



Université Kasdi Merbah Ouargla



Faculté des hydrocarbures, énergies renouvelables et sciences de la terre et de l'univers
Département de forage et mécanique de chantier pétroliers

MEMOIRE

Pour obtenir le Diplôme de Master

Filière : Hydrocarbures

Option:Forage

Présenté Par:

BENCHOHRA Miloud
ELMERAHI Mohammed Elhachemi

THÈME

**POSE ET CIMENTATION DE LINER 4''^{1/2} DANS
LE CHAMP DE HASSI MESSAOUD (OMO323)**

Soutenue le : 24/05/2016 devant la comité d'examen

Jury:

Président: MCIBEH Iliasse
Rapporteur:CHATTI Djamel Eddine
Examineur: KHADEMALLAH Wafa

Univ. Ouargla
Univ. Ouargla
Univ. Ouargla



Remerciements :

*Nous tenons à remercier en premier lieu DIEU
le tout puissant qui a fait que ce travail soit
terminé ;*

*En achevant ce modeste travail, nous remercions
vivement notre promoteur chargé du suivi notre travail :
Mr. CHATTI Djamel Eddine.*

Pour ses encouragements, ses conseils et sa disponibilité.

*Nous tenons à remercier les responsables de GW155 pour
nous avoir accueillies dans leurs services et pour les dispositions qu'ils ont pris
pour nous facilité le travail.*

*Nous adressons, avec tous nos respects, nos remerciements à tous
les travailleurs de chantier OMO323 pour l'accueil qu'ils nous ont
réservé, leurs aide précieuse et leurs conseille.*

*Nous tenons aussi à remercier nos collègues de la formation avec qui
nous avons partagés des bons moments.*

*Nous remercions tous spécialement le personnels
de SONATRACH qui nous ont ressue a la base du 24 février
sans eu ce travaille n'aurait pas peut être terminé.*

*Nous remercions également nos enseignants du département du forage et des
mécaniques de chantiers.*

*Nos amis et toutes les personnes qui nous ont aidés de
près ou de loin à la réalisation de ce travail.*



Sommaire

Remerciements

Liste des figures

Liste des tableaux

Résumé

Introduction générale 1

Chapitre I : Cadre géologique

I.1 Situation géographique du champ de Hassi-Messaoud (HMD)	2
I.2 Situation géologique	3
I.3 Intérêt pétrolier	4
I.4 But de sondage	6
I.5 Situation du puits	6
I.6 Description de lithologie du puits omo323	6
I.7 Données du puits OMO 323	11
I.8 Objectif de production	11
I.9 Objectifs Opérationnels	11

Chapitre II : Généralité sur le liner

II.1 Introduction	12
II.2 Définition	12
II.3 Avantage et inconvénient de liner	12
II.4 Utilisation du liner	13
II.4.1 Liner de forage	13
II.4.2 Liner de production	13
II.4.3 Stub Liners	13
II.4.4 Scab Liners	13
II.4.5 Tie-back liner	13

II.5 Les équipements constitutifs d'un liner conventionnel	14
II.5.1 Les éléments de pose	15
II.5.2 Dispositif de suspension (liner hanger)	17
II.5.3 Le liner top packer	19
II.5.4 Polish Bore Receptacle (PBR)	20
II.5.5 Le joint rotatif : (liner Swivel)	20
II.5.6 Habillage du liner	20
II.5.7 Les éléments accessoires de la cimentation	21
II.6 Opérations à effectuer avant descente de la colonne	24
II.7 Procédure de descente et ancrage d'un conventionnel liner	25
II.8 Incidents de la cimentation d'un liner	28

Chapitre III : les caractéristiques techniques du puits OMO 323

III.1 Rapport de Phases	31
-------------------------	----

Chapitre IV : Calcul et control de la cimentation

IV.1 caractéristique de tube	41
IV.2 caractéristique de la garniture utilisé	41
IV.3 Composition du liner 4 ^{1/2} du puits OMO3	42
IV.4 Vérification des résistances des casings aux différentes sollicitations	43
IV.4.1 Pression d'écrasement	43
IV.4.2 Pression d'éclatemen	43
IV.4.3 Résistance à la traction	44
IV.5 Vérification de la résistance des tiges aux différentes sollicitations	45
IV.5.1 les tiges 3 ^{1/2} "	45
IV.6 Calculs de cimentation	47
IV.6.1 Caractéristiques du matériel tubulaire	47
IV.6.2 Tableau des volumes unitaires	48
IV.6.3 Calcul du volume total du laitier	49
IV.7 Préparation avant descente du liner	55
IV.7.1 Préparation du trou	55

