fonction de la vitesse de rotation de rotor

Fig III.4: pertes de charge en fonction de débit dans les tiges et dans l'espace annulaire

Fig III.5: pertes de charge en fonction de débit dans les tiges et dans l'espace annulaire

Figure III.6.: Capteur de profondeur (Depth)

Fig III.7 : La courbe de l'avancement en fonction de temps

Fig III.8: La couronne 8''<sup>3</sup>/<sub>32</sub> x 6''<sup>13</sup>/<sub>32</sub> avant et après le fraisage

Fig III.9: la courbe de l'avancement en fonction de temps de fraisage packer 7''

Fig III.10 : La couronne 5''<sup>31</sup>/<sub>32</sub> x 4''<sup>3</sup>/<sub>8</sub> avant et après le fraisage

ANNEX.A.1. garniture de fraisage standard

ANNEX.A.2. garniture de fraisage par packer milling tool

## Liste des tableaux

### Chapitre II : Opération de Fraisage

Tab II .1. les outils de fraisage et leurs utilisation

### Chapitre III: Analyse et optimisation des paramètres de fraisage

Tab III.1 : Tubage du Puits HRi39

Tab III.2 : Niveau de perforation de Puits HRi 39

Tab III.3 : les caractéristiques de la boue

Tab III.4 : Les mesures des tensions de cisaillement de nombre de tours

Tab III.5 : Les paramètres rhéologique de la boue utilisé

Tab III.6 : les équations de vitesse critique et les expressions des pertes de charge [22]

Tab III.7 : Calcule  $\Delta p$ ,  $V_b$  et détermine le Régime d'ecl en fonction de débit dans les Tiges

Tab III.8 : Calcule  $\Delta p$ , ECD,  $V_b$  et détermine le Régime d'ecl en fonction de débit dans espace annulaire

Tab III.9 : Calcule  $\Delta p$ ,  $V_b$  et détermine le Régime d'ecl en fonction de débit dans les Tiges

Tab III.10 : Calcule  $\Delta p$ , ECD,  $V_b$  et détermine le Régime d'ecl en fonction de débit dans espace annulaire

Tab III.11 : Coefficients de trainé  $C_x$

Tab III.12 :  $[(V_s)]_{cor}$  en fonction en fonction  $R_{es}$

Tab III.13 : le débit minimale pour assurer le nettoyage

Tab III.14 : les paramètres optimaux pour le Packer de production 9''5/8

Tab III.15 : les paramètres optimale pour le Packer Intermédiaire

Tab III. 16 : les paramètres enregistré au cours d'opération

Tab III.17 : La durée de fraisage Packer 9''5/8 et Packer 7'' des différents Puits

Tab III.18 : Les charges Journaliers de la sonde

Tab III.19 : Les prix de rechargement outils ALDIM

Tab III.20 : Le coût globale de l'opération

ANNEX.C.1. l'opération de fraisage des packer dans les différents puits

### Symboles nomenclature :

symbole	Désignation	unité
<b>BOP</b>	bloc obturateur de puits	
<b>C<sub>x</sub></b>	Coefficients de trainé	
<b>D</b>	Diamètre intérieur de tige de forage	mm
<b>D<sub>0</sub></b>	Diamètre intérieur de Csg	mm
<b>D<sub>i</sub></b>	Diamètre extérieur de tige de forage	Mm
<b>d</b>	Le diamètre des particules solides est	mm
<b>GOR</b>	Gas Oil Ratio	
<b>g</b>	Champ d'accélération	m/s <sup>2</sup>
<b>L</b>	la longueur de la conduite	M
<b>M</b>	Nombre de mètres fraisés	M
<b>OD</b>	Diamètre extérieur de l'outil de fraisage	In
<b>P<sub>m</sub></b>	Prix du mètre	DA/m
<b>P<sub>h</sub></b>	Prix de l'heure de l'appareil de Workover	DA/h
<b>P<sub>o</sub></b>	Prix de l'outil de fraisage neuf	DA
<b>Q<sub>min</sub></b>	débit minimal	L/min
<b>R<sub>e</sub></b>	nombre de Reynold	
<b>R<sub>e<sub>s</sub></sub></b>	nombre de Reynold de particule	
<b>ROP</b>	vitesse d'avancement	Tours/m
<b>RPM</b>	La vitesse de rotation de Rotary table	(trs/min)
<b>SPV</b>	Vanne de sécurité de pression	
<b>SCSSV</b>	Vanne de sécurité de sub surface	
<b>S</b>	surface selon laquelle la particule se projette	m <sup>2</sup>
<b>s</b>	l'aire de la surface selon laquelle la particule se projette sur un plan perpendiculaire de vi l	mm <sup>2</sup>
<b>T<sub>r</sub></b>	Temps de rotation de l'outil pour effectuer le métrage m	H
<b>T<sub>m</sub></b>	Temps de manœuvre nécessaire pour descendre et remonter la fraise	H
<b>V<sub>c</sub></b>	la vitesse critique	m/s
<b>V</b>	la vitesse du fluide dans la conduite	m/s
<b>V</b>	le volume de particule.	mm <sup>3</sup>
<b>V<sub>s</sub></b>	La vitesse de sédimentation	m/s

<b>V<sub>scor</sub></b>	La vitesse de sédimentation corrigé	m/s
<b>V<sub>Lmin</sub></b>	La vitesse linéaire optimale de carbure de tungstène dans le fraisage des aciers	$ft^2/min.$
<b>V<sub>Lmax</sub></b>	La vitesse linéaire optimale de carbure de tungstène dans le fraisage des aciers	$ft^2/min.$
<b>WOB</b>	Le Poids sur L'Outil	Tonnes
<b>WOR</b>	Water Oil Ratio	

### Lettres grecques

<b>Symbole</b>	<b>Désignation</b>	<b>Unité</b>
<b><math>u_a</math></b>	<i>Viscosité apparente</i>	Cp
<b><math>u_p</math></b>	Viscosité plastique	Cp
<b><math>Yv</math></b>	<i>Yield Value</i>	lbs/100 ft <sup>2</sup>
<b><math>u_e</math></b>	la viscosité équivalente	Cp
<b><math>\rho</math></b>	la densité du fluide.	Kg/ m <sup>3</sup>
<b><math>\Delta p</math></b>	les pertes de charge	Bars
<b><math>\rho_s</math></b>	La masse volumique de l'acier de Packer	Kg/ m <sup>3</sup>
<b><math>\rho_b</math></b>	La masse volumique de la boue	Kg/ m <sup>3</sup>

## *Introduction*

A un certain moment dans la vie de tous les puits de pétrole et de gaz, les pièces nécessiteront l'entretien, la réparation ou le remplacement, a cette époque, les opérateurs se tournent vers des spécialistes d'intervention.

Les interventions se divisent en deux catégories : légers ou lourds, au cours des interventions légères, les techniciens inférieurs des outils ou des capteurs dans un puits en direct alors que la pression est contenue à la surface dans les interventions lourdes, l'équipe de forage peut arrêter la production a la formation avant de faire des changements majeurs de l'équipement.[1]

Dans Les interventions légères en utilisant un câble (slickline et wire line) ou tubage enroulé (coiled tubing) ces systèmes permettent de réduire les risques de blocages de puits potentiels, et aussi pour modifier ou ajuster un équipement de fond tels que des vannes ou des pompes, ou pour recueillir la pression de fond, la température et les données de flux.

Alors que Les interventions lourdes( aussi appelées workover) nécessitent l'équipage de plate-forme pour enlever la tête de puits et d'autres barrières de pression du puits pour permettre un accès complet au trou de forage, ces opérations nécessitent une plate-forme pour supprimer et réinstaller l'équipement de tête de puits et d'achèvement.

En règle générale, les interventions lourdes sont utilisées pour remplacer des pièces telles des tube de production et liner, certaines interventions lourdes sont effectuées pour brancher et abandonner une zone de production d'origine pour reconfigurer le puits pour produire à partir d'une zone secondaire ou faire un voie secondaire ; Lors du démarrage de la réalisation de ces opérations, nous rencontrons des problèmes tels que l'impossibilité de désencrage de packer , le packer utilisé est irrécupérable, une écrasement dans le tube de production qui ne laisse pas de le retirer hors le puit et le besoin de faire une fenêtre dans le tubage. Dans ces cas, nous recourons à l'utilisation des opérations de repêchage et de fraisage.

Le fraisage est une opération d'instrumentation pour le but de destruction totale ou partielle d'équipement ou du tubage qu'on ne peut pas repêché qui nécessite l'utilisation de fluide et d'outil appropriée.

Dans le cadre de notre étude on a optimise les paramètres de fraisage hydrauliques et mécaniques avec un meilleur choix des Outils selon le cas, a partir les résultats obtenus on peut donner un manuel de fraisage ce qui nous permet de gagner du temps et d'éviter les problèmes complexes .

Notre travail est structuré autour de 3 chapitres, le 1<sup>er</sup> chapitre présente des généralités sur le work over nous citons les types et les causes de Work-Over ainsi le déroulement général d'opération et de nettoyage des puits . Le 2<sup>ème</sup> chapitre illustre l'opération de fraisage ; nous décrivant les paramètres de fraisage et les différents outils de fraisage et leurs utilisations. Le 3<sup>ème</sup> chapitre présente les résultats de calcul des paramètres optimaux de fraisage du packer de production et le packer intermédiaire du puits HR 39i. Nous terminons notre travail par une conclusion générale.

# **Chapitre I :**

# **Généralité sur work-**

# **over**

## I.1. Introduction

L'industrie pétrolière et gazière est confrontée à des défis constants pour maximiser la production des puits existants et prolonger leur durée de vie. Lorsque les puits de pétrole ou de gaz rencontrent des problèmes techniques, tels que la détérioration de la production, des pannes d'équipement ou des défauts de complétion, il devient nécessaire de réaliser des opérations de workover.

## I.2. Définition

Le work-over est l'ensemble des opérations relatives à la reprise d'un puits et son rééquipement qui a pour but soit de maintenir le puits dans les conditions initiales de fonctionnement qui ont subi une dégradation, soit de l'adapter à des nouvelles conditions. L'opération du work-over nécessite l'utilisation de grands moyens matériels et financiers, Lors de la reprise on peut effectuer différentes opérations telles que le fraisage, le repêchage, la coupe et le reforage.

La reprise en work-over consiste à résoudre des problèmes survenus sur un puits soit au niveau des formations (colmatage, production d'effluents non désirés,...) soit au niveau du profil du puits lui-même (corrosion des tubages ou tubings présence des pressions au niveau des annulaires). Elle rentre dans la famille des opérations de la maintenance des puits comme wire-line, snubbing et coild-tubing, cette intervention est le dernier recours de maintenance à choisir, car elle demande l'arrêt prolongé du puits et des moyens considérables pour la préparation du puits et l'intervention elle-même. Afin d'avoir de bons résultats et minimiser ses risques il faut essayer de travailler minutieusement sur des procédures bien préparées.[2]

## I.3. But De Work-Over

La reprise d'un puits a pour but de :

- déséquiper totalement ou partiellement le puits.
- tester les équipements en place (tubage).
- doter le puits d'un équipement neuf adopter a ses nouvelles caractéristiques de

production.

- réparation ou modification de la liaison couche-trou.
- reconversion des puits (d'un puits producteur a un puits injecteur).
- optimisation des équipements.
- contrôle des venues d'eau et de gaz.[1]



## I.4. Causes De Reprise :

Parmi les principales causes qui justifient un work-over, on cite :

- défaillance mécanique de l'équipement du puits
- baisse de productivité
- nécessite de mettre en place ou de modifier un système artificiel de production (Gazlift, pompage).
- augmentation du GOR.
- augmentation du WOR.
- nécessite de stimuler la couche productrice.
- changement d'objet de puits (puits producteur en puits injecteur).
- mauvaise qualité de cimentation des tubages[2]

## I.5. Identification Des Problemes Se Posant Aux Puits

### ➤ Baisse de la productivité :

Les causes sont :

- faible perméabilité du gisement .
  - faible pression du gisement .
  - endommagement de la couche.
  - bouchage du tubing ou fond du puits.
  - inadéquation du système artificiel de production.
  - haute contre pression sur la couche [3].
- ### ➤ Problèmes des venues d'eau dans le puits :
- Cas d'un gisement draine par l'expansion d'un aquifère.
  - Cas du collapse du casing ou d'une mauvaise cimentation.
  - Cas d'une acidification ou d'une fracturation ayant touché des aquifères adjacentes

[3].

### ➤ Problèmes des venus de gaz dans le puits :

L'origine du gaz est :

- gaz dissout.
- gaz libre.

- gaz provenant d'un autre horizon que celui de l'huile.
- gaz du gaz cap en cas d'inexistence de barrières de perméabilité [3].
  - **Problèmes mécaniques dans le puits :**

Les causes sont :

- mauvaise cimentation.
- détérioration du casing et des tubings.
- défaillance des équipements de gas-lift ou pompage.
- défaillance des packers.
- communication partielle ou générale en complétion multiple [3].

➤ **Problèmes liés à la formation traversée :**

si les diagraphies de production montrent que l'eau provient de l'aquifère du gisement on peut y remédier par un squeeze de ciment à faible pression et à faible débit.

Après séchage, on procède au reforage du ciment, puis au reperforation du puits face aux horizons anhydres. si les diagraphies de production réalisées face à chaque tranche de perforation localisent des perforations hydratées dans le cadres des venues d'eau par digitation, les perforations réputées productrices d'eau peuvent être bouchée par squeeze de ciment à faible débit et à faible pression.

en cas de trou ouvert (open hole), et si l'eau provient du bas, la pose d'un bouchon de ciment au fond peut résoudre le problème. Sinon, il est indispensable de mettre en place un liner cimenté qu'on perforera aux intervalles voulus[3].

### **I.6. Types De Workover**

➤ **Work-Over Préventive:**

Il y a quelques années un problème très important a été apparaît lors du Work over sur les puits, celui de l'augmentation du GOR. Pour cela, il faut équiper les puits par des vannes de sécurité de subsurface qui Permettent de contrôler en cas de chute de pression au niveau de la tête de puits. [4].

➤ **Work-Over Curatif :**

L'intervention sur le puits devient obligatoire et par moment relève l'urgence. Les causes de ce type du Work-Over sont significatives et portent sur :

- ✚ le percement de colonne de tubage 7".
- ✚ le siège hors service et coincement de sécurité de fond.

- ✦ le percement ou désarticulation de colonne de tubing.[4].

## **I.7. Deroulement Generale D'une Work-Over**

### **I.7.1. Préparation du puits (avant l'arrivée de l'unité d'entretien ou de workover)**

Cela signifie principalement :

- vérification de l'état du puits par des techniques filaires (vérification du tubage, marquage des sédiments), et parfois
- vérification de l'intégrité du puits (test de pression, etc.)
- ouverture d'un dispositif de circulation en fond de trou[5]

### **I.7.2. Préparation du site du puits (avant l'arrivée de l'unité d'entretien ou de workover)**

- Vérifiez si le site est accessible à la plate-forme de workover
- Effectuer les travaux de génie civil nécessaires au bon atterrissage de la plate-forme de workover[5].

### **I.7.3. Neutralisation Des Puits**

Un puits producteur dans la plus part des cas doit être neutralisé avant d'effectuer les interventions work over.

La neutralisation des puits producteurs consiste à mettre en place un fluide de contrôle d'une densité égale ou légèrement supérieure à la densité d'équilibre de la pression de pores. Le principe général des méthodes de contrôle est de maintenir la pression sur le fond égale ou légèrement supérieure à la pression de formation[6].

#### **I.7.4.1. Le choix de la procédure de la neutralisation :**

Le choix de la procédure de neutralisation sera déterminé en fonction de:

- type de fluide de formation ;
- pression de pores ;
- perméabilité de la formation ;
- état du casing et de tubing ;
- pression de service des équipements en surface ;
- type de complétion utilisée ;
- possibilité de circuler en directe ou en inverse.[6]

#### **I.7.4.2. Préparation de l'opération de la neutralisation :**

Avant d'entamer l'opération de neutralisation, les mesures de sécurité suivantes doivent

être prises:

- vérifier la fermeture de la vanne maîtresse supérieure ;
- vérifier que la vanne de curage est fermée ;
- connecter les équipements de surface ;
- vérifier que la ligne de torche est en bon état ;
- purger la ligne reliant la tête de puits au manifold de surface ;
- tester l'installation de surface.[6]

### **I.7.4.3. Les méthodes de la neutralisation**

Les méthodes normalement utilisées pour neutraliser un puits producteur sont:

- La circulation (de préférence) ;
- le bullheading ;
- volumétrique (cas a problèmes).

#### **a. Neutralisation par circulation**

- **Circulation directe**

Cette méthode consiste de

- le fluide de neutralisation pompé dans le tubage à la surface
- fluide de la tubage déplacé vers l'annulaire par le système de circulation
- fluide annulaire envoyé au réservoir de stockage en surface

#### **Avantages**

- moins de pertes de charge appliquées au fond
- limiter le déséquilibre sur la formation.