IV.7.2 Préparation des équipements	56
IV.8 Descente de liner 4 ^{1/2} '' du puits OMO323	56
IV.9 Procédure de la cimentation du liner 4 ^{1/2} ''	58
IV.10 Introduction	59
IV.11 Contrôle de la hauteur de ciment dans l'espace annulaire	59
IV.12 Contrôle de la qualité et d'étanchéité	60
IV.12.1 Principe du CBL	60
IV.12.2 Principe du VDL	62
IV.12.3 Interprétation du CBL-VDL	62
IV.12.4 USIT (Ultra Sonic Imager Tool)	64
IV.13 Cas du puits OMO323	65
IV.13.1 Interprétation des logs CBL-VDL	66
IV.13.2 Commentaire	67
IV.14 Conclusion	68
Conclusion et Recommandation	69
Bibliographie	71

Liste des figures

Cadre géologique:

Figure.I.1 : Situation géographique de champ Hassi Messaoud	03
Figure.I.2 : Fiche technique de puits omo323.....	05
Figure.I.3 :Fiche stratigraphique du puits	10

Généralité sur le liner:

Figure.II.01 : Schéma de la composition du liner.....	14
Figure.II.02 : Manchons de poses.....	15
Figure.II.03 : Liner Swivel Mécaniques	15
Figure.II.04 : Setting Tool mécanique et hydraulique	16
Figure.II.05 : Swab cup	17
Figure.II.06 : Cementing pack-off	17
Figure.II.07 : Liner hanger mécanique	19
Figure.II.08 : Liner hanger hydraulique.	19
Figure.II.9 : Liner Top Packer	20
Figure.II.10 : PBR.....	20
Figure.II.11: Centreur rigide avec stop collar.....	21
Figure.II.12 : Types des sabots	22
Figure.II.13 : Types des anneaux (Landing Collar).....	22
Figure.II.14 : Ensemble wiper plugs et siège pour bille	24
Figure.II.15: Tête de cimentation	24
Figure II.16 : Flag sub (témoin).....	24

les caractéristiques techniques du puits OMO 323 :

Figure.III.01 : Analyse de temps phase 6"	37
Figure.III.02 : Analyse de temps	37
Figure.III.03 : profil du puits OMO323.....	39
Figure.III.04 : courbe d'avancement OMO323.....	40

Calcul et control de la cimentation:

Figure.IV.01 : CMC liner hanger.....	42
Figure.IV.02: Schéma du puits omo323	48
Figure.IV.03 : Exemple de thermométrie	59
Figure.IV.04 : Principe du CBL	60

Liste des figures

Figure.IV.05 : Parcours possible de l'onde envoyée	61
Figure.IV.06 : Exemple d'un bon CBL	61
Figure.IV.07 : Exemple d'un mauvais CBL	61
Figure.IV.08 : Principe du VDL	62
Figure.IV.09 : Outil USIT	65
Figure.IV.10 : Résultat de log CBL, VDL(section 3285 à 3352m).....	66
Figure.IV.11 : Résultat de log CBL, VDL (section 3352 à 3387m).....	67

Liste des tableaux

Cadre géologique:

Tableau. I.01: les coordonnées de puits OMO323	06
Tableau. I.02: les données du puits OMO323	11

les caractéristiques techniques du puits OMO 323 :

Tableau. III.01: phase 26" (Tubage 18" 5/8)	31
Tableau. III.02: paramètre des outils	31
Tableau. III.03: Paramètres de boue.	31
Tableau. III.04: Phase 16" (Tubage 13 3/8")	32
Tableau. III.05: Paramètre des outils	32
Tableau. III.06: Paramètres de boue	32
Tableau. III.07: Phase 12 ¼" (Tubage 9 5/8")	33
Tableau. III.08: Paramètre des outils	33
Tableau. III.09: Paramètres de boue	34
Tableau. III.10: Phase 8 ½ " (Tubage 7 ")	34
Tableau. III.11: Paramètre des outils	34
Tableau. III.12: Paramètres de boue	35
Tableau. III.13: Phase 6"	35
Tableau. III.14: Paramètre des outils	36
Tableau. III.15: Paramètres de boue	36
Tableau. III.16: le temps total de forage(omo323).....	38

Calcul et control de la cimentation:

Tableau. IV.01: caractéristique de tube.....	41
Tableau. IV.02: caractéristique de la garniture	41
Tableau. IV.03: composants de liner.....	42
Tableau. IV.04: Caractéristiques du matériel tubulaire.	47
Tableau. IV.05: volumes unitaires.	48
Tableau. IV.06: Temps d'injection du laitier et du spacer.....	52
Tableau. IV.07: Temps de chasse.....	53
Tableau. IV.08: Composition du Spacer	54
Tableau. IV.09: Rhéologie du laitier	55
Tableau. IV.10: Gel du laitier.....	55
Tableau. IV.11: Composition du laitier.....	55
Tableau. IV.13: programme de logging du puits OMO323	65

Résumé

Dans ce mémoire consacré à l'étude de la pose et cimentation de liner 4"1/2 au niveau du champs Hassi Messaoud. Nous avons exposé en détail la technique de « pose et cimentation d'un Liner 4"1/2 » qui sera illustrée par un cas de forage du puits OMO323.