#### **Inconvénients**

Le principal inconvénient de cette méthode est que le fluide du tubage est en contact avec l'espace annulaire.[7]

- **Circulation inverse**

La méthode consiste à évacuer l'effluent de l'intérieur du tubing par circulation à travers l'annulaire

#### **Avantages**

- les fluides du réservoir ne s'écoulent pas dans l'espace annulaire
- ségrégation des fluides de tubulaire avec différentes densités
- formation protégée contre les dommages
- pressions modérées de la tête de tube/du tubage

## Inconvénients

- La BHP (pression au fond du trou) ne peut pas toujours être contrôlée, car elle dépend de l'espace annulaire et de la destruction fluides
- des débris peuvent tomber sur un bouchon dans le tube pendant la circulation inverse
- temps de pompage plus long ;
- coût plus élevé[7]

**Note** : en circulation inverse, le réservoir peut être isolé par un bouchon filaire, mais cela le fonctionnement peut également présenter quelques difficultés dans certains cas lors de la circulation inverse(werlinefish...)

### b. Neutralisation bullheading

Elle est consiste à pomper le fluide de neutralisation avec force depuis la surface afin de squeezer Effluent en tubulaire dans la formation

La neutralisation des puits par bullheading est utilisée dans des situations telles que:

- puits à gaz de grande profondeur
- impossibilité d'accéder aux dispositifs de circulation de fond (écrasement tubing, poisson ou dépôts de sédiments dans le tubing,...)
- volume sous packer important
- dégradation du fluide annulaire (densité au fond importante, bouchage de l'espace annulaire)[6]

**Avantages** (par rapport à la circulation inversée)

- Opérations de pompage plus courtes
- Coûts réduits
- Peu de personnes requises
- Moins de problèmes environnementaux

## Inconvénients

- Dommages possibles à la formation : fracture, compatibilité fluide
- Pression de tête de puits plus élevée (tubing/casing)
- Ne peut pas neutraliser ous les puits : formations à faible perméabilité et puits de gaz[7]

### c. Méthode Volumétrique :

C'est une méthode de contrôle conventionnelle qui consiste à faire remonter une venue

de gaz jusqu'en surface sans circulation, en laissant le gaz se détendre d'une manière contrôlée.

Cette méthode est utilisée dans des situations particulières de venues où la circulation de l'effluent devient impossible telles que:

- garniture de forage hors du trou ;
- garniture coincée loin du fond ;
- bouchage de la garniture de forage
- arrêt de la force motrice ;
- siffleur ou rupture de la garniture de forage[6].

### **I.7.4. Mise en sécurité du puits (avant installation de l'unité d'intervention) :**

En fait, cette mise en sécurité concerne aussi tous les puits voisins (en particulier dans le cas d'un cluster) qui risquent d'être heurtés lors de la phase de mise en place de l'unité d'intervention. Cette opération consiste à mettre en place des bouchons (plugs) dans le tubing pour installer l'unité d'intervention sur la tête de puits en toute sécurité. On dispose de trois moyens de base :

- L'utilisation de bouchons mis en place par travail au câble et ancrés dans des sièges prévus dans le tubing (généralement en fond de puits et proche du packer) ;
- La fermeture de la vanne de sécurité de subsurface, si elle existe ;
- La pose d'un clapet anti-retour (BPV) dans l'olive de suspension du tubing.

En général on utilise au moins deux de ces barrières de sécurité. Il faut aussi procéder à l'isolation et au démontage en surface des différentes lignes (Collecte, ...) branchées sur la tête de puits et à la décompression des équipements voisins qui risquent d'être endommagés.[5]

### **I.7.5. Observation du puits**

Après neutralisation, il faut observer le puits et vérifier :

- L'absence de pression en tête.
- La stabilité des niveaux.
- L'absence de bullage en surface.

Le temps d'observation, quelle que soit sa durée, n'est pas une garantie absolue de la stabilité du puits. Il est fonction de la méthode utilisée pour neutraliser le puits, du déroulement effectif de l'opération et de la manifestation de phénomènes tels que l'expansion thermique. Il varie généralement de une à quelques heures. Dans le cas où le puits se révélerait instable, il faut reprendre les opérations de neutralisation soit avec la même

méthode (en modifiant éventuellement les caractéristiques du fluide de contrôle, en utilisant des fluides "tampons", ...) soit en faisant appel à une autre méthode. On fera alors une nouvelle observation du puits, et ainsi de suite, jusqu'à l'obtention d'une parfaite stabilité du puits.[2]

### **I.7.6. Installation de l'unité d'entretien ou de workover**

Une fois le puits mis en conditions de sécurité, la plate forme et tous ses équipements (réservoir, pompes, atelier, etc.) peuvent être mis en place dans le respect des distances de sécurité, des règles et règlements.

Cependant, le sapin de Noël n'est pas encore retiré pour être remplacé par les BOP[2]

### **I.7.7. Remplacer le tête de puits par les BOP**

Puisque le fluide de workover maintient le puits stable, une seule barrière de sécurité mécanique est jugée nécessaire (de préférence le bouchon de fond et/ou le SCSSV et/du SPV).

Le tête de puits peut ensuite être démonté au niveau de la bobine de tête de tubage et remplacé par des BOP qui seront testés. Cette opération doit être effectuée le plus rapidement possible. En conséquence, le personnel doit être mobilisé, tout le matériel prêt, les moyens de manutention et de levage appropriés disponibles, les boulons de tête de puits vérifiés, etc.[5]

### **I.7.8. Retrait de l'équipement de workover**

Le retrait de l'équipement de fond de trou peut alors commencer, après que le SPV (ou d'autres bouchons qui peuvent avoir été installés dans le puits) a été récupéré. S'il y a un coup de pied lors du déclenchement, il est nécessaire de pouvoir fermer rapidement non seulement l'annulaire (avec les vérins de tubulaire BOP) mais aussi la tubulaire elle-même. Le dispositif de sécurité correspondant (vanne grise, etc.) doit se trouver sur le sol de l'atelier de workover prêt à l'emploi (filetage compatible avec le filetage de la tubulure, etc.).

La procédure en tant que telle pour retirer l'équipement de fond dépend du type d'équipement et de son état. Le type de packer, récupérable ou permanente, et s'il est permanent, le type de connexion entre le tube et packer(joint seul ou joint plus ancre) est particulièrement important. Avec un packer récupérable et surtout en cas de doute sur l'état de le tubage, il est mieux de ne pas tenter de déloger le packer en tirant directement sur le tubage. Au lieu de cela, il est souvent judicieux de couper le tubing à quelques mètres au-dessus du packer (au moyen d'une charge explosive passée sur un câble électrique), puis de couler dans une tige de forage équipée d'un dépassement pour déloger le packer.

De plus, quelle que soit la méthode de neutralisation, il y a toujours un volume d'huile et/ou de gaz emprisonné sous le packer. Il est important de le faire circuler le plus tôt possible (par exemple après avoir délogé le packer récupérable ou après avoir déconnecté le joint tubage-packer si le packer est permanent).

Chaque fois que l'on trébuche (tripping), il faut veiller à éviter de frotter (en particulier lorsque le packer est retiré) et à garder le puits plein (compenser le volume de tube d'acier par un volume égal de fluide de workover), de même. la stabilité du puits doit être vérifiée fréquemment. [5]

### **I.7.9. L'intervention dans le puits sous contrôle**

Les reconditionnements des puits sont de nature différente, ils peuvent être:

- Réparation de la tête de puits
- Réparation du tubing (collapse, déboîtement, percement)
- Réparation du casing (fuite, collapse, déboîtement)
- Changement ou réparation des équipements de fond (siège, mandrin, vanne de circulation, Packer, vanne de sécurité de fond ...)
- Réduire les venues de gaz, des eaux ou des sédiments
- Changement du réservoir producteur ...etc. [8]

### **I.7.10. Nettoyage après workover :**

- test préalable de tous les équipements : tubing, packer, sapin...
- installation/vérification du fonctionnement du SCSSV
- démarrage du puits après circulation du packer ou du fluide de l'espace annulaire[7]

### **I.7.11. Remplacement des B.O.P par la tête de puits**

Après l'exécution de l'opération d'intervention on procède au démontage de l'ensemble de B.O.P puis au montage de la tête de puits.

### **I.7.12. Remise en production / injection de puits**

Lorsque la tête de puits mise en place on raccorde les conduites de collectes sur les parties latérales au niveau de la Tubing head pour but de remise en production ou en injection.

## **I.8. Nettoyage de puits :**

### **I.8.1. Définition d'une opération de nettoyage d'un puits :**

Le nettoyage des trous est la capacité d'un fluide de forage à transporter et à suspendre les déblais de forage générés par l'outil de forage. En représentant l'ensemble des phénomènes physiques et le comportement de fluide depuis qu'il a quitté l'outil jusqu'à ce



qu'il soit apparu à la surface.

## I.8.2. Description d'une opération de nettoyage d'un puits

Le nettoyage pendant le forage ou d'autres opérations consiste tout un cycle de fluide de forage, selon les étapes suivantes :

- Préparation de fluide de forage et sa conservation dans le bassin de décantation.
- Acheminement de ce fluide à travers une station de pompage (ou de compression) vers la tige de forage qui descend jusqu'au fond du trou.
- Evacuation de fluide de forage vers le fond du puits, à travers l'extrémité de l'outil de forage, qui tourne et arrache la formation rocheuse, en entraînant son avancement.
- Remonter de fluide de forage à la surface, en sens inverse de son parcours à l'intérieur des tiges, via l'espace annulaire, entre la tige et le trou foré, en transportant les déblais de forage.
- Retour de fluide de forage vers le bassin de décantation, en passant par un tamis vibrant pour la séparation des déblais de forage. [9]

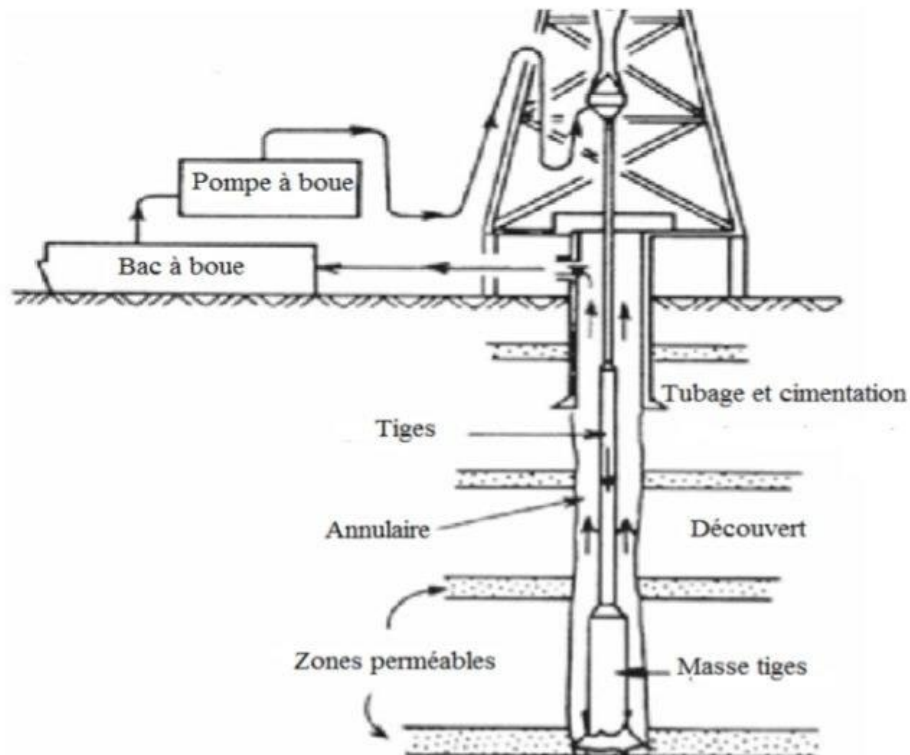


Fig.I.1: Le processus de la circulation du fluide de forage

## I.8.3. Paramètres influant sur l'opération de nettoyage

Le processus de dégagement des déblais de forage, lors de f, est conditionné par ces paramètres :

### a. Capacité et puissance d'installations

Le choix d'un appareil de forage constitue un préalable à toute opération de forage ; selon les besoins en capacité et en puissances requises pour :

- Injecter le fluide de forage sous une pression suffisante pour l'évacuer à la surface en évacuant les déblais de forage.
- Exécuter le poids sur l'outil de forage, [9]

### b. Le profil et la géométrie du puits

Le problème de mauvais nettoyage se pose dans les puits déviés, en plus dans les puits fortement déviés et horizontaux,

### c. Rhéologie et paramètres physiques du fluide de forage

L'étude de la rhéologie de fluide de forage est importante, car elle permet d'analyser spécifiquement son influence sur le nettoyage du puits. Ainsi que l'aptitude de fluide de forage à débarrasser les déblais de forage dépend de ses paramètres physiques thermiques, influencées par la température et la pression, environnantes, notamment les boues à base d'huile, qui diffèrent de comportement entre la surface et le fond du trou

### d. Les formations traversées

La vitesse moyenne de sédimentation est fonction de la taille, de la densité et de la forme des déblais, de plus, elle dépend aussi de la rhéologie de la boue. [9]

### I.8.4. Problèmes liés au mauvais nettoyage :

Les problèmes liés au mauvais nettoyage du puits sont de plusieurs ordres :

- Augmentation des torques et drag (diminution de diamètre du puits).
- Difficultés de mouvement de la garniture (perte de temps pendant ces manœuvres).
- Instabilité des parois du puits et pertes de circulations.
- Mauvaise cimentation.
- Difficultés de contrôle des venues en cas d'éruption.
- Influence sur le mode d'écoulement de la boue.
- Bourrage de l'outil.

- Coût de revient élevé. [9]

# **Chapitre II :**

# **Opération de**

# **Fraisage**

### II.1. Introduction

Le fraisage peut être nécessaire au cours des phases opérationnelles suivantes.

- Forage
- Repêchage
- Achèvement
- Workover
- Voie secondaire
- Abandon

Au cours de ces phases, l'opération de fraisage est une procédure critique qui doit être effectuée de la manière la plus efficace et la plus efficiente possible afin de réduire au minimum les retards d'exploitation, les coûts, et de s'assurer qu'aucun autre problème ne survient.

Le fraisage nécessite un équipement spécialisé, une expertise formée et souvent des opérateurs formés des entreprises de services d'équipement de repêchage lorsque des emplois spécialisés sont requis, p. ex. fraisage de section, tubage de fraisage, abandon de puits.

### II.2. Role de fraisage

Le fraisage c'est l'opération pour éliminer les éléments de ferrailles non repêchables, en les réduisant en copeaux et dans certains en les broyant.[10]

### II.3. Principe

La surface de coupe est rechargée avec un produit à base de carbure de tungstène concassé noyé dans une matrice relativement plus tendre, ce procédé permet d'exposer une plus grande partie des grains de carbure qui ont chacun plusieurs profils de coupe, au fur à mesure les grains actifs s'usent, se cassent ou se polissent la matrice se creuse et permet d'exposer de nouveaux grains, un battage léger permet de casser les grains arrondis ou polis et d'exposer un nouveau profil de coupe. [10]

### II.4. Paramètres de fraisage

Le temps consacré dans l'avancement du fraisage une portion importante dans le coût de Workover. Cela signifie que la maîtrise du taux de pénétration (ROP) a une grande influence sur les coûts de la reprise.

Pour trouver un ROP optimal il faut tirer les meilleurs avantages que possible sur les paramètres mécaniques et hydraulique c'est-à-dire d'avoir des paramètres optimaux.

#### II.4.1. Paramètres hydrauliques

Les paramètres hydrauliques sont tous les facteurs liés au fluide de forage tel que : le débit, la pression, type du fluide de forage et les caractéristiques du fluide forage (densité, viscosité...) qui jouent les rôles de lubrification, refroidissement et le nettoyage du fond par conséquent ils affectent sur la vitesse d'avancement et la durée de vie de l'outil.

##### a. Débit

La vitesse d'avancement croît en proportion directe avec le poids que l'on applique sur l'outil ; pour un débit donné, si on augmente progressivement le poids sur l'outil, il peut arriver un moment où l'avancement ne croît plus proportionnellement au poids et peut même diminuer si on continue à augmenter le poids. Ce phénomène à partir Duquel il n'y a plus proportionnalité directe entre avancement et poids est appelé balling up ou point de bourrage de l'outil. Au-delà de ce point le débit n'est plus suffisant pour évacuer la totalité des déblais au fur et à mesure qu'ils sont produits par les dents de l'outil et une partie du poids mis sur l'outil est supportée par les déblais. On peut retarder l'apparition du balling up en augmentant la vitesse aux duses, ce qui permet un meilleur nettoyage du front de taille. [11]

##### b. Type du fluide de forage

Le choix du type de la boue à utiliser et de ces caractéristiques, joue un rôle très important, car le choix dépend de volume a fraisé, de la pression et aussi des problèmes pourrait être rencontré ultérieurement et la durée de fraisage et donc le prix de revient de celui-ci. C'est-à-dire que si on choisit une boue qui ne convient pas, on sera exposé d'énormes problèmes qui résultent soit de sa composition (contamination), soit de ses caractéristiques (pertes, venues).

### II.4.2. Paramètres mécaniques

Les paramètres mécaniques sont tout les paramètres liés aux équipements tel que : La vitesse de rotation (RPM), le poids sur l'outil (WOB) et le torque.

#### a. La vitesse de rotation (RPM)

C'est la vitesse de rotation de l'outil autour de son axe de révolution, cette vitesse est appliquée à la garniture en surface et son choix dépend de celui du WOB poisson et l'outil de fraisage .

A cause de la grande élasticité du système, la vitesse de rotation de l'outil au fond du puits peut être différente de la vitesse en surface. [12]

La vitesse linéaire optimale pour toutes les outils de fraisage à carbure de tungstène est 1500 pouce/ minute, on peut calculer le RPM par la formule suivante :

$$RPM_{opt} = \frac{V_{Lopt}}{0,246.OD} \quad (\text{Trs/min}) \dots\dots\dots (II.1) [12]$$

$V_{Lmin}$  : La vitesse linéaire optimale de carbure de tungstène dans le fraisage des aciers est égale 150  $ft^2/min$

$V_{Lmax}$  : La vitesse linéaire optimale de carbure de tungstène dans le fraisage des aciers est égale 200  $ft^2/min$ .

**RPM** : La vitesse de rotation de Rotary table (trs/min)

**OD** : Diamètre extérieur de l'outil de fraisage (pouce)

#### b. Le Poids sur L'Outil (WOB)

Le poids sur l'outil de fraisage (WOB), est la valeur de la force axiale appliquée au fond du trou pour le fraiser. Le WOB est calculé en se basant sur la différence entre le poids de la garniture mesuré à la surface avant le fraisage et pendant le fraisage. [12]

Le poids optimal sur l'Outil est son change d'une fraise à l'autre et calculer par les équations suivantes :

- Pour l'Outil a diamètre plain

$$WOB_{opt} = OD^2. 0, 7854. p \quad (\text{lbs}) \dots\dots\dots (II.2) [12]$$

- Pour le Rotary Shoe

$$\text{WOB opt} = (\text{OD}^2 - \text{ID}^2) \cdot 0,7854 \cdot p \text{ (lbs)} \dots \text{(II.3) [12]}$$

**OD** : Diamètre extérieur de la fraise (pouce)

**ID** : Diamètre intérieur de la fraise (pouce)

**P= 150 psi** (le minimum pression posé sur la dent d'outil pour assurer le fraisage)

**P= 500 psi** (le maximum pression posé sur la dent d'outil avant l'usure)

### c. Le torque et le drag

C'est un paramètre physique correspond au couple de rotation effectif transmis par la garniture à l'outil suivant son axe de révolution. Compte tenu des frottements du train de tiges contre la paroi du puits, ce couple est nettement inférieur à celui mesuré en surface.

La prise de mesure du couple se fait en général par un système hydraulique dont la pression varie en fonction de la tension de la chaîne d'entraînement de la table. Si la table ou la tête est alimentée par un moteur électrique, un capteur à effet Hall enregistre directement les variations de consommation de courant par le moteur. [13]

### d. L'avancement de la fraise (ROP)

L'avancement de l'outil de fraisage c'est le résultant des paramètres précédents, à l'aide de ROP on peut interpréter le déroulement de l'opération avec l'efficacité des outils.

## II.5. Choix des outils de fraisage

Le choix de l'outil est un facteur essentiel pour un bon fraisage. Il est donc important d'étudier avec intérêt l'objet fraisé pour adapter le meilleur outil.

**Tableau II .1. les outils de fraisage et leurs utilisation**

Fraise	Application
<b>JUNK MILL</b>	MOLETTES d'outils tricones
<b>PILOT MILL</b>	Matériel tubulaire , nettoyage du top de poisson
<b>TAPER MILL</b>	Tubage écrasé , nettoyage des fenêtres réalisées dans tubage
<b>ECONO MILL</b>	Packer , ciment
<b>Rotary Shoe</b>	Packer

A cet outil, il est également important de lui appliquer les paramètres de fraisage



adéquats pour avoir une meilleure opération.

On parle de rentabilité de l'outil. On dit qu'un outil est rentable lorsque le prix de revient du mètre fraisé est minimal. [11]

La formule de le prix de metre fraisé :

$$P_m = [(P_o + P_h(T_r + T_m))] / M \dots \dots \dots (II.4)$$

Avec:

$P_m$  : Prix du mètre (DA/m)

$P_h$  : Prix de l'heure de l'appareil de Workover (DA/h)

$P_o$  : Prix de l'outil de fraisage neuf (DA)

$T_r$  : Temps de rotation de l'outil pour effectuer le métrage m (h)

$T_m$  : Temps de manœuvre nécessaire pour descendre et remonter la fraise (h)

$M$  : Nombre de mètres fraisés (m)

### II.6. Les outil de fraisage

Les fraises détruisent la ferraille ou remettent en état une tête de poisson. Elles sont rechargées par des produits à base de carbure de tungstène brasés ou frittés et possèdent des trous pour permettre la circulation de la boue. Elles sont toujours descendues accompagnées d'un panier à sédiments placé immédiatement au-dessus. [14] Il existe plusieurs types d'outils de fraisage , les plus utilisés sont :

#### II.6.1. Outil de fraisage de ferraille [JUNK MILL].

Il s'agit d'outils simples et robustes qui fraisent tous les types de cônes de forage, de lames d'alésoir, de bouchons de pont, de packers, d'outils de compression et de joints d'outil à bande dure sur les tiges de forage. [14]

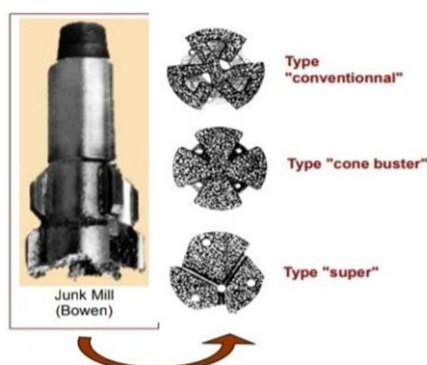


Fig. II. 1 :outil junk mill

### a. Conventiennel junk mill :

Ce type de Junk Mill convient à tous les types de fraisage général, ainsi que des emballeurs, des acomptes et outils de pressage. Il peut être fourni dans la suite diamètres habillés, raccords et tailles de col de poisson. [15]

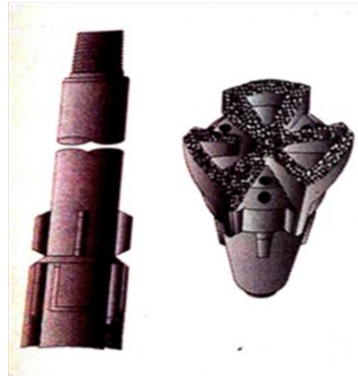


Fig. II. 2 :outil junk mill Conventiennel

### b. Cone buster

Les fraises cone buster conviennent aux fraisages les plus lourds, tels que les alésoirs à rouleaux et les pièces des outils de fond de trou. Ce type de fraise n'est pas idéal pour le nettoyage car il aura tendance à fraiser rapidement[15]



Fig. II. 3 :outil junk mill Cone buster

### c. Les fraises à ciment

Les fraises à lame sont conçus pour le fraisage léger, comme les colliers flottants, les bouchons, les bouchons de pont et les dispositifs de retenue. Le modèle ouvert permet une coupe rapide sur les poissons tubulaires et ne se bouche pas facilement avec du ciment ou de la formation[15]

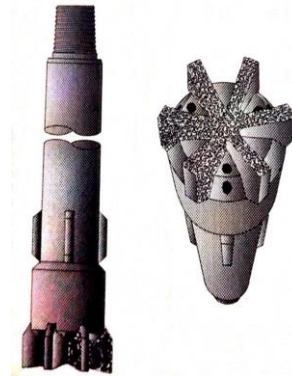


Fig. II. 4 :outil junk mill à ciment

### II.6.2. Les « Economills »

plus fragiles que les précédentes et moins agressives sont surtout utilisées dans les tubages, et peuvent être incorporées dans une fraise à jupe pour nettoyer la tête d'un poisson. Elles peuvent être utilisés pour le reforage de ciment dans les tubages. [16]

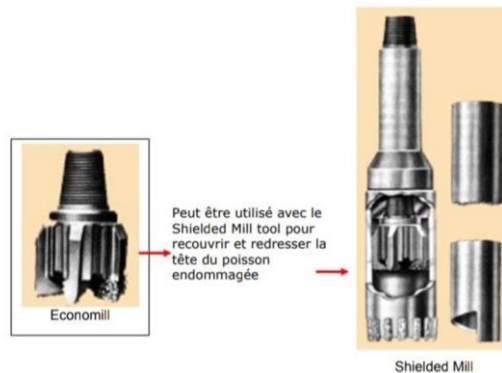


Fig. II. 5 :outil Economill

### II.6.3. Outil de fraisage conique [TAPER MILL]

#### a. Les fraises coniques standar

Les fraises coniques sont généralement utilisés pour éliminer les restrictions ou pour broyer à travers un tubage "pincé" et effondré. Ils sont équipés d'un nez effilé ou court et émoussé, qui sert de guide.

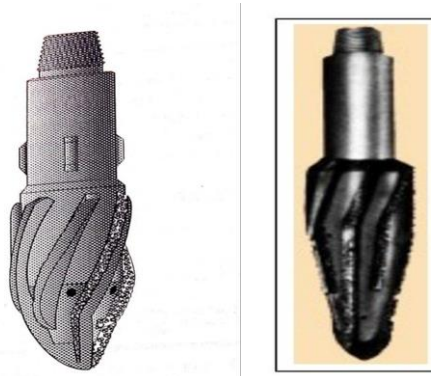


Fig. II. 6 :outil conique standar

### b. Les outils coniques pour conducteurs

Les outils coniques pour conducteurs sont utilisés pour éliminer les restrictions dans les tubage de conducteurs de plate-forme . Leur conception est similaire à celle d'un outil à cône normal, mais avec une connexion de boîte vers le bas. [15]

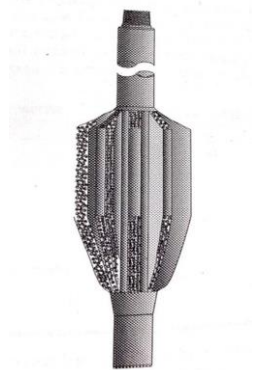


Fig. II. 7 :outil conique pour conducteurs

### c. Les fraises coniques à cordes

Les fraises coniques à cordes sont excellents pour nettoyer les tubages, les chemises ou les tubes endommagés. La conception se rétrécit à la fois du haut et du bas de la fraise, permettant des opérations d'alésage dans les deux sens. Pour éliminer les obstructions dans le tubage, il peut être combiné avec un ensemble pilote plus petit, pour éviter le risque de dérive [15]



Fig. II. 8 :outil conique à cordes

### II.5.4. Outil de fraisage à guide central [PILOT MILL]

Les fraises à guide central conviennent au fraisage de sections plus courtes de déchets tubulaires et peuvent être utilisés comme fraises de dressage pour l'installation d'un patch de tubage. Ils sont excellents pour le fraisage des suspentes de revêtement et d'autres outils de fond de trou avec un alésage traversant. Pour une section plus longue de tuyau propre[15]

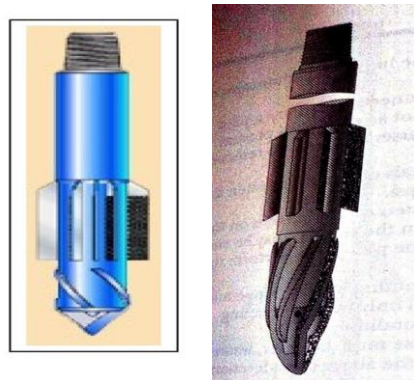


Fig. II. 9 :outil à guide central

### II.6.5. Les sabots rotatif (Rotary Shoe)

les sabots rotatifs sont utilisés pour fraiser les tubes qui sont devenus collés par le sable, la boue ou bloqués mécaniquement et pour fraiser les packers, les dispositifs de retenue et les bosses de pont . les patins rotatifs offrent le nec plus ultra en matière de résistance, de durabilité, de vitesse de coupe et de taux de pénétration. [12]



Fig. II. 10 : Rotarv Shoe

## II.7. Procédure générale de fraisage :

### II.7.1. Préparation pour un travail de fraisage.

Avant de commencer une opération de fraisage, il est important que tous les aspects, options et conditions contributives affectant le travail aient été pris en compte.

Parmi les nombreux facteurs à considérer serait.

- Ce qui doit être fraisé, par ex. taille, longueur, propriétés métallurgiques, forme.
- L'objet à fraiser est-il stabilisé, rigide, libre de se déplacer ?

- Qu'est-ce qui contribue à l'état des objets
- Quel type de moulin est requis
- Quel équipement supplémentaire peut être nécessaire.
- Existe-t-il d'autres moyens de supprimer l'objet
- Quelle est la déviation du puits, trou tubé, trou ouvert, etc.
- Les conditions changeront-elles lors de la circulation.
- L'équipement de surface est-il satisfaisant pour le travail à accomplir.

### II.7.2. Obtenir l'outil de fraisage :

Lors de la commande d'outils auprès d'un fabricant, il est important que les aspects suivants soient pris en compte.

- Diamètre dressé
- Longueur du cou de repêchage et Diamètre intérieur, le cas échéant
- Taille et poids du tubage à traverser
- Connexions supérieures et inférieures selon les besoins [15]

### II.7.3. Préparation BHA :

La préparation du BHA c'est l'étape préliminaire avant la descente l'outil de fraisage, on doit vérifier que :

- ✚ L'outil est bonne état et convenable à le poisson a fraisé avec OD-Drift casing= 1/8''
- ✚ Vérifier le ID et le filetage des outils
- ✚ Mettre 02 Paniers à sédiments au minimum au dessus de l'outil
- ✚ Utiliser des Stabilisateurs s'il ya risque sur le casing (exp cas de Junk mill, Tapper mill.....)[16]

### II.7.4. Réalisation de l'opération :

#### a. Pour les Outil de fraisage de ferraille [JUNK MILL]

1. Cherchez le fond, arrosez les ordures, "enfoncez les pompes" ; le même que pour les conditions normales de forage.
2. Commencez la rotation à 60-80 RPM.

3. Commencez à peser 4 000 livres.
4. S'il y a une indication que la ferraille est peut-être en train de tourner, appuyez deux ou trois fois.
5. Après avoir fraisé un ou deux pieds, ramassez le tige carré à quinze à vingt pieds du fond et réduisez la pression de la pompe ou fermez les pompes (selon les conditions du trou). Cette action laissera les déchets en vrac se déposer au fond.
6. Encore une fois, cherchez le fond et le spud. Commencez la rotation à 80-100 tr/min en utilisant la pression normale de la pompe. Commencez à peser entre 4 000 et 6 000 livres.
7. Répétez les étapes 3 et 4 tous les quelques mètres. Les procédures à partir de maintenant seront régies par la sensation. [17]

### **b. Pour Outil de fraisage à guide central [PILOT MILL]**

1. Abaissez l'outil à environ cinq pieds au-dessus du poisson. Serrez le frein et commencez à tourner. Augmentez lentement la rotation jusqu'à 125 tr/min. Soulevez et abaissez l'outil de trois à six pieds mais ne touchez pas le poisson pendant la rotation. Cette action vous indiquera le poids neutre de la corde et vous permettra de noter le couple normal dans la corde. Par le couple dans la corde lorsque le pilote du FRAISE entre dans le poisson, vous pouvez déterminer si le pilote est entré correctement.
2. Réduisez la rotation à environ 30 RPM et entrez le pilote dans le poisson. Appliquez 2 000 livres de poids. Arrêtez de tourner rapidement pendant que vous notez l'action de couple de la corde. Un ralentissement progressif ou une rotation indique que l'outil est entré dans le poisson avec un alignement correct.
3. Pour fraisier le tubage J-55 ou K-55, utilisez un poids compris entre 4 000 et 6 000 lb. et une vitesse de 125 RPM. Les boîtiers N-80 et P-110 nécessitent un poids de 8 000 à 10 000 lb. Si le tubage est entouré de ciment dur, ou si le diamètre du trou ouvert est égal ou inférieur au diamètre extérieur de la lame de fraise, plus de poids peut être nécessaire pour forer le ciment ou la formation, en plus du poisson. Lorsque vous travaillez sous le sabot du tubage, alésez le trou de haut en bas tous les 15 à 20 pieds de poisson fraisé pour nettoyer toute accumulation de déblais qui pourraient s'être accumulés au niveau du sabot. L'alésage périodique pour assurer l'élimination des découpes est également une bonne pratique. dans des trous avec des

angles de dérive de 45 degrés ou plus.