La cimentation assure l'étanchéité et l'isolation des formations, elle doit être suspendu dans la colonne précédente 7" (section over lap), et se fait dans l'espace annulaire (trou-tubage 4"1/2).

Dans les puits profonds, les techniques de forage pratiquent de plus en plus la pose des colonnes perdues " Liners " au lieu des colonnes entières pour minimiser le prix de revient du forage (temps, matériaux).

Mots clés : Liner 4"1/2, cimentation , over lap ,tubage.

Abstract :

In this memory dedicated to the survey of a puts and cementation of liner 4"1/2 to the level of fields Hassi Messaoud, we have tried to make a survey retailed on the technique of" pose and cementation of a Liner 4"1/2 that will be illustrated by a case of boring of the OMO323 well.

The cementation assures the tightness and the insulation of the formations, it must be suspended in the previous column 7" (section over lap), and makes itself in the annular space (hole-intubation 4"1/2).

Finally, one says that The techniques of boring in the deep wells, proceeded the pose of the columns more and more lost "Linerses" instead of the whole columns, for reasons to minimize the price of comes back of the poll (time, materials).

Key words: Liner 4"1/2, cimentation, over lap, intubation.

Introduction générale

L'opération de forage est bien l'étape la plus importante et la plus délicate, depuis l'installation de l'appareil de forage jusqu'à la mise en production du puits.

Un puits de pétrole et de gaz nécessite une suite chronologique d'opérations suivant un planning de forage-tubage préalablement élaboré (programme du forage).

Chaque phase de ce programme représente un intervalle foré qui doit impérativement être protégé avant d'entamer la phase suivante.

Cette protection se fait par la descente d'une colonne de tubage le long du découvert et le cimenter pour maintenir en place les parois du puits, cette opération représente une partie indispensable et importante de la réalisation d'un puits de forage. La réussite de cette opération est un facteur déterminant pour la continuité du forage jusqu'à atteindre le réservoir dans des bonnes conditions.

Les techniques de forage dans les puits profonds, procédé de plus en plus la pose des colonnes perdues " Liners " au lieu des colonnes entières, dans la gamme des dimensions allant des différents diamètres (exemple : 7",4^{1/2} "). Les raisons de cette tendance est son incidence sur le prix de revient du sondage (temps, matériaux).

Dans ce document nous avons essayé de faire une étude détaillée sur la technique de « pose et cimentation d'un Liner 4^{1/2} » qui sera illustrée par un cas de forage du puits OMO323 du champ de Hassi Messaoud. Ce travail est structuré en quatre chapitre :

- Cadre géologique qui concerne :
 - La description du champ, données et objectifs du puits.
 - Description de lithologie du puits omo323.
- Une partie théorique contient des généralités sur le liner(les éléments de pose et accessoire de la cimentation).
- Une partie technique qui traite les données de forage et de boue.
- Une partie calcul et control de cimentation qui explique la procédure de descente et cimentation de liner 4^{1/2} et les techniques utilisées pour le contrôle du cimentation.

I.1. Situation géographique du champ de Hassi-Messaoud (HMD) :

Le champ de Hassi Messaoud est situé dans le bassin Oued Meya au Nord du Sahara à 850 km au Sud-est d'Alger et à 350 km de la frontière tunisienne, il s'étend sur une superficie de 2000 Km²

En janvier 1956, la SN-REPAL a annoncé le premier sondage MD #1.

Le 15 juin de la même année, ce sondage a découvert à 3338 m, au niveau des grès Cambriens productifs d'huile, et la confirmation de l'existence du gisement a été faite par le sondage du OM#1 à 7 Km Nord-Ouest. En 1958 le MD 01 est mis en production.

Le champ de HASSI MESSAOUD est subdivisé en deux secteurs :

- ☀ Le secteur nord : c'est le secteur de OUED MEYA (zone des OM et ON).
- ☀ Le secteur sud : c'est le secteur de MESSAOUD (zone des MD).

Le champ de Hassi Messaoud de par sa superficie et ces réserves est considéré parmi les grands gisements du monde, avec une pression de gisement varie de 120 à 400 Kg F/cm², une température de 118°C à 123°C et une perméabilité qui varie entre 0 à 1 Darcy.

Il est limite par les coordonnées Lambert suivantes :

X = [790.000 - 840.000] Est ;

Y = [110.000 - 150.000] Nord ;

Et il est encadré par les latitudes 31°.30' et 32°.00' et les longitudes 5°.40' et 6°.20'.

Le réservoir de HASSI MESSAOUD est constitué de quatre ensembles ou litho zones, qui sont du bas en haut R3, R2, Ra et Ri, le Ra constitue en qualité et en épaisseur la partie (la couche) la plus importante du gisement. [3]

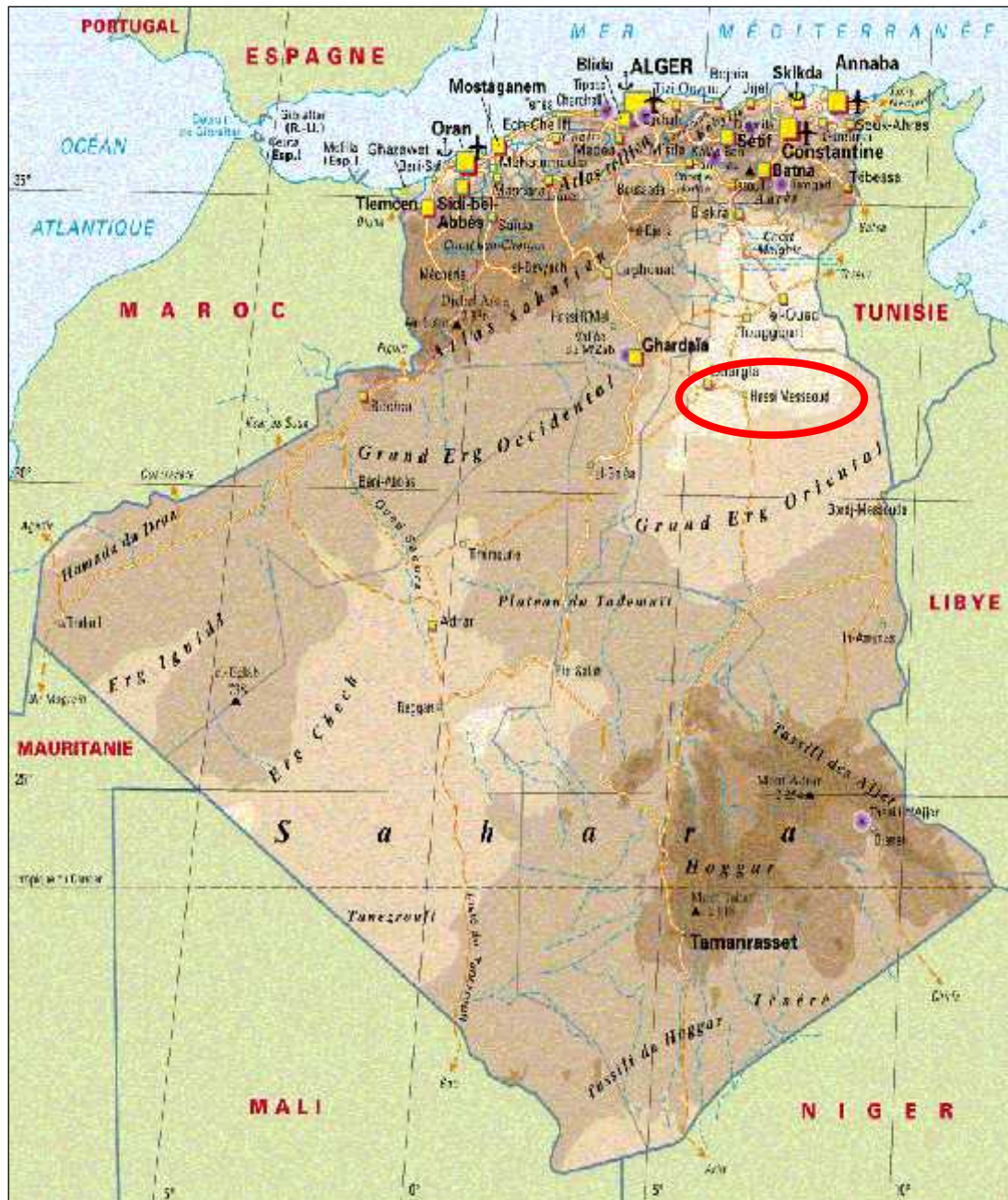


Figure.I.1: Situation géographique du champ de Hassi Messaoud.

I.2.Situation géologique :

Par rapport aux gisements, le champ de Hassi Messaoud est limité:

- au Nord-Ouest par les gisements de Ouargla (Guellela, Ben Kahla et Haoud Berkaoui) ;
- au Sud-Ouest par les gisements d'El Gassi, Zotti et El Agreb ;
- au Sud-Est par les gisements Rhourde El Baguel et Mesdar.