4. Normalement, le fraisage doit être poursuivi à un rythme régulier sans interruption une fois qu'il a commencé. Ne repesez pas la ficelle à de courts intervalles et ne tirez pas le pilote hors du poisson. [17]

### c. Pour Outil de fraisage conique [TAPER MILL]

#### ➤ nettoyage des fenêtres Whipstock à l'aide d'une fraise à cône

1. Utilisez une fraise conique du même diamètre que la plus grande fraise utilisée pour fraiser la fenêtre (ou légèrement plus grande que la mèche à utiliser).

2. Exécutez le Taper Mill dans le trou à moins de cinq pieds du haut de la fenêtre.

3. Démarrez la table rotative et faites-la tourner à environ 40 tr/min sur la face du sifflet déviateur.

4. Gardez le poids sous 1 000 livres. Un poids excessif peut faire glisser prématurément le Taper Mill hors de la fenêtre.

5. Faites tourner lentement, avec un poids léger, sur toute la longueur de la face du sifflet. N'essayez pas de percer un trou mâle à l'aide de cet outil.

6. Pour nettoyer tous les bords rugueux, répétez la procédure ci-dessus plusieurs fois jusqu'à ce que l'outil fonctionne correctement sur toute la longueur du sifflet. [17]

#### ➤ Alésage du tubage effondré

1. Déterminez le diamètre approximatif à l'aide d'un bloc d'impression ou d'une mèche qui traversera l'intervalle effondré. N'utilisez pas de fraise conique si l'intervalle effondré a dépassé le centre. (Voir paragraphe 6 ci-dessous)

2. Utilisez une fraise conique d'environ 1/4" plus grande que le diamètre intérieur minimum de la section effondrée et fraisez l'intervalle effondré par étapes. En d'autres termes, si l'effondrement est important, utilisez plusieurs tailles de fraises différentes pour amener le diamètre intérieur du tuyau jusqu'au plein gabarit, ce qui minimisera toute tendance à s'écarter.



3. Un fraise conique à cordes peut être utilisé s'il existe un risque de dérive. La longueur et le diamètre du fraise conique à cordes seront régis par les conditions de tubage. S'il est utilisé, l'action de cet outil est purement alésage.
4. Commencer le fraisage à une vitesse de table d'environ 50 RPM.
5. Le poids de fraisage est régi par le couple rencontré. Dans la plupart des cas, des poids de fraisage d'environ 2 000 à 3 000 livres sont utilisés.
6. Lorsque le tuyau est fortement effondré, la partie inférieure de l'intervalle effondré peut agir comme un sifflet déviateur. Le fraise conique, dans ce cas, peut couper à travers la partie supérieure de l'intervalle effondré et être dévié dans la formation par la section inférieure du tubage endommagé. Utilisez un poids très léger avec une vitesse de table d'environ 125 tr/min pour fraiser la partie effondrée et entrer dans le boîtier intact ci-dessous. Le paragraphe 3 ci-dessus suggère une autre approche s'il y a une ouverture suffisamment grande pour faire passer des tubes ou des "macaronis". [17]

### II.7.4.1. Interprétation l'usure de l'outil après la remonte

L'interprétation de l'usure de l'outil permet de nous donner des édits sur le poisson et orienter le choix de l'outil suivant, afin d'obtenir un ROP optimum.

### II.8. Fraisage Packer par Packer-milling tool

La procédure générale le fraisage d'un packer avec Packer-milling tool est comme suite :

1. Placer des Junks Sub au dessus du Packer-milling tool pour récupérer les morceaux de ferrailles
2. Descendre le Packer-milling tool .Au moment où l'on touche le Packer, il faut avoir les bushings et la Kelly engager dans la table de rotation ainsi que la longueur de Kelly suffisante pour fraiser le Packer sans l'ajoute des tiges
3. Déverrouiller la catch-sleeve par :
  - ✚ Poser 5000 lbs sur le packer
  - ✚ Remonter jusqu'à ce que le catch-sleeve se trouve prise dans l'intérieur de Packer
  - ✚ Tourner environ ½ tour et relâcher 5000 lbs
4. Circulation au débit requis

5. Essayer d'éviter le dégagement de la garniture pendant le fraisage sauf où il ya des problèmes
6. Poser 5000 lbs sur le Packer et tracer la tige carrée (Kelly)
7. Remonter le Packer-millig tool pour libérer le poids
8. Mettre la table de rotation à 70 RPM et redescendre lentement pendant ½ heures
9. Mettre les paramètres optimaux RPM, Q et le WOB toujours démarré par le minimum
10. Après le fraisage total de Packer circuler et évacuer le bouchon de gaz s'il existe
11. Suivre le Packer jusqu'à au fond du Puits
12. Circuler pomper un bouchon visqueux de  $5 m^3$
13. Remonter la garniture lentement pour éviter le phénomène de pistonage. [18]



Fig. II. 11 :Schéma de procédure de fraisage de packer

# **Chapitre III: Analyse et optimisation des paramètres de fraisage**

### III.1. Implantation du puits HRI 39

#### III.1.1. Objectifs de reprise

La reprise du Puits injecteur HRI 39 est un Workover curatif pour le but de :

1. Changement de la complétion pour mise en conformité le puits
2. Atteindre l'objectif en toute sécurité et dans les meilleures conditions
3. Protection de l'environnement

#### III.2.1. Localisation du puits HRI 39

Le puits HRI 39 est un puits injecteur qu'il se trouve dans la ligne nord des puits injecteurs, il relie avec la Station de Compression Nord SC-Nord.

Il a été foré en 26/08/1979 et complété en 17/09/1979 par l'appareil de forage **Parker 146**.

Du 08/11/1984 au 07/12/1984 Le puits a été repris en Workover par l'appareil **ENF 22**.

#### Cordonnées :

X = 556 199.86

Longitude : 3° 18' 1.95984" E

Y = 273 848.84

Latitude : 33° 3' 42.6398" N

Elévations :  $Z_{\text{Sol}} = 748.34\text{m}$

$Z_{\text{Forage}} = 754.89\text{m}$

Le tableau suivant représente le tubage du Puits HRI 39 :

**Tableau III.1 : Tubage du Puits HRI39**

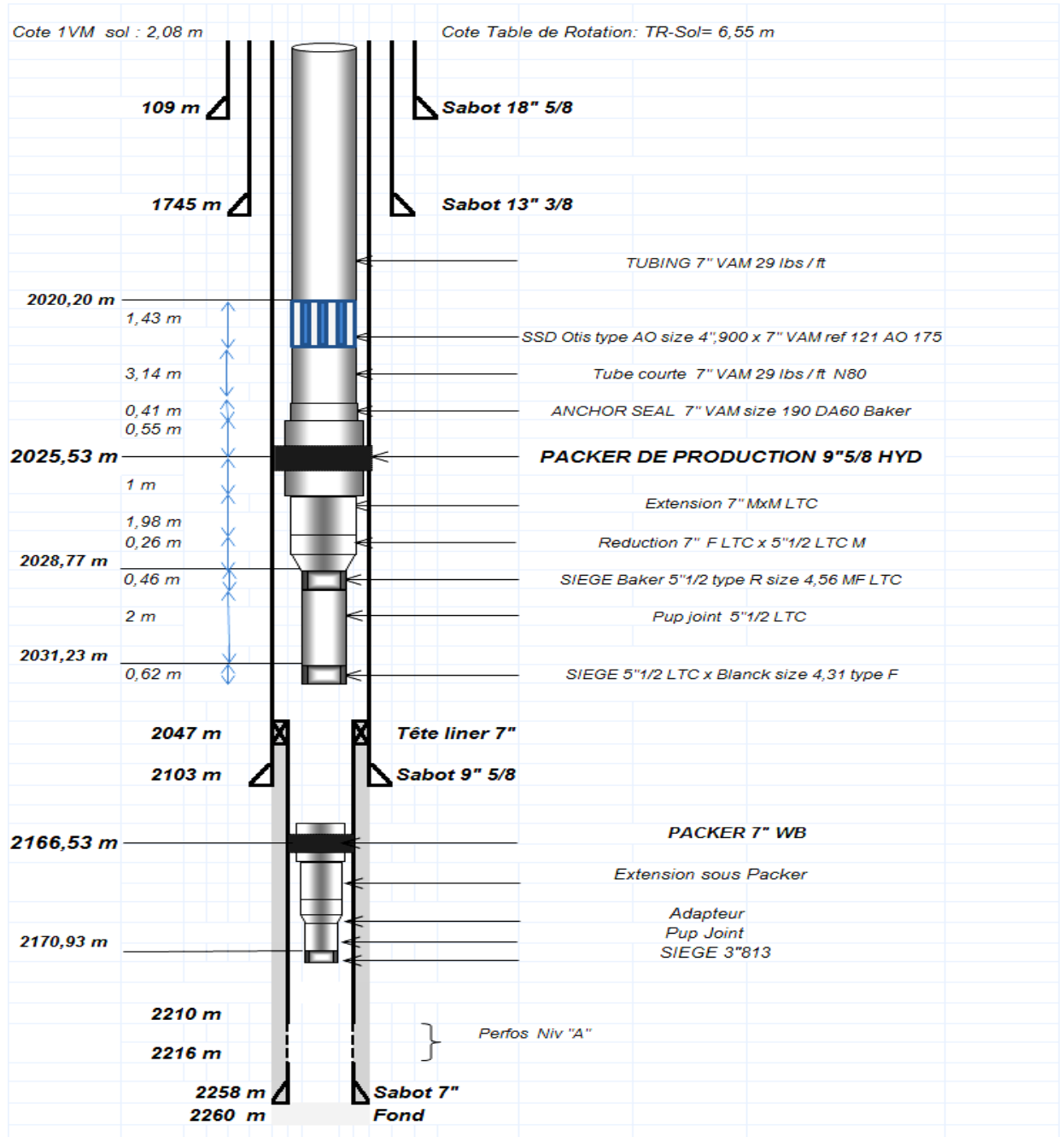
Casing	Côte (m)	Poids #	Grade
18''5/8	109	87.5	J55
13''3/8	1745	68	N80
9''5/8	2103	47	P110
Liner 7''	Du 2047 au 2258	29	N80

Le tableau suivant représente le niveau perforé de la couche réservoir :

**Tableau III.2 : Niveau de perforation de Puits HRi 39**

Perforation	Niveau C : 2210 – 2216m
D2	De 2068 à 2079 m
PFS en 2016 (Côte 2116m)	124      Kgf/cm <sup>2</sup>

### III.1.3. La fiche technique de puits HRI 39



**Fig III.1 : Fiche technique du Puits HRi 39**

### III.2. Analyse et optimisation les paramètres de fraisage

#### III.2.1. Les paramètres hydrauliques

L'une des principales fonctions des fluides de forage, l'évacuation des déblais du fond de puits et leur transport effectif vers la surface. Le choix des paramètres hydrauliques est un facteur primordial pour assurer le bon nettoyage dans les puits.

Les paramètres à étudier sont :

- ✚ Les caractéristiques de la boue
- ✚ Le régime d'écoulement
- ✚ Débit de pompage et la vitesse de remontée

##### III.2.1.1. Les caractéristiques de la boue

La boue utilisée pour la reprise du puits HRI 39 est une boue à base d'huile à émulsion inverse, leurs caractéristiques sont :

**Tableau III.3 : les caractéristiques de la boue**

Caractéristiques			
Densité	0,94	HP/HT	3,4
%Eau	23	V Marsh (s)	52
%Huile	73	Elast Stab	800
%Solide	4	Salinité (g/l)	320

A l'aide d'un Viscosimètre Fann, on fait des mesures sur la tension de cisaillement en fonction de la vitesse de rotation du Rotor (taux de cisaillement),

#### a. Mesure de la viscosité et des gels avec le viscosimètre FANN

C'est un appareil à lecture directe à cylindres coaxiaux dont le rotor est entraîné à l'aide d'un moteur électrique. On mesure la résistance au cisaillement de la boue contenue dans un godet dans lequel on immerge les cylindres coaxiaux. On utilise cet appareil pour détermination des propriétés rhéologique d'une boue. [20]



**Fig III.2 : viscosimètre FANN**

- **Principe**

C'est un appareil à cylindres coaxiaux. Il comporte six vitesses de rotation (600-300-200- 100-6-3 t/min) où le rotor est entraîné par un moteur électrique.

Cet appareil est normalisé par l'A.P.I. [20]

- b. **Analyse :**

On détermine en fonction du taux de cisaillement (déduit de la vitesse de rotation) la tension de cisaillement (déduite de la lecture de la graduation).

on obtient le tableau suivant :

**Tableau III.4 : Les mesures des tensions de cisaillement de nombre de tours**

$\theta$ (t/min)	600	300	200	100	6	3
$\tau$ (lbs/100 ft <sup>2</sup> )	46	27	20	12	6	5

Gel 0 = 5 lbs/100 ft<sup>2</sup>

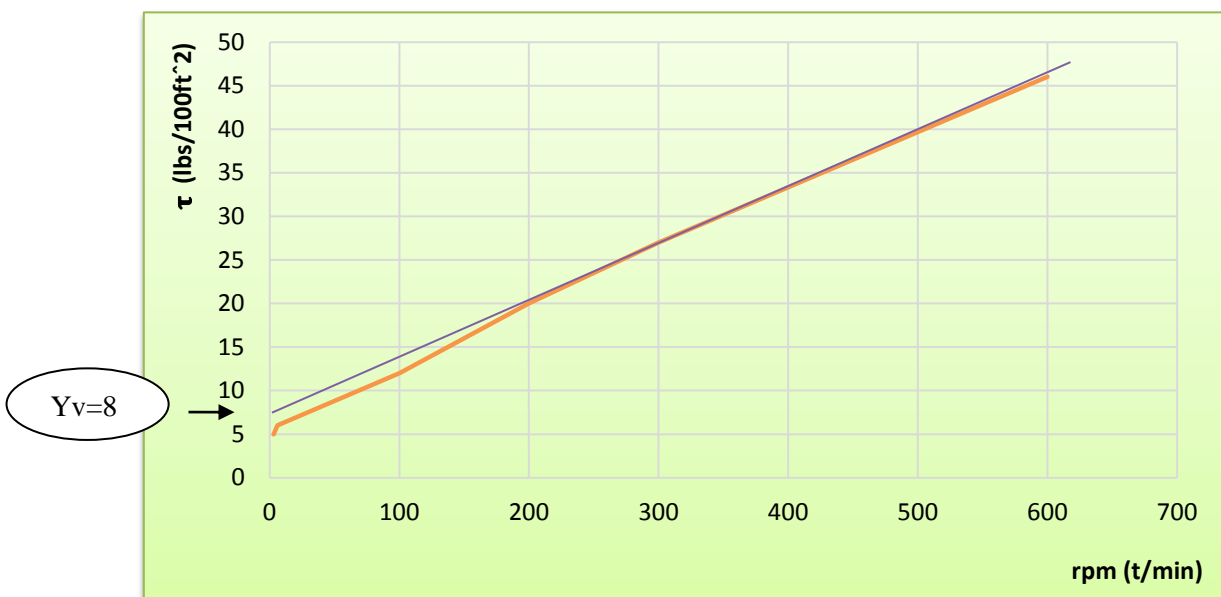
Gel 10 = 7 lbs/100 ft<sup>2</sup>

Avec :

$\dot{\gamma}$  (s<sup>-1</sup>) = 1.7  $\theta$  (t/min)

$\tau$  (baryes) = 5.1  $\tau$  (lbs/100 ft<sup>2</sup>) et baryes = 0.1 pascal

En traçant la courbe  $\tau = f(\text{rpm})$ , on détermine le modèle du fluide ainsi que ses paramètres rhéologiques (viscosité plastique ( $u_p$ ), tension seuil ou Yield value (Yv), viscosité apparente ( $u_a$ ) et la viscosité équivalente ( $u_e$ ))



**Fig III.3 : contraintes de cisaillement en fonction de la vitesse de rotation de rotor**

**c. Interprétation :**

A partir du graphe au dessus on observe que la tension de cisaillement varie linéairement avec la vitesse de rotation de rotor (taux de cisaillement) et la courbe ne démarre pas à zéro comme l'équation  $\tau = YP + PV\dot{\gamma}$  [21], donc la boue est un fluide binghamien.