Le môle de Hassi Messaoud est le résultat d'une histoire **paléotectonique** assez compliquée, c'est le prolongement de la **dorsale** d'Amguid El Biod de plus de 800 km de long. Sa structure fait partie d'un ensemble de structures formant la province triasique Nord orientale.

Géologiquement, il est limité :

- à l'Ouest par la **dépression** d'Oued Mya ;
- au Sud par le **môle** d'Amguid El Biod ;
- au Nord par la structure Djammâa-Touggourt ;
- à l'Est par les **haut-fonds** de Dahar, Rhourde El Baguel et la **dépression** de Ghadames.

Le champ de Hassi Messaoud est divisé en deux parties distinctes : le champ Nord (ex CFPA) et le champ Sud (ex SN REPAL), chacun ayant sa propre numérotation.

I.3.Intérêt pétrolier :

Le champ de Hassi-Messaoud de par sa superficie et ses réserves est considéré parmi les plus grands gisements du monde avec une pression de gisement variant de 120 à 400 kgf/cm², une température de l'ordre de 118°C à 123°C et une perméabilité très faible de 0 à 1 darcy.

Le réservoir est lié au grès-quartzétiques du Combrien, l'horizon le plus productif est lié aux lithozones Ra et RI dont les qualités pétrophysiques sont assez bonnes. La couverture est assurée par une épaisse et étanche assise argilo-salifère du Trias. Le champ de Hassi-Messaoud est considéré comme une mosaïque de gisement, délimitée par les barrières de perméabilité.

Après plus de 40 années de production et plus d'une centaine de puits forés, la logique géologique de ce champ demeure énigmatique, c'est ainsi que certaines zones produisent en déplétion et d'autres sont en récupération secondaire par injection de gaz et d'eau. [3]