A l'aide de ces résultats on peut calculer les valeurs suivantes :

**Tab III.5 : Les paramètres rhéologique de la boue utilisé [22]**

Paramètre		Formule	Résultat
<i>Viscosité apparente <math>u_a</math></i>		$u_a = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} = \frac{\theta_{600}}{2}$ (cp)	$u_a = 23$ cp
<b>Viscosité plastique <math>u_p</math></b>		$u_p = \theta_{600} - \theta_{300}$	$u_p = 19$ cp
<i>Yield Value (<math>Y_v</math>)</i>		$Y_v = 2\theta_{300} - \theta_{600}$	$Y_v = 8$ lbs/100 ft <sup>2</sup>
<b>la viscosité équivalente <math>u_e</math></b>	Régime Laminaire	Garniture $u_e = u_p$	$u_e = 19$ cp
		Annulaire $u_e = \frac{\tau \cdot (D_0 - D_i)}{12V} = u_p + \frac{\tau_0(D_0 - D_i)}{12V}$	$u_e = 19$ cp
	Régime turbulent :	$u_e = u_p$ (dans la garniture ou l'annulaire)	$u_e = 19$ cp

**III.2.1.2. Le régime d'écoulement et les perte de charge :**

**a. les formules de calcul**

A partir le loi de darcy-weisbach on trouve que la formule générale des pertes de charge est :

$$\Delta p = \frac{2C_x \cdot l \cdot \rho \cdot V^2}{D_h} \dots \dots \dots \text{III.1 [23]}$$

Nombre de Reynolds :  $Re = \frac{V \cdot D \cdot \rho_b}{u_e} \dots \dots \dots \text{III.2 [23]}$

Ces équation varie d'un modèle rhéologique à un autre, on présente dans le tableau les différentes équations pour le modèle de Bingham



**Tab III.6 : les équations de vitesse critique et les expressions des pertes de charge[24]**

Paramètre	Le régime	Formule	
		Garniture	Annulaire
la vitesse critique	Rec = 2100	$V_c = \frac{Rec \cdot u_e}{D \cdot \rho_b}$	$V_c = \frac{Rec \cdot u_e}{0.8165 \cdot (D_0 - D_i) \cdot \rho_b}$
Cx : coefficient de traînée	le régime Laminaire Re < 2100	$C_x = \frac{16}{Re}$	$C_x = \frac{16}{Re}$
	le régime Turbulent Re > 2100	$C_x = \frac{0.05}{Re^{0.2}}$	$C_x = \frac{0.05}{Re^{0.2}}$
les pertes de charge	le régime Laminaire Re < 2100	$\Delta p = \frac{32 \cdot l \cdot u_e \cdot V}{D^2}$	$\Delta p = \frac{48 \cdot l \cdot u_e \cdot V}{(D_0 - D_i)^2}$
	le régime Turbulent Re > 2100	$\Delta p = \frac{0.1 \cdot l \cdot \rho^{0.8} \cdot u_e^{0.2} \cdot V^{1.8}}{D^{1.2}}$	$\Delta p = \frac{0.127 \cdot l \cdot \rho^{0.8} \cdot u_e^{0.2} \cdot V^{1.8}}{(D_0 - D_i)^{1.2}}$

$V_c$  : la vitesse critique

$\Delta p$  : les pertes de charge

D : Diamètre intérieur de tige de forage

$D_0$  : Diamètre intérieur de Csg

$D_i$  : Diamètre extérieur de tige de forage

L : est la longueur de la conduite.

$u_e$  : Viscosité équivalente (cP),

$\rho$  : est la densité du fluide.

V : est la vitesse du fluide dans la conduite

Rec = 2100

Re < 2100 : Régime Laminaire

Re > 2100 : Régime Turbulent

### b. la vitesse critique :

Après le tableau la vitesse critique avec égal :

Dans la garniture

$$Vc = 0.3908 \text{ m/s}$$

Dans l'annulaire

$$Vc = 0.556 \text{ m/s}$$

### c. Calcul la ECD :

La formule pour calculer est :

$$ECD = d_b + \frac{\Delta p a_{10,2}}{TVD} \dots\dots\dots \text{(III.3) [25]}$$

### d. Analyse des perte de charge :

#### ➤ Packer de production 9''5/8

avec :  $l=2025,53$  ;  $D = 108.6 \text{ mm}$  ;  $D_0= 220.5 \text{ mm}$  ;  $D_i = 127 \text{ mm}$  .

Le tableau suivant représente les pertes de charge  $\Delta p$ , la vitesse d'écoulement  $V_b$  et le régime d'écoulement en fonction de différents débits dans les tiges

**Tab III.7 : Calcule  $\Delta p$  , $V_b$  et détermine le Régime d'ecl en fonction de débit dans les Tiges**

Q (L/min)	$\Delta p$ (bars)	$V_b$ (m/s)	$V_c$ (m/s)	Régime d'ecl
100	0,192	0,1841	0.3908	Laminaire
200	0,3843	0,3683	0.3908	Laminaire
300	1,0806	0,5525	0.3908	Turbulent
400	1,8133	0,7366	0.3908	Turbulent
500	2,7099	0,9208	0.3908	Turbulent
600	3,7622	1,1049	0.3908	Turbulent
700	4,9657	1,2891	0.3908	Turbulent
800	6,3152	1,4733	0.3908	Turbulent
900	7,8061	1,6574	0.3908	Turbulent
1000	9,4366	1,8416	0.3908	Turbulent
1100	11,2021	2,0257	0.3908	Turbulent
1200	13,0072	2,201	0.3908	Turbulent

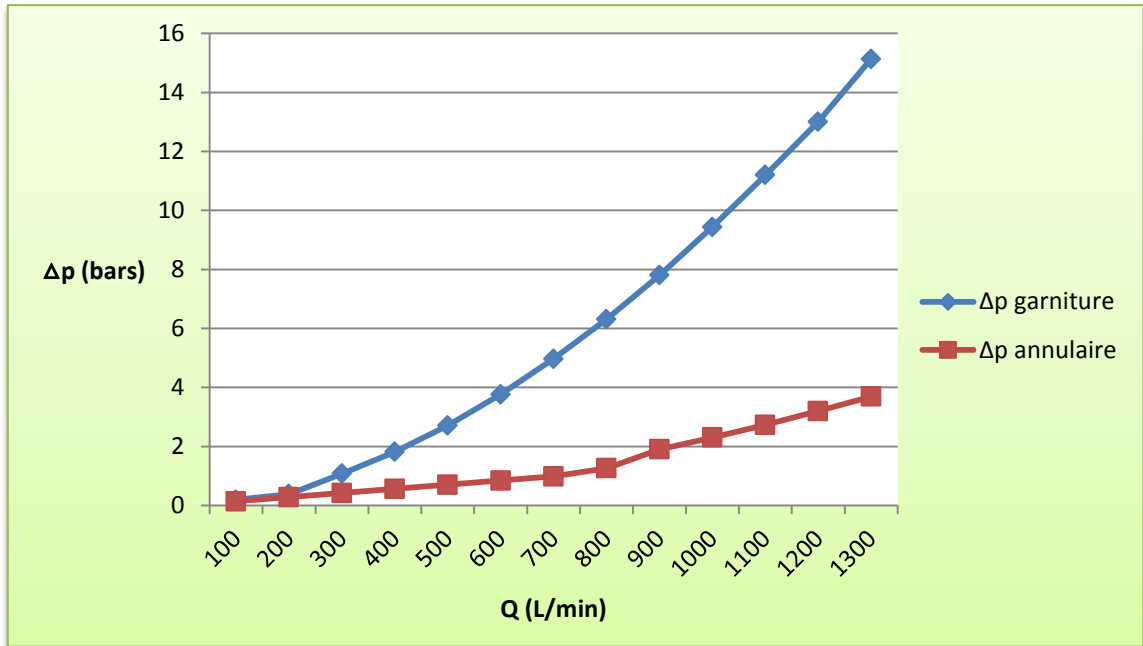
1300	15,1329	2,3941	0.3908	Turbulent
------	---------	--------	--------	-----------

Le tableau suivant représente les pertes de charge  $\Delta p$ , la densité équivalente ECD, la vitesse d'écoulement  $V_b$  et le régime d'écoulement en fonction de différents débits dans l'espace annulaire

**Tab III.8 : Calcule  $\Delta p$ , ECD,  $V_b$  et détermine le Régime d'ecl en fonction de débit dans espace annulaire**

Q (L/m)	$\Delta p$ (bars)	ECD	$V_b$ (m/s)	$V_c$ (m/s)	Régime d'ecl
100	0,1406	0,9426	0,0666	0,556	Laminaire
200	0,2814	0,9452	0,1333	0,556	Laminaire
300	0,4223	0,9455	0,2	0,556	Laminaire
400	0,5629	0,9492	0,2666	0,556	Laminaire
500	0,7037	0,9514	0,3333	0,556	Laminaire
600	0,8446	0,9591	0,4	0,556	Laminaire
700	0,9852	0,9651	0,4666	0,556	Laminaire
800	1.1261	0,9721	0,5333	0,556	Laminaire
900	1,9053	0,9799	0,6	0,556	Turbulent
1000	2,3027	0,9881	0,6666	0,556	Turbulent
1100	2,734	0,9972	0,7333	0,556	Turbulent
1200	3,1978	1,0067	0,8	0,556	Turbulent
1300	3,6929	1,0173	0,8666	0,556	Turbulent

A partir les résultats de tableau on trace les courbes des pertes de charge dans les tiges et dans l'espace annulaire en fonction de débit.



**Fig III.4: pertes de charge en fonction de débit dans les tiges et dans l'espace annulaire**

**Interprétation :**

D'après le graphe au dessus on observe que :

$$\frac{\partial P_c}{Q} \neq Cte$$

- ✚ Les pertes de charges dans la garniture sont importantes par rapport les pertes de charge dans l'espace annulaire et l'écart augmente avec l'augmentation de débit.
- ✚ Le régime turbulent donne plus des pertes de charge par rapport le régime laminaire.

➤ **Packer Intermédiaire 7'' :**

$L = 2169,53$  ;  $D = 77,9$  mm ;  $D_0 = 154,05$  mm ;  $D_i = 88,9$  mm

Le tableau suivant représente les pertes de charge  $\Delta p$ , la vitesse d'écoulement  $V_b$  et le régime d'écoulement en fonction de différents débits dans les tiges

**Tab III.9 : Calcule  $\Delta p$ ,  $V_b$  et détermine le Régime d'ecl en fonction de débit dans les Tiges**

Q (L/min)	$\Delta p$ (bars)	$V_b$ (m/s)	$V_c$ (m/s)	Régime d'ecl
100	0,760	0,350	0.544	Laminaire
200	2,64	0,700	0.5585	Laminaire
300	5,48	1,05	0.5585	Turbulent

<b>400</b>	9,2	1,400	0.5585	Turbulent
<b>500</b>	13,74	1,750	0.5585	Turbulent
<b>600</b>	17,64	2,01	0.5585	Turbulent
<b>700</b>	25,19	2,450	0.5585	Turbulent
<b>800</b>	32,03	2,800	0.5585	Turbulent
<b>900</b>	39,55	3,148	0.5585	Turbulent
<b>1000</b>	47,87	3,500	0.5585	Turbulent
<b>1100</b>	56,78	3,848	0.5585	Turbulent
<b>1200</b>	66,41	4,198	0.5585	Turbulent
<b>1300</b>	76,46	4,548	0.5585	Turbulent

Le tableau suivant représente les pertes de charge  $\Delta p$ , la densité équivalente ECD, la vitesse d'écoulement  $V_b$  et le régime d'écoulement en fonction de différents débits dans l'espace annulaire

**Tab III.10 : Calcule  $\Delta p$ , ECD,  $V_b$  et détermine le Régime d'ecl en fonction de débit dans espace annulaire**

Q (L/m)	$\Delta p$ (bars)	ECD	$V_b$ (m/s)		$V_c$ (m/s)		Régime d'ecl
100	0,119	0,94055	0,13	0,052	0,797	0,395	Laminaire
200	0,218	0,94102	0,26	0,104	0,797	0,395	Laminaire
300	0,330	0,94155	0,40	0,156	0,797	0,395	Laminaire
400	0,443	0,94208	0,53	0,208	0,797	0,395	Laminaire
500	0,560	0,94263	0,67	0,26	0,797	0,395	Laminaire
600	0,660	0,94310	0,805	0,312	0,797	0,395	Turbulent
700	0,690	0,94324	0,939	0,3641	0,797	0,395	Turbulent
800	1,082	0,94508	1,074	0,416	0,797	0,395	Turbulent
900	1,350	0,94634	1,208	0,468	0,797	0,395	Turbulent
1000	1,63	0,94766	1,34	0,52	0,797	0,395	Turbulent
1100	1,85	0,94869	1,47	0,572	0,797	0,395	Turbulent
1200	2,300	0,95081	1,61	0,624	0,797	0,395	Turbulent
1300	2,717	0,95277	1,745	0,676	0,797	0,395	Turbulent

A partir les résultats de tableau on trace les courbes des pertes de charge dans les tiges et dans l'espace annulaire en fonction de débit

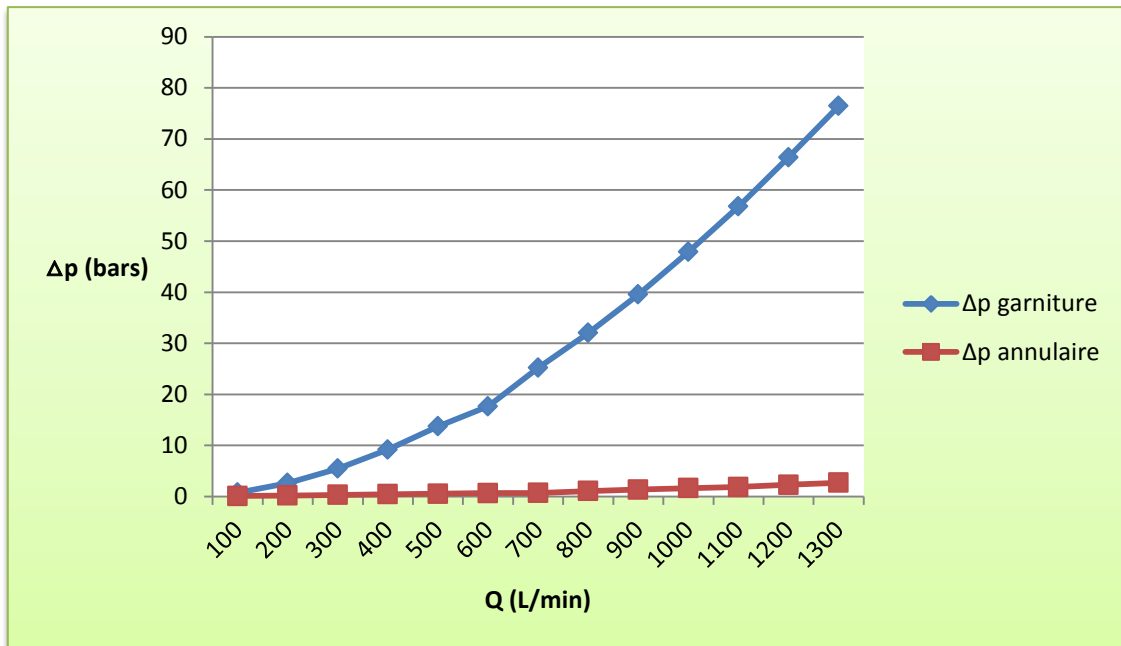


Fig III.5: pertes de charge en fonction de débit dans les tiges et dans l'espace annulaire

**Interprétation :**

D'après le graphe au dessus on observe que :

- ✚  $\frac{\partial P_c}{Q} \neq Cte$
- ✚ Les pertes de charges dans la garniture sont importantes par rapport les pertes de charge dans l'espace annulaire et l'écart augmente avec l'augmentation de débit.
- ✚ Le régime turbulent donne plus des pertes de charge par rapport le régime laminaire

**III.2.1.3. Calcul le débit minimal pour assurer le nettoyage**

➤ **Calcul la vitesse de remonte Vr**

La vitesse de remonter les déblais **Vr** est la différence entre la vitesse de fluide de forage **Vb** et la vitesse de sédimentation **Vs**.

$$V_r = V_b - V_s$$

**a. La vitesse de sédimentation Vs :**

Afin de choisir la formule de la vitesse de sédimentation, On calcule le  $Re_s$  des particules.

$$Re_s = \frac{V_s \cdot \varphi_p \cdot \rho_b}{u_e} \dots \dots \dots (III.5) [26]$$

Si la particule non sphérique en calcule le diamètre équivalent :

$$\varphi_p = \sqrt[3]{\frac{6v}{\pi}} \dots\dots\dots \text{(III.6) [26]}$$

La formule générale de la vitesse de sédimentation est :

$$V_s = \sqrt{\frac{2(\rho_s - \rho_b)}{\rho_b} \cdot g \cdot \frac{v}{s} \cdot \frac{1}{C_x}} \dots\dots\dots \text{(III.7) [26]}$$

$v$  : le volume de particule.

$s$  : l'aire de la surface selon laquelle la particule se projette sur un plan perpendiculaire de vitesse.

Le tableau suivant représente les différents coefficients de trainé  $C_x$  en fonction de nombre de Reynold de particule  $Re_s$ .

**Tab III.11 : Coefficients de trainé  $C_x$  en fonction  $Re_s$**

$Re_s$		$C_x$
$10^{-4} < Re_s < 1$	Laminaire	$24 / Re_s$
$1 < Re_s < 10$	Transitoire	$26 / Re_s^{0.77}$
$10 < Re_s < 10^2$	Transitoire	$20 / Re_s^{0.65}$
$10^2 < Re_s < 10^3$	Transitoire	$4.96 / Re_s^{0.346}$
$10^3 < Re_s < 2 \cdot 10^5$	Turbulent	0.44

**b. Application numérique**

On suppose que le régime de décantation soit laminaire, donc on utilise l'équation suivante :

$$V_s = \frac{(\rho_s - \rho_b) \cdot g \cdot d^2}{18u_e} \dots\dots\dots \text{(III.8) [26]}$$

**$d$**  : Le diamètre des particules solides est égal 1mm

**$g$**  : Champ d'accélération est égal 9.81 m/s<sup>2</sup>

**$\rho_s$**  : La masse volumique de l'acier de Packer est égal 7700 kg/m<sup>3</sup>

**$\rho_b$**  : La masse volumique de la boue est égal 940 kg/m<sup>3</sup>

**$u_e$**  : La viscosité équivalente de la boue

Dans ce cas  **$u_p = 19 \text{ cp} = 0.19 \text{ poise} = 0.016 \text{ pas. s}$**

$$V_s = 0.1939 \text{ m/s}$$

$$Re_s = \frac{V_s \cdot d \cdot \rho_s}{u_e}$$

$$Re_s = 78.58$$

**$10 < Re_s < 10^2$**  : Donc le régime de décantation est transitoire

On calcule la nouvelle  $V_s$  avec la formule suivante:

$$V_s = \sqrt{\frac{2(\rho_s - \rho_b)}{\rho_b} \cdot g \cdot \frac{V}{S} \cdot \frac{1}{Cx}}$$

Avec :  **$Cx = 20 / Re_s^{0.65}$**

$$V_s = 0.2832 \text{ m/s}$$

$$Re_s = 114.77$$

On observe que  **$10^2 < Re_s < 10^3$**  le régime de décantation est encore transitoire mais  **$Cx$**  se diffère.

On utilise  **$Cx = 4.96 / Re_s^{0.346}$**

$$V_s = 0.3128 \text{ m/s}$$

$$Re_s = 126.76$$

### c. La vitesse de sédimentation corrigée $V_{s_{cor}}$

La vitesse calculer au dessus nécessite une correction dans le régime transitoire et



turbulent selon le tableau suivant :

**Tab III.12 :  $V_{s_{cor}}$  en fonction le régime d'écoulement**

Régime d'écoulement	Laminaire	Transitoire	Turbulent
$V_{s_{cor}} =$	$V_s$	$\frac{(D_0 - D_i) - 1.6\varphi_p}{(D_0 - D_i) - \varphi_p} \cdot V_s$	$\frac{1}{1 + \frac{\varphi_p}{(D_0 - D_i)}} \cdot V_s$

Dans notre cas le régime est transitoire donc :

$$V_{s_{cor}} = 0.3108 \text{ m/s}$$

$$Re_s = 125,95$$

**d. le débit minimal pour assurer le nettoyage :**

donc le débit minimal pour assurer le nettoyage est :

**Tab III.13 : le débit minimal pour assurer le nettoyage**

	Formule	Résultats
pour Packer de production 9''5/8	$Q \text{ min} = S \cdot V_{s_{cor}}$	475.524 L/min
pour Packer Intermédiaire 7''	$S = \frac{\pi}{4} (D_i - D_i)^2$	570.624 L/min

### III.2.2. Les paramètres mécaniques

Les paramètres mécaniques jouent un rôle très important sur l'avancement de l'outil de fraisage, l'utilisation de ces paramètres de façon optimisée permet de minimiser le coût global de l'opération.

Ces paramètres sont :

- ✦ Le Poids sur l'outil **WOB**
- ✦ La Vitesse de Rotation **RPM**
- ✦ L'avancement de l'outil de fraisage **ROP**
- ✦ Le torque de la garniture.

### III.2.2.1. Le poids sur l'Outil

On calcule le **WOB** avec les formules suivantes :

Pour l'Outil a diamètre plain

$$\mathbf{WOB} = \mathbf{OD^2 \cdot 0,7854 \cdot p \quad (lbs) \dots \dots \dots (III.9)[12]}$$

Pour les Rotary Shoe

$$\mathbf{WOB} = \mathbf{(OD^2 - ID^2) \cdot 0,7854 \cdot p \quad (lbs) \dots \dots \dots (III.10) [12]}$$

P= 150 psi (le minimum pression posé sur la dent d'outil pour assurer le fraisage)

P= 500 psi (le maximum pression posé sur la dent d'outil avant l'usure)

### III.2.2.2. La vitesse de rotation

On calcule **RPM** avec la formule suivante :

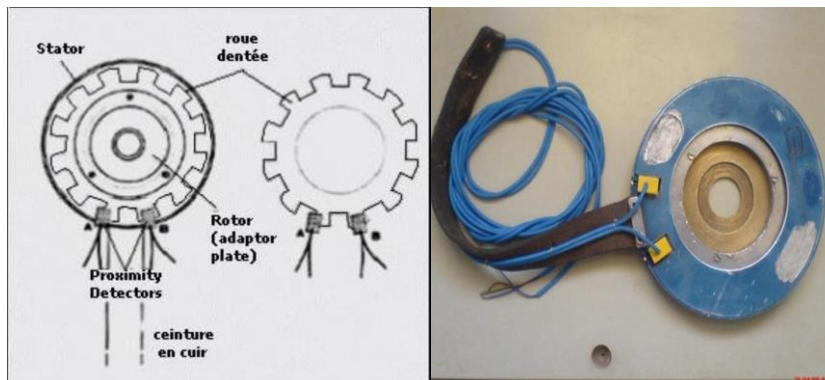
$$\mathbf{RPM} = \frac{\mathbf{V_L}}{\mathbf{0,265 \cdot OD}} \quad (\mathbf{Trs/min}) \dots \dots \dots (III.11) [12]$$

**V<sub>L</sub>** : La vitesse linéaire optimum de carbure de tungstène dans le fraisage des aciers est égale 150 à 200 *ft<sup>2</sup>/min*.

### III.2.2.3. L'avancement de l'outil de fraisage ROP

L'avancement de l'outil de fraisage c'est le résultant des paramètres précédents, à l'aide de ROP on peut interpréter le déroulement de l'opération avec l'efficacité des outils.

L'avancement est Le rapport de la variation de profondeur par rapport le temp .le profondeur à trouver par l'utilisation d'un capteur installé sur le treuil ou en face de targets collés sur la poulie du crown block [27]



**Figure III.6.: Capteur de profondeur (Depth)**

### III.2.2.4. Le Torque

La torsion de table de rotation pendant l'opération de fraisage est un paramètre très important pour travailler en sécurité d'une part et d'autre part pour interpréter le fonctionnement de l'outil de fraisage.

### III.2.3. Application sur Puits HRi 39

#### ➤ Fraisage Packer de production 9''5/8

Le packer de production 9''5/8 est un Packer hydraulique permanent reforable type Baker ancré à 2024.45m.

Pour le fraisage de packer 9''5/8 on utilise un Rotary shoe (Milling Tool) 8''3/32 x 6''13/32

**Tab III.14 : les paramètres optimaux pour le Packer de production 9''5/8**

Outil		Rotary shoe 5''31/32 x 4''3/8
Paramètre		
<b>WOB</b>	<b>WOB min</b>	1.3 t
	<b>WOB max</b>	4.358 t
<b>RPM</b>	<b>RPMmin</b>	79.7 (Trs/min)
	<b>RPMmax</b>	94,31
<b>Torque admissible</b>		38080.8 lbs.ft = 500 ampers

#### ➤ Fraisage Packer Intermédiaire 7''

Le Packer intermédiaire 7'' est un Packer permanent reforable ancré à 2169 m type WB  
 Pour le fraisage de Packer 7'' on utilise un Rotary shoe (Milling Tool) 5''31/32 x 4''3/8 et dans certain cas on utilise Junk Mill 6''.

**Tab III.15 : les paramètres optimale pour le Packer Intermédiaire 7''**

Outil paramètre		Rotary shoe 5''31/32 x 4''3/8	Junk Mill 6''
<b>WOB</b>	<b>WOB min</b>	0.9 t	1.92 t
	<b>WOB max</b>	2.97 t	6.4 t
<b>RPM</b>	<b>RPMmin</b>	95,91(Trs/min)	95.41 (Trs/min)
	<b>RPMmax</b>	127,89(Trs/min)	127,22(Trs/min)
<b>Torque admissible</b>		17232.3 lbs.ft =250 ampers	

### III.4. L'opération de fraisage

Les mesures pendant l'opération de fraisage de les deux Packer sont résumées dans le tableau suivant :

**Tab III.16 : les paramètres enregistré au cours d'opération**

Fraisage Packer de production 9''5/8								
Time	Time (hrs)	Prof (m)	Q (l/m)	RPM (trs/min)	WOB (Tons)	ROP (cm/h)	Torsion (Amp)	Observation
<b>08:00</b>	0	2024,45	660	40	0,5	0	160	Engagement de R.SH
<b>08:15</b>	0,25	2024,45	660	60	1	36	160	Engagement de R.SH
<b>08:40</b>	0,66	2024,6	660	80	1.5	60	170	Engagement de R.SH
<b>08:50</b>	0,833	2024,7	660	80	1.5	30	150-190	Fraisage chiens Sup
<b>09:10</b>	1,166	2024,8	660	80	1,5	0	160	Fraisage chiens Sup
<b>09:20</b>	1,333	2024,8	750	80	1,5	20	160-180	Fraisage chiens Sup
<b>09:50</b>	1,833	2024,9	750	80	2	30	160-180	Fraisage chiens Sup
<b>10:30</b>	2,5	2025,1	750	80	2,5	60	150	Echauffement Garniture
<b>10:40</b>	2,666	2025,2	750	90	3	0	150	Echauffement Garniture
<b>11:00</b>	3	2025,2	750	90	3,5	0	150	Echauffement Garniture
<b>11:10</b>	3,166	2025,2	0-250	100	3,5	30	160	Echauffement Garniture
<b>11:20</b>	3,333	2025,25	0-250	100	4	0	140-180	Echauffement Garniture
<b>11:30</b>	3,5	2025,25	750	100	5	0	140-180	Fraisage chiens Inf

## Chapitre III: Analyse et optimisation des paramètres de fraisage

11:40	3,666	2025,25	525	100	2	0	150	Fraisage chiens Inf
12:00	4	2025,25	630	100	3	7,5	150	Fraisage chiens Inf
12:40	4,666	2025,3	630	120	3	0	150	Fraisage chiens Inf
12:50	4,833	2025,3	720	120	3	15	130	Fraisage chiens Inf
13:10	5,166	2025,35	720	120	3	30	160-180	Fraisage chiens Inf
13:20	5,333	2025,4	720	120	3	.	140-200	Libération Packer
<b>Fraisage Packer Intermédiaire 7''</b>								
<b>1 ère Milling Tool 5''31/32 x 4''3/8</b>								
Time	Time (hrs)	Prof (m)	Q (l/m)	RPM (trs/min)	WOB (Tons)	ROP (cm/h)	Torsion (Amp)	Observation
19:50	0	2169	675	80	0,5	0	140	Essai d'engager le R.SH
20:10	0,333	2169	675	80	1	0	140	Essai d'engager le R.SH
20:20	0,5	2169	675	80	1	0	140	Essai d'engager le R.SH
20:30	0,666	2169	675	80	1,5	0	140	Essai d'engager le R.SH
20:45	0,916	2169	450	80	2	0	140	Essai d'engager le R.SH
21:00	1,166	2169	750	80	2,5	0	140-160	Essai d'engager le R.SH
21:30	1,666	2169	750	100	2,5	30	140-160	Essai d'engager le R.SH
22:10	2,333	2169,2	600	100	3	0	140	Engagement de R.SH
22:35	2,75	2169,2	345	100	3,5	8,75	140	Engagement de R.SH
23:10	3,333	2169,25	450	100	3,5	3,75	150-190	Engagement de R.SH
00:30	4,666	2169,3	600	110	4	0	160	Engagement de R.SH
01:30	5,666	2169,3	360	110	4	0	160	Endommagement cour
01:45	5,916	2169,3	300	110	4	0	160	Endommagement cour
02:30	6,666	2169,3	300	70	4,5	0	160-180	Endommagement cour
03:30	7,666	2169,3	195	70	5	0	200-210	Endommagement cour
<b>2 eme Milling Tool 5''31/32 x 4''3/8</b>								
21:20	7,666	2169,3	600	90	0,5	0	160	Essai d'engager le R.SH
21:30	7,833	2169,3	600	90	1	0	160	Essai d'engager le R.SH
21:50	8	2169,3	300	100	2	0	160	Essai d'engager le R.SH
22:20	8,166	2169,3	300	100	3	0	160	Essai d'engager le R.SH
<b>1 ère Junk Mill 6''</b>								

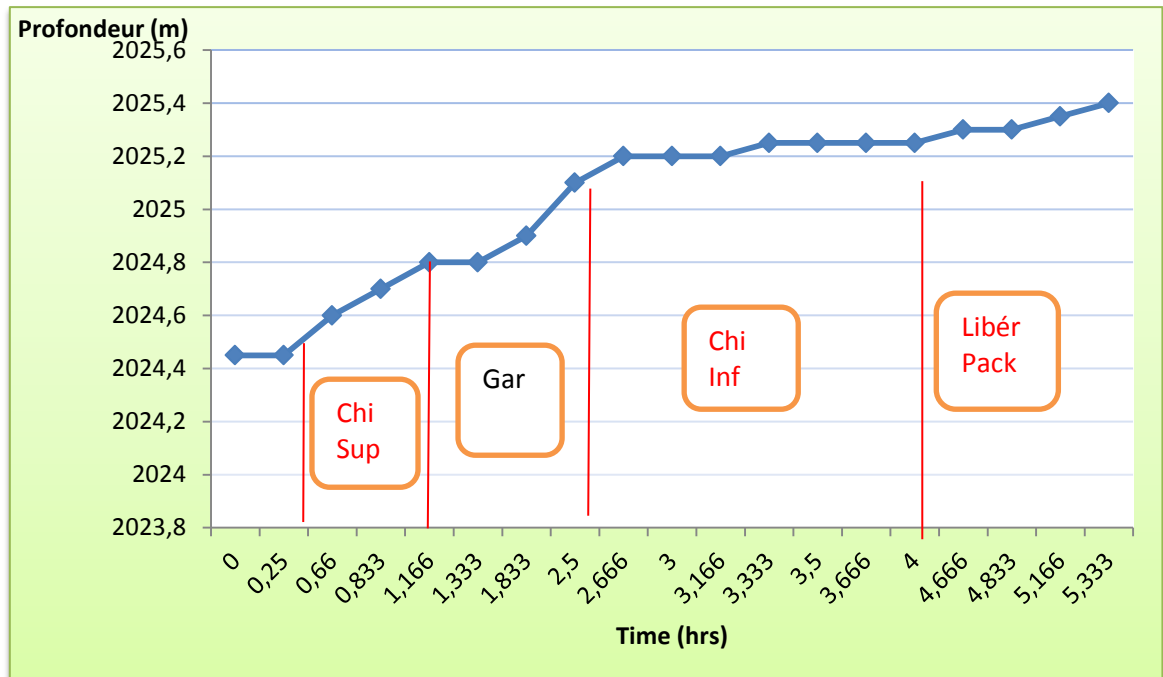
## Chapitre III: Analyse et optimisation des paramètres de fraisage

<b>15:00</b>	8,166	2169,3	480	60	0,5	20	140-160	Fraisage chiens Sup
<b>15:30</b>	8,666	2169,4	525	80	1	7,5	140-160	Fraisage chiens Sup
<b>16:10</b>	9,333	2169,45	555	80	1	0	140	Fraisage chiens Sup
<b>16:35</b>	9,75	2169,45	600	80	2	12	150	Echauffement Garniture
<b>17:50</b>	11	2169,6	600	120	2	0	140	Echauffement Garniture
<b>18:20</b>	11,5	2169,6	600	100	3	0	140	Echauffement Garniture
<b>19:50</b>	12	2169,6	600	90	3	0	140	Echauffement Garniture
<b>20:30</b>	12,666	2169,6	600	90	3	0	140	Echauffement Garniture
<b>2 ème Junk Mill 6''</b>								
<b>08:00</b>	12,666	2169,6	600	80	1	6,666	140	Echauffement Garniture
<b>09:30</b>	13,166	2169,7	600	80	1,5	0	140	Ech G + Dilution boue
<b>10:30</b>	14,166	2169,75	600	80	2	0	140	Ech G + Dilution boue
<b>11:00</b>	14,666	2169,75	600	80	2	10	140	Ech G + Dilution boue
<b>11:30</b>	15,166	2169,8	600	100	3	0	140	Ech G + Dilution boue
<b>11:40</b>	15,333	2169,8	600	100	3,5	0	140	Ech G + Dilution boue
<b>14:00</b>	15,666	2169,8	600	100	4	0	140	Ech G + Dilution boue
<b>3 ème Junk Mill 6'' Weatherford</b>								
<b>04:30</b>	15,666	2169,8	750	100	1	15	150	Fraisage chiens Inf
<b>04:50</b>	16	2169,85	750	90	2	2	150	Fraisage chiens Inf
<b>07:15</b>	18,416	2169,9	300	80	3	6,66	150	Fraisage chiens Inf
<b>08:00</b>	19,166	2169,95	150	80	4	30	160	Fraisage chiens Inf
<b>08:10</b>	19,33	2170	150	80	6	,	160	Glissement Packer

### III.3.1. Analyse d'opération :

#### ➤ Packer de production 9''5/8

A partir le tableau on trace la courbe ROP :



**Fig III.6 : La courbe de l'avancement en fonction de temps**

La figure suivante représente l'état de la couronne avant et après l'opération de fraisage, on remarque que l'état de la couronne est bon mais on a perdu une des dents.