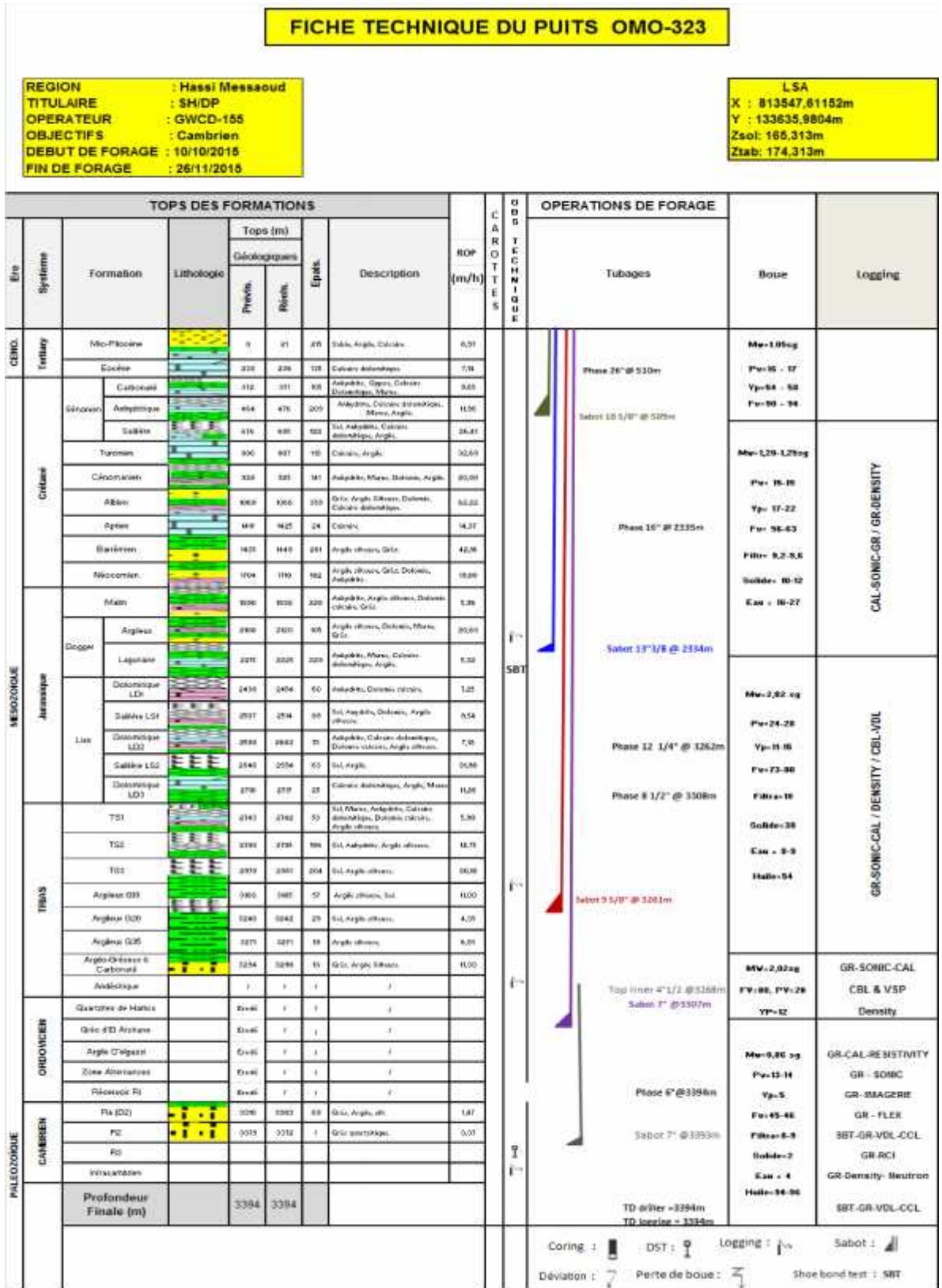


Figure. I.2:Fiche Technique de puits OMO323.

I.4. But de sondage : [4]

Le puits **OMO-323** est situé à l'intérieure centrale de la structure de Hassi Messaoud, il s'inscrit dans le cadre du développement du champ de Hassi Messaoud, ce puits remplacera le puits Injecteur Gaz OMO-33.

Le puits **OMO-323** sera foré en vertical et aura un statut Injecteur gaz pour maintenir le secteur des puits OMOZ-333, OMOZ-232, OMOZ-322, OMOZ-22, OMOZ-422, OMOZ-522 et OMOZ-441. L'arrêt du forage dans le réservoir Cambrien est prévu à la côte ± 3417 m.

I.5.Situation du puits : [4]

Tableau. I.1 : les coordonnées du puits omo323.

UTM Fuseau N°: 31	Géographiques	Altitudes
X : 784989,963m	Latitude= N 3°45'13,48175''	Z _{sol} : 165.313m
Y : 3 516811,773m	Longitude=E 06°00'30,44821''	Z _{table} : 174.313m

I.6.Description de lithologie du puits omo323 :

Le forage du puits OMO-323 a traversé une série de dépôts, représentée par des terrains d'âge Cénozoïque, Mésozoïque et Paléozoïque (voir la fiche stratigraphique du puits).

I.6.1.Aperçu litho-stratigraphique : [4]

I.6.1.1. Le Cénozoïque :

A- Le Tertiary :

✓ **Moi-Pliocène : de 21m à 236m**

Sable: blanc, parfois orange, translucide, fin à moyen parfois grossier, su arrondi.

Argile: grise, jaunâtre, pâteuse, tendre.

Calcaire: Blanc à beige, dur.

✓ **Eocène : de 236m à 371m**

Calcaire-dolomitique: blanc à beige parfois jaunâtre, dur à moyennement dur.

I.6.1.2. Le Mésozoïque

A- Le Crétacé :

✓ **Sénonien Carbonaté : de 371m à 476m**

Anhydrite: Blanche, massive, microcristalline, dure

Marne: Gris à grise, verdâtre, tendre à indurée

Calcaire dolomitique: Gris à gris blanc, moyennement dur à dur.

✓ **Sénonien Anhydritique : de 476m à 685m**

Anhydrite: blanche à grise, massive, pulvérulente, moyennement dure.

Marne : grise à grise, verdâtre, tendre à indurée.

Calcaire dolomitique: gris à gris blanc, beige moyennement dur à dur.

✓ **Sénonien Salifère : de 685m à 807m**

Sel: massif, blanc à rosâtre translucide, cristallin.

Argile: brune à brun rouge, tendre à pâteuse

Anhydrite: beige, pulvérulente, moyennement dur.

Calcaire dolomitique: gris à gris blanc, beige moyennement dur à dur.

✓ **Turonien : de 807m à 925m**

Calcaire: beige à gris claire, microcristallin, tendre, crayeux.

Argile: brune à brun rouge, vert d'âtre, tendre, pâteuse.

Dolomie beige à grise claire, tendre à moyennement dure.

✓ **Cénomaniens : de 925m à 1066m**

Anhydrite: blanche à beige, massive, pulvérulente, moyennement dure à dure.

Marne: grise à gris sombre, parfois brun rouge, tendre, pâteuse.

Argile : grise à gris foncé, parfois gris verdâtre, indurée,

✓ **Albien : de 1066m à 1425m**

Argile : grise à gris verdâtre, rarement brun rouge, tendre à indurée pouvant localement devenir

silteuse à fortement silteuse à la base.

Grès: blanc, gris clair, fin à très fin, friable à ciment silico-argileux.

✓ **Aptien : de 1425m à 1449m**

Calcaire dolomitique : blanche à beige, microcristalline, moyennement dure à dure.