**Fig III.7: La couronne 8''3/32 x 6''13/32 avant et après le fraisage**

### Interprétation :

A partir des résultats de tableau et de graphe on conclue que :

- ✚ L'avancement est important dans le fraisage des chiens supérieurs et la garniture d'étanchéité et il est diminué dans le fraisage des chiens inférieurs à cause de l'usure partielle de la phase d'attaque de la couronne (carbure de tungstène)
- ✚ La vitesse de rotation optimale calculée est vraiment obtenir un meilleur avancement

- ✚ Le WOB < 1T ne donne aucun avancement et WOB > 4T ne donne aucune amélioration sur ROP
- ✚ Les caractéristiques de la boue et le nombre des Panier à sédiments sont insuffisants pour assurer le meilleur nettoyage de trou
- ✚ La chute libre de packer 9''5/8 et repêchage facilement à cause de fraisage complète de ce dernier
- ✚ L'état de la couronne après la remonte indique qu'elle est travaillée dans les meilleurs paramètres de fraisage

### Conclusion

Le fraisage de packer 9''5/8 est réalisé parfaitement à l'aide des paramètres de fraisage convenables et optimisés.

#### ➤ Packer Intermédiaire 7''

On trace la courbe de l'avancement en fonction de temps

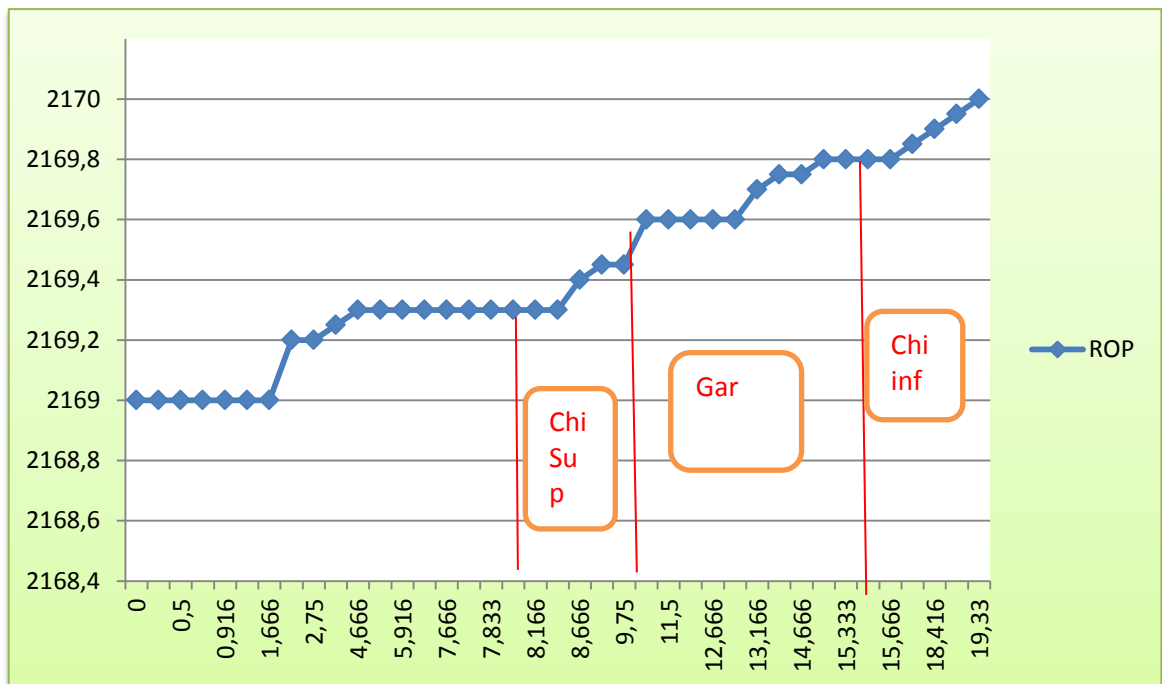


Figure III.9: la courbe de l'avancement en fonction de temps de fraisage packer 7''

Voilà l'état de la couronne avant et après le fraisage





Fig III.10 : La couronne 5''31/32 x 4''3/8 avant et après le fraisage

### Interprétation :

A partir des résultats ci-dessus on conclut que :

- ✚ L'engagement de la Rotary shoe est après 1.666 hrs à cause de la présence de ferraille sur le packer
- ✚ La phase d'attaque de la 1<sup>ère</sup> Rotary shoe est disparue parce qu'on a dépassé le WOB admissible
- ✚ L'avancement avec la 2<sup>ème</sup> Rotary shoe est nul à cause de ferraille qu'il est créé un roulement (Remonté la Rotary shoe en bon état)
- ✚ On utilise 02 Junk Mill ALDIM pour fraiser la totalité de packer mais ils ont donné un mauvais ROP (mauvais rechargement des Junk Mill)
- ✚ L'utilisation de Junk Mill Weatherford est retardée malgré qu'il est donné un bon ROP par rapport Junk Mill ALDIM
- ✚ Libération de packer avec surpoids (glissement de Packer) donne un mauvais fraisage et difficile de le repêcher plus tard.
- ✚ La vitesse de rotation optimum calculée est bien mais le mauvais nettoyage de puits a entravé le fraisage

### Conclusion

Le fraisage de Packer intermédiaire 7'' est donné des mauvais résultats ; prendre du temps et consommer les outils de fraisage à cause de la présence de ferraille dans le trou (mauvais nettoyage)

### III.5. Comparaison avec autre Puits

Afin d'évaluer l'opération de fraisage on compare avec les autres puits, le tableau suivant donne des statistiques sur l'opération de fraisage de l'année 2013 à 2017 :

**Tab III.17 : La durée de fraisage Packer 9"5/8 et Packer 7" des différents Puits**

Puits	Packer 9"5/8			Packer 7"		
	Fraisage	Manœuvre	Tot time	Fraisage	manœuvre	Tot time
HRi 39	4,666	12	16,666	23,82	60	83,82
HR 79	13	24	37	13	12	25
HR 202	.	.	.	11,5	12	23,5
HR 189	.	.	.	91,5	228	319,5
HRi 36	17,5	36	53,5	6,5	24	30,5
HRi 21	18	36	54	4	12	16
HRi 18	8	12	20	12	24	36
HRi 20	16,5	36	52,5	.	.	.
HRi 34	19	36	55	10,5	36	46,5
HRi 05	61,5	60	121,5	.	.	.
HRi 25	20,5	36	56,5	.	.	.
HRi 08	33,5	60	93,5	11	12	23
HR 46	4,5	12	16,5	.	.	.

#### Résumés :

Les résultats obtenus permettent de conclure que :

- ✚ La durée moyenne de fraisage pour les 11 Puits est égale 52.4 hrs
- ✚ La durée de fraisage de Packer 9"5/8 Puits HRi 39 est très petite par rapport la durée moyenne
- ✚ Le temps des manœuvres est important par rapport la durée de fraisage
- ✚ La durée moyenne de fraisage est égale 67 hrs
- ✚ La durée de fraisage de Packer 7" Puits HRi 39 est plus grande par rapport la durée moyenne
- ✚ Plus de la moitié des packers 7" sont fraisés par plusieurs couronnes
- ✚ Les Rotay shoes 5"31/32 x 4"3/8 ALDIM sont fragiles et posent des problèmes complexes.

### III.5. Aperçu économique

Le critère économique c'est la base de chaque optimisation et pour montrer que notre étude économiquement est intéressante on fait des calculs sur les coûts des opérations et combien le gain après l'optimisation.

#### a. Les charges Journaliers de la sonde

Les charges journalières de la sonde sont le coût journalier de la location de l'appariel et les charges journaliers de toutes les sociétés servicings.

Exemple :

**Tab III.18 : Les charges Journaliers de la sonde**

Société	Charges journalières (DZ)
ENFOR	2058 189.00
ORS (Société de boue)	83 856.00
GSF (Gardiennage)	110 992.70
Divers	38 000.00
<b>Total</b>	<b>2291 046.70</b>

Donc les charges pour une heure est 95460.27 DZ

#### b. Les prix des outils

Les prix de rechargement des outils par ALDIM sont donnés dans le tableau suivant :

**Tab III.19 : Les prix de rechargement outils ALDIM**

Outils	Prix (DZ)
Junk Mill 8'' 3/8	163 255.00
Couronne 8''9/32 x 6''13/32	154 916.00
Couronne 5''31/32 x 4''13/32	111 926.00

### c. Coûts des opérations

Le coût globale de l'opération est égal la somme des tous les charges de la sonde avec les coûts des outils.

Basé sur le loi de mètre fraisé  $P_m = [(P_o + P_h(T_r + T_m))] / M$

En peut dit que :

**Coût tot= Durée moy 9''5/8 x Prix hrs + Prix cour x nbr manœuvre**

Pour Packer 9''5/8

**Tab III.20 : Le coût globale de l'opération**

Cout	Formule	Résultats
Coût avant L'optimisation	<b>Coût tot= Durée moy 9''5/8 x Prix hrs + Prix cour x nbr manœuvre</b>	<b>Coût tot = 5,4 . 10<sup>6</sup> DZ</b>
Coût après l'optimisation		<b>2,06 . 10<sup>6</sup> DZ</b>

### d. Le gain

Le gain c'est la différence entre les coûts avant et après l'optimisation

$$\text{Gain} = \text{Coût tot} - \text{Coût tot op}$$

$$\text{Gain} = 3,34 . 10^6 \text{ DZ}$$

### e. Conclusion

Les résultats obtenus montrent que la méthode d'optimisation utilisée dans notre étude est rentable économiquement et permet de nous donner un gain de **3,34 . 10<sup>6</sup> DZ**

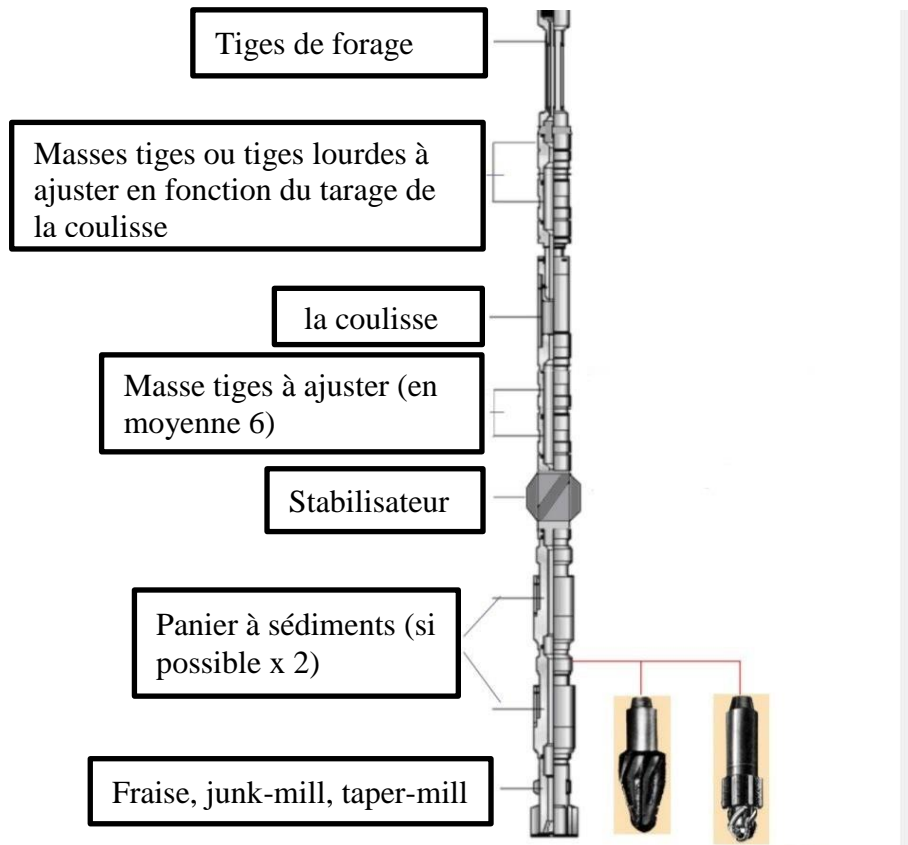
## *Conclusion générale*

Notre travail consiste à l'étude d'optimisation des paramètres de fraisage lors des opérations de work-over, nous avons examiné l'impact des paramètres hydrauliques, des paramètres mécaniques et de choix d'outil de fraisage sur les performances et l'efficacité de l'opération. À la lumière de nos résultats, nous pouvons tirer les conclusions générales suivantes :

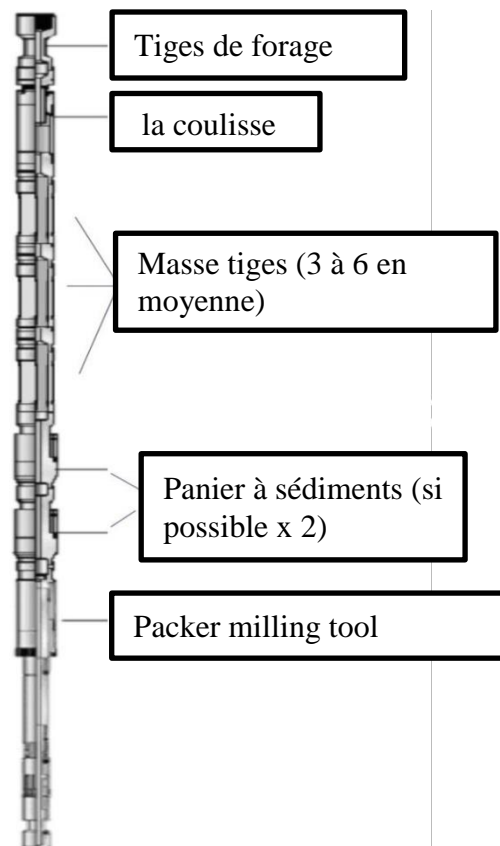
- La boue utilisée a des caractéristiques rhéologiques non convenable et elle ne peut pas remonter les déblais métalliques au surface ( $Y_v = 8 \text{ lbs}/100 \text{ ft}^2$  est faible) ce qui donne un trou plain de ferraille
- Les paramètres hydraulique calculés permettent de nous donner des résultats suivants ; la boue utilisé est boue à base huile, le débit minimale pour le packer de production  $Q_{\min} = 475 \text{ L}/\text{min}$  et pour packer Intermédiaire  $Q_{\min} = 570 \text{ L}/\text{min}$  .
- Les paramètres mécanique optimaux calculés permettent de nous donner des meilleurs résultats : pour le packer de production RPM = 79 à 94 tours/min et WOB = 1,3 à 4,35 tonnes , pour packer Intermédiaire 7'' RPM = 94 à 127 tours/min et WOB de rotary shoe = 0,9 à 2,97 tonnes , WOB de junk mill = 1,92 à 6,4 tonnes. Ils sont fiables, applicables et rentables
- Les outils de fraisage utilisé sont le couronne (rotary shoe) et le junk mill
- Les Panier à sédiments jouent un rôle très important sur le nettoyage du trou et un Panier à sédiments est vraiment insuffisant
- Le temps de manœuvre est toujours supérieur à la durée de fraisage et les statistiques montre que la plus part des temps on utilise plusieurs couronnes et/ou plusieurs Outils
- Les Outils de fraisage fabriqués localement par la société ALDIM ne sont pas confortables, ils donnent des mauvais résultats et créent des problèmes inattendus ROP aldim inférieur à ROP Weatherford, on peut utiliser les outils de Weatherford c'est mieux
- L'optimisation des paramètres de Fraisage économiquement est rentable.