✓ **Barrémien : de 1449m à 1710m**

Grès :blanc à brun rouge, très fin, friable, à ciment silico-argileux, rarement blanc, fin à moyen plus ou moins

Consolidé à ciment silico-argileux, moyennement dure avec des intercalations d'argile, brune à brun rouge,gris, parfois verdâtre tendre à indurée, silteuse.

✓ **Néocomien : de 1710m à 1892m**

Argile : versicolore, grise, gris verdâtre à vert, indurée, localement légèrement carbonatée avec Passées de dolomie beige à grise claire, tendre à moyennement dure, passant à des argiles silteuses.

Grès: gris claire à brun rouge, fin à moyen, très fin par endroits, friable à moyennement consolidé à ciment silico-argileux.

B/ Le Jurassique :

✓ Malm : de 1892m à 2120m

Anhydrite : blanche à blanc beige, massive, pulvérulente, moyennement dur à dure.

Argile : versicolore, grise vert et verdâtre , brun rouge, tendre à indurée, pâteuse avec des bancs métrique de Dolomie beige, gris claire, parfois grise, dure et des passée de Grés, blanc, gris claire , brun, fin, friable à ciment silico-argile.

Dolomie Calcaire: beige à blanc beige, parfois grise à gris clair, tendre argileuse à moyennement dure, microcristalline, indurée.

Anhydrite : blanche à blanc beige, moyennement dure.

✓ Dogger Argileux : de 2120m à 2225m

Argile : brun rouge tendre à indurée avec grés gris blanc à gris verdâtre siliceux carbonaté, de dolomie grise dure

Marne : grise à gris verdâtre, indurée a moyennement dure.

✓ Dogger Lagunaire : de 2225m à 2454m

Anhydrite: blanche, pulvérulente.

Marne: gris verdâtre, indurée a moyennement dure.

Calcaire dolomitique: gris à gris blanc, parfois blanc, microcristallin, argileux, dur.

Dolomie : grise à gris beige, localement massive, rarement cristalline, tendre à moyennement dure.

✓ Lias Dolomitique LD 1 : de 2454m à 2514m

Dolomie Calcaire: beige, gris claire, parfois grise, dure.

Anhydrite : blanche, pulvérulente.

✓ Lias Salifère LS1 : de 2514m à 2603m

Sel : massif, rosâtre, translucide, moyennement dure, anguleux a subanguleux.

Anhydrite : blanchâtre, pulvérulente.

Calcaire dolomitique: gris a gris blanc, parfois blanc, microcristallin, argileux, dur, avec

Argile: grise a gris blanc, rarement verdâtre, tendre, silteuse.

✓ Lias Dolomitique LD 2 : de 2603m à 2654m

Anhydrite: blanchâtre, microcristalline, tendre à moyennement dure, pulvérulente.

Calcaire Dolomitique: gris à gris blanc, parfois blanc, microcristallin, argileux, dur.

Dolomie : gris verdâtre à gris claire, moyennement dure avec passages d'Argile: grise à gris sombre, indurée, silteuse.

✓ **Lias Salifère LS 2 : de 2654m à 2717m**

Sel : massif, rosâtre parfois blanc, translucide.

Argile: brun, tendre à indurée, silteuse.

✓ **Lias Dolomitique LD 3: de 2717m à 2742m**

Calcaire dolomitique : gris à gris clair, parfois blanchâtre, moyennement dur.

Argile : brun rouge, tendre, pâteuse.

C/ Le Trias :

✓ **Trias Salifère TS 1 : de 2742m à 2795m**

Anhydrite: blanche, pulvérulente, massive, dure, avec fines passées d'Argile: grise, tendre, silteuse.

Calcaire dolomitique: blanc à gris blanc, dur, parfois beige, cristallin, moyennement dur.

✓ **Trias Salifère TS 2 : de 2795m à 2981m**

Sel: massif rosâtre, parfois blanc à translucide.

Anhydrite : blanche à blanc beige, massive, pulvérulente, moyennement dure à dure.

Argile: grise, parfois brun, tendre à pâteuse, indurée à pâteuse.

✓ **Trias Salifère TS 3 : de 2981m à 3185m**

Sel : massif, blanc à rosâtre, translucide, tendre à moyennement dur.

✓ **Trias Argileux (G10) : de 3185m à 3242m**

Argile: brun rouge, rarement grise, gris noir, moyennement indurée, localement tendre à pâteuse, silteuse, avec fines passées de Sel : blanc à rosâtre.

✓ **Trias Argileux (G20) : de 3242 à 3271m**

Argile: brun, verdâtre, tendre, fortement silteuse avec passées de Sel blanc, parfois rosâtre.