En fin ,en face des problèmes rencontrés dans cette étude, nous proposons quelques notes et certaines recommandations pour améliorer les méthodes de fraisage et leurs efficacités :

- Améliorer les caractéristiques rhéologiques de la boue (augmenter le  $Y_v$  au minimum à 15 lbs/100  $ft^2$  ) et utiliser des bouchons visqueux pendant et après l'opération au lieu d'augmenter le  $Y_v$  à 30 lbs/100  $ft^2$  (critère économique) on recommande d'ajouter à la boue à base huile les aditifs d'Argiles organophiles et les Polymères à base d'huile .
- Elaborer un programme qui nous à permet de calculer les pertes de charge et les paramètres de fraisage.
- Utiliser au moins 2 Paniers à sédiments pendant le fraisage, s'il est insuffisant on descende un train des Paniers à sédiments après le fraisage pour assurer un meilleur nettoyage du trou avant de suivre le programme de Workover.
- Mettre les Tamis vibrants dans des meilleures conditions de fonctionnement pour éviter le passage de ferraille à cause de ce dernier endommage la pompe triplex de refoulement.
- Utiliser l'aimant dans le système de la boue afin de minimiser la quantité de ferraille qui entre dans les Bacs puis vers les Pompes.
- Le poussage du Packer vers le fond du puits par l'augmentation du Poids sur l'outil (WOB) indique que le Packer est mal fraisé, il faut continuer le fraisage avant la tentative de repêchage.
- On doit utiliser l'un des paramètres mécaniques au cour de fraisage, ne jamais augmentée les deux dans le même temps pour éviter l'usure rapide de l'outil de fraisage.
- Utiliser des coulisses ou des coulisses costauds pour le repêchage afin de facilité le repêchage et 'éviter les coincements.
- Le meilleur chois de l'outil permet de facilité le fraisage et d'éviter les problèmes complexes pendant l'opération



ANNEX.A.1. garniture de fraisage standard



ANNEX.A.2. garniture de fraisage par packer milling tool

## Recommandations D'opération De Fraisage

### Elimination des copeaux

- Circulation abondante avec boue visqueuse (VM 60 à 80)
- Utilisation de deux paniers à sédiments.
- Bac supplémentaire de décantation.
- Passes spéciales de nettoyage avec tiges nues et circulation inverse quand c'est possible.

### Immobilisation de la ferraille

- S'il y a trop de ferraille libre à fraiser, il est conseillé de la cimenter.
- Lorsqu'il s'agit d'éléments moins importants, comme un anneau qui tourne, un battage léger permet de le casser et de le coincer.
- Avec les fraises robustes (plage ou secteur), un battage sérieux permet de casser et de coincer certains éléments mobiles les rendant ainsi plus facilement fraisables ou repêchables dans le panier à sédiments.

### Renouvellement des angles de coupe

Théoriquement, les vibrations de la garniture et l'érosion de la matrice par la boue sont suffisantes pour exposer de nouveaux grains ou les affûter en les cassant. En fait, il arrive parfois que les grains actifs se polissent et il est nécessaire de battre légèrement pour les casser et exposer ainsi de nouveaux profils de coupe parfaitement affûtés.

### Protection du centre de la fraise

Lorsque le centre de la fraise travaille en continu sur du métal, les grains qui y sont situés se dégradent très vite car la vitesse de coupe y est pratiquement nulle. Dans les cas extrêmes, une bonne astuce consiste à remplacer le rechargement central par un large orifice de circulation. Ainsi, la ferraille qui ne peut être fraisée sera carottée.

### Prévention du traitement "métal sur métal"

Avec une fraise usée selon une empreinte circulaire, il arrive parfois que l'on tourne métal sur métal avec une pression au  $\text{cm}^2$  d'autant plus important que l'empreinte est plus fine. Cette friction élevée provoque un traitement du métal et peut le rendre extrêmement dur. Il arrive ainsi que ce soit le poisson qui découpe la fraise. Pour prévenir ce phénomène, il faut remonter dès que cette empreinte se manifeste en surface par une pression anormalement élevée dès que la fraise est posée.

### Interprétation de l'usure

L'usure d'une fraise est souvent représentative de l'état du poisson. Dans certains cas,



c'est une véritable empreinte. Il faut l'examiner avec soin et en tenir compte pour le choix et la mise en oeuvre de l'outil suivant.

#### **Refraisage des languettes latérales**

Il arrive parfois que l'on fraise partiellement le poisson en laissant une languette latérale. Ce risque est très Important avec les outils qui ne comportent pas de pilote et la sanction peut être un side-track involontaire. Pour limiter ce danger, il faut dégager fréquemment en manœuvrant brusquement pour essayer de rabattre et de fraiser cette languette. Cette manœuvre permet également de récupérer des morceaux non fraisés (collar) qui se seraient logés dans les parois du trou.

#### **Prévention des side track**

En fraisage, à moins d'être parfaitement piloté, le danger de side track est toujours important. Pour le prévenir, on s'efforce de guider la fraise en lui intégrant un pilote ou en rigidifiant la garniture de fraisage pour réduire sa tendance à dévier.

#### **Protection des tubages**

Pour protéger le tubage, il faut utiliser des fraises parfaitement lisses à l'extérieur avec une garniture très stabilisée. Lors du surforage des poissons coincés et appuyés sur le cuvelage (MT cimentées dans trou incliné, par exemple), ne pas hésiter à détruire le poisson plutôt que le tubage en utilisant des couronnes agressives à l'intérieur.

#### **Précautions pour le fraisage de matériel tubulaire affaibli**

Lors du fraisage de tubes fragiles crépinés ou fortement corrodés, il faut éviter de les déchirer en limitant le poids sur l'outil de fraisage.

## ANNEX.C.1. l'opération de fraisage des packer dans les différents puits

Année	Puits	TEMPS		Outil	Diamètre	Const	poisson	AVANCEMENT	
		de	à					de	à
2017	HRi39	08:00	12:40	Milling Tool	8"9/32 x 6"13/32	ALDIM	Packer	2024,45	2025,4
		19:50	03:30	Milling Tool	5"31/32 x 4"3/8	ALDIM	Packer int	2169	2169,3
		21:20	20:20	Milling Tool	5"31/32 x 4"3/8	ALDIM	Packer int	2169,3	2169,3
		15:00	20:30	Junk Mill	6"	ALDIM	Packer int	2169,3	2169,6
		08:00	14:00	Junk Mill	6"	ALDIM	Packer int	2169,5	2169,8
		04 :30	08:10	Junk Mill	6"	WFD	Packer int	2169,8	2170
2016	HR 79	19:30	03:00	Milling Tool	8"9/32 x 6"13/32	ALDIM	Packer	2060,3	2061,1
		03:00	08:30	Milling Tool	8"9/32 x 6"13/33	ALDIM	Packer	2084,7	2084,85
		12:00	14:00	Milling Tool	5"31/32 x 4"3/8	ALDIM	Packer int	2132,5	2133,2
	HR202	11:00	22:30	Milling tool	5"31/32 x 4"3/8	ALDIM	Packer	2063,4	2064,3
	HR 189	03:00	06:00	Flate Mill	5"7/8	ALDIM	Packer	2041,15	2043,25
		18:00	21:00	Milling tool	5"31/32 x 4"3/8	ALDIM	Packer	2043,45	2043,55
2016	HR 189	19:00	20:30	Taper Mill	5"7/8	ALDIM	Packer	2043,55	2043,75
		13:00	19:00	Milling tool	5"3/4 X 4"3/4	ALDIM	Packer	2043,7	2043,95
		16:30	19:00	Milling tool	5"7/4 X 5"1/8	SLB	Packer	2043,75	2044
		07:30	14:30	Milling tool	5"3/4 X 4"3/4	ALDIM	Packer	2043,8	2044,35
		08:00	13:00	Milling tool	5"31/32 x 4"3/8	ALDIM	Packer	2043,7	2044,85
		04:00	10:30	Milling tool	5"3/4 X 4"3/4	ALDIM	Packer	2044,85	2045,8
		13:30	17:00	Milling tool	5"31/32 x 4"3/8	ALDIM	Packer	2044,85	2045,85
		19:30	23:30	Flate Mill	5"7/8	ALDIM	Packer	2043,7	2043,95
		13:30	20:00	Junk Mill	5"7/8	ALDIM	Packer	2043,95	2045,4
		09:00	12:30	Junk Mill	5"7/8	ALDIM	Packer	2045,4	2045,6
		01:30	03:00	Milling tool	5"31/32 x 4"3/8	ALDIM	Packer	2045,6	2045,85
		05:00	07:00	Taper Mill	5"3/4	SH	Packer	2045,8	2046
		04:00	12:00	Milling tool	5"31/32 x 4"3/8	ALDIM	Packer	2057,45	2058,2
		02:00	06:30	Milling tool	5"31/32 x 4"3/8	ALDIM	Packer	2058	2059
		07:30	16:00	Milling tool	5"31/32 x 4"3/9	ALDIM	Packer	2059,3	2060
		03:00	08:00	Junk Mill	5"7/8	SLB	Packer	2059,1	2059,75
07:00	18:00	Junk Mill	3"3/4	SLB	Packer	2063	2063,3		

2015	HRi 36	20:30	06:30	Milling tool	8"9/32 x 6"13/32	ALDIM	Packer	2097,1	2098,4	
		09:30	12:30	Milling tool	8"9/32 x 6"13/32	ALDIM	Packer	2098,4	2099,4	
		19:30	00:00	Milling tool	8"9/32 x 6"13/32	ALDIM	Packer	2107,1	2107,4	
		22:00	02:00	fraise	5"7/8	ALDIM	Packer int	2213	2213,7	
		02:00	04:30	fraise	5"7/8	ALDIM	Packer int	2278,5	2279,5	
	HRi21	00:00	19:30	Milling tool	8"9/32 x 6"13/32	ALDIM	Packer	2058	2058,4	
		01:30	04:00	Milling tool	8"9/32 x 6"13/32	ALDIM	Packer	2068	2069,33	
		04:00	12:00	Milling tool	8"9/32 x 6"13/32	ALDIM	Packer	2069,33	2069,4	
		12:00	16:00	Milling tool	5"31/32 x 4"3/8	ALDIM	Packer int	2165	2165,6	
	HRi 18	01:00	09:00	Milling Tool	8"9/32 x 6"13/32	ALDIM	Packer	2076,9	2078	
		16:00	21:30	Milling Tool	8"9/32 x 6"13/32	ALDIM	Packer int	2169	2169,8	
		06:00	12:30	Milling Tool	5"31/32 x 4"3/8	ALDIM	Packer int	2203,7	2204,1	
	2014	HRi 20	23:00	01:00	Milling Tool	8"9/32 x 6"13/32	ALDIM	Packer	2077	2077,25
			16:30	23:00	Taper Mill	8"7/16	SH	Packer	2077,3	2077,6
			04:00	12:00	Milling Tool	8"9/32 x 6"13/32	ALDIM	Packer	2083,1	2083,4
2013	HRi 34	17:30	23:30	Milling Tool	8"9/32 x 6"13/32	ALDIM	Packer	2105,5	2106,1	
		15:00	21:30	Milling Tool	8"9/32 x 6"13/32	ALDIM	Packer	2107,7	2108,1	
		12:30	19:00	Milling Tool	8"9/32 x 6"13/32	ALDIM	Packer	2108,1	2108,6	
		16:00	20:30	Milling Tool	5"31/32 x 4"3/8	ALDIM	Packer int	2232,3	2232,95	
		22:00	01:00	Milling Tool	5"31/32 x 4"3/8	ALDIM	Packer int	2232,95	2233,3	
		13:00	16:00	Milling Tool	5"31/32 x 4"3/8	ALDIM	Packer int	2233,3	2233,5	
	HRi 05	01:00	11:00	Milling Tool	8"9/32 x 6"13/32	ALDIM	Packer	2080,5	2080,8	
		23:00	07:00	Milling Tool	8"9/32 x 6"13/32	ALDIM	Packer	2080,8	2081,2	
		05:00	15:00	Milling Tool	8"9/32 x 6"13/32	ALDIM	Packer	2081,1	2081,2	
		03:30	21:00	Junk Mill	8"1/8	WFD	Packer	2081,2	2081,6	
		05:00	13:00	Milling Tool	8"9/32 x 6"13/32	ALDIM	Packer	2091,5	2091,9	
	HRi 25	07:30	17:00	Milling Tool	8"9/32 x 6"13/32	ALDIM	Packer	2135,5	2135,65	
		04:30	05:30	Taper Mill	8"1/2	ALDIM	Packer	2135,95	2136,05	
		07:30	17:30	Fraise Plate	8"3/8	ALDIM	Packer	2145,6	2145,75	
	HRi 08	13:30	22:00	Junk Mill	8"1/2	ALDIM		2074,8	2082,4	
		07:00	14:00	Milling Tool	8"9/32 x 6"13/32	ALDIM	Packer	2084,2	2084,3	

		01:00	09:30	Junk Mill	8"1/2	ALDIM	Packer	2084	2084,5
		00:00	07:30	Taper Mill	6"1/2	ALDIM	Packer	2084,9	2085,1
		08:00	17:00	Milling Tool	8"9/32 x 6"13/32	ALDIM	Packer	2085,5	2085,8
		07:30	10:00	Taper Mill	8"1/8	SH	Packer	2085	2097
		16:30	03:30	Milling Tool	5"31/32 x 4"3/8	ALDIM	Packer int	2168,9	2169,2
	HR 46	09:30	14:00	Milling Tool	8"9/32 x 6"13/32	ALDIM	Packer	2065,7	2066,35

- [1] Étude des différents moyens et techniques d'intervention sur des puits producteurs (huile ET GAZ) champ sud (Groupement TFT et Rhourd nous) Présenté par : Saadallah Okba et Slimani Slimane -mémoire master 2016-2017
- [2] Etude et analyse du forage au cours de work over Réalisée par : • Hammoudi Moham • Rahil Akram. • Zimouche Nadhir - MEMOIRE MASTER Année: 2016/2017-
- [3] Workover & completion Well Control.(Document ENAFOR 2005)
- [4] Forage directionnel et horizontal : La Réalisation d'une Re-entry Short Radius en Slim hole Cas : Puits OMJZ-441 à Hassi Messaoud Présenter par : CHEKOUFI Said- MEMOIRE MASTER Année: 2017/2018
- [5] ONGC well intervention and work over operation
- [6] NEUTRALISATION DES PUIITS PETROLIERS DANS LA ZONE DE HASSI MESSOUD ETUDE D'UN CAS OKN13 ET GT34 Présenté par : Mr. BENROUAG SAID Mr. MAHDJOUBI AYOUB Mr. RAMDANE ILYES - mémoire master 2012 / 2013
- [7] Master of Science in Oil and Gas Production Engineering- Module 4: WELL AND SURFACE PRODUCTION Well intervention & work over (part 2/2): IWCF – WELL INTERVENTION CERTIFICATION Réalisé par IFP School / IAP Spa / Sonatrach
- [8] Instrumentation En Work Over (Puits MD506) ;réalisé par M'hamed BENELHADJ DJELLOUL •Ismail LEBLEDJ •Makhlouf BENDJILALI - MEMOIRE MASTER Année: 2016/2017-
- [9] Simulation d'un nettoyage de fond du trou lors d'un forage pétrolier Présenté Par : BEN FERDJALLAH Ayoub KHENNICHE Ahmed REDOUANI Seyf eddine -mémoire master 2018/2019
- [10] Schlumberger. (1986). L'INSTRUMENTATION.
- [11] Etude du choix des outils de forage dans le champ de Hassi-Messaoud, réalisé par BENCHEIKH SAMIR, RABHI MOHAMMED ZAKARIA. Mémoire master ouargla 2016/2017
- [12] weatherford. Guideline for Effective Milling.
- [13] Optimisation des paramètres mécaniques de forage (WOBet RPM) application au champs de Hassi Messaoud dans la phase 16'' et 6'' , Présenté par : SOBHI Brahim ,CHELLAL Brahim,GHOUL Hichem .Mémoire master 2017/2018
- [14] Etude analytique de l'instrumentation réalisée dans le puits OKS27 : Haoud BERKAOUI , réalisé par : BOUABID Ammar, CHOULI Rédha, FEKHAR Ilyass . Mémoire master ouargla 2015/2016
- [15] Composite Catalog of Oilfield Equipment and Services ,edition 1994-1995 ,Volume 2, by world oil
- [16] MODULE « M2 » LES INSTRUMENTATIONS EN FORAGE,sonatrach, réalisé par F. GRONDIN mai 2004

- [17] Serving the Oil Industry , Parveen Industries Private Limited, Composite Catalogue (Oilfield Equipment)
- [18] Bowen Simplex Packer Retrievers, downhole wellbore technologies
- [19] rapport de puits HRI 39, Sonatrach.
- [20] étude des propriétés rhéologiques de la boue de forage , réalisé par M.Chems-Eddine ,mémoire master 2013
- [21] Influence De L'ajout Des Polymères (Pac, Hec) Et De La Température Sur Le Comportement Rhéologique Et Les Propriétés Électrocinétiques Des Fluides De Forage A Base D'eau. Réalisé Par :Chalah Kac, 2011/2012
- [22] Etudes physico-chimiques et influence des matières premières sur la rhéologie des boues de forage, réalisé par M. TAARKOUBET Makhoulf ;M. BOUNOURI Abdelkader, Juin 2012
- [23] An introduction to fluid mechanics, Faith A. Morrison
- [24] Conception d'un module de calcul des pressions et des débits dans l'annulaire lors de la cimentation d'un puits de forage, ,réalisé par HAMIDI Massilia / Rabia Maya Nesrine, Mémoire de projet de fin d'études En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique ,2019
- [25] Drilling data handbook, seventh editions
- [26] Transport des déblais dans les forages pétroliers cas des forages inclinés, réalisé par BABA HAMED Samira, these en vue de l'obtention du diplôme de doctorat en sciences
- [27] L'importance de la surveillance géologique (Mud logging) dans les forages pétroliers, réalisé par : HIMOURA Houcine KHELLAF Amir ,DOUADI Salah Eddine, mémoire master 2017 / 2018