✓ **Trias Argileux (G35) : de 3271 à 3290m**

Argile: brun, verdâtre et localement noir, tendre, fortement silteuse.

✓ **Trias Argileux gréseux : de 3290 à 3303m**

Grés: blanc, gris clair, brun, verdâtre, fin à très fin, friable avec intercalation d'Argile: brun, tendre, fortement silteuse.

I.6.1.3. Le Paléozoïque :

A/ Le Cambrien :

✓ Cambrien Ra (D2) : (3303 à 3372m)

Grès : blanc, translucide quartzitique dur.

Grès : blanc, blanc beige, a brun, fin, moyenne a grossier, siliceux, silico-argilo a silico bitumineux, quartzitique, consolide moyennement dur.

Silt : gris blanc, beige a gris noir, dur.

✓ Cambrien R2: (3372 à 3394m)

Grès : blanc, rarement blanc beige, translucide, fin à moyen, arrondi à subarrondi, parfois quartzitique, dur.

Ere	Système	Formation	Tops (m)			Epais	
			Prévis. MD	Réels MD	SPE		
CENO-ZOÏQUE	TERTIAIRE	Mio-Pliocène	21	21	-	215	
		Eocène	238	236	-	135	
MESOZOÏQUE	Crétacé	Sénonien	Carbonaté	372	371	-	105
			Anhydritique	464	476	-	209
			Salifère	676	685	676	122
		Turonien	806	807	809	118	
		Cénomaniens	922	925	927	141	
		Albien	1069	1066	1075	359	
		Aptien	1411	1425	1424	24	
		Barremien	1435	1449	1448	261	
		Néocomien	1704	1710	1709	182	
		Malm	1890	1892	1898	228	
	Jurassique	Dogger	Argileux	2108	2120	2119	105
			Lagunaire	2215	2225	2234	229
		Lias	Dolomitique LD1	2438	2454	2422	60
			Salifère LS1	2507	2514	2496	89
			Dolomitique LD2	2598	2603	2593	51
	Salifère LS2	2648	2654	2655	63		
	Dolomitique LD3	2710	2717	2715	25		
	Trias	TS1	2743	2742	2746	53	
		TS2	2790	2795	2800	186	
		TS3	2979	2981	2943	204	
		Argileux G10	3183	3185	3185	57	
		Argileux G20	3240	3242	3242	29	
		Argileux G35	3271	3271	3271	19	
Argileux gréseux & Carbonate		3294	3290	3290	13		
Andésitique	/	/	/	/			
Discordance Hercynienne							
PALÉO-ZOÏQUE	Cambrien	Ra (D2)	3310	3303	3306	69	
		R2	3379	3372		22	
		R3	/	/	/	/	
		Infracambrien	/	/	/	/	
Profondeur Finale (TD)			3394	3394	3394	/	

Figure. I.3 : Fiche Stratigraphique du puits.

I.7. Données du puits OMO 323 :

Le tableau ci-dessous nous décrit les données du puits :

Tableau. I.2: les données de puits omo323.

Pays	ALGERIE
Région	HASSIMESSAOUD
Sondage	OMO-323
Titulaire/Prospect	SH/DP
Opérateur	GWDC
Classification	Développement
Objectifs	Cambrien
Appareil de forage	GWDC-155
TD Foreur	3394m
TD Logging	3394m

I.8. Objectif de production :

Les objectifs de n'importe quel puits sont fixés avant l'entame du sondage afin d'atteindre la cible en toute sécurité et à cout minimal et ces objectifs sont représentés ci-dessous :

- Arrêt du forage à 3394m.
- Pose du 9 5/8 à 3261m.
- Pose du liner 7" à 3307 m .
- Pose du liner 4 ½" 3393 m.

I.9. Objectifs Opérationnels :

Les objectifs ne diffèrent pas d'un puits à un autre car la finalité est la même c'est d'atteindre la cible en toute sécurité avec un cout minimal et parmi ces objectifs nous mentionnons :

- Zéro accident.
- Pas d'atteinte à l'environnement, nettoyage permanent de la plate-forme.
- Collecter des informations (données de forage) pour une optimisation future.
- Atteindre les objectifs géologiques avec une « trajectoire régulière ».

II.1.Introduction :

L'opération de tubage et cimentation représente une partie majeure du coût total du forage, à cet effet, les chercheurs et les spécialistes de forage essaient de minimiser le coût de forage en concentrant des recherches sur cette opération, ce qui a abouti à l'invention d'une colonne réduite dite perdue ou liner et quoi a pour but principal d'optimiser les coûts du tubage.

II.2.Définition : [3]

Un liner est une colonne perdue qui ne remonte pas jusqu'à la tête de puits, mais sur une hauteur limitée, à l'intérieur du tubage précédent. Il est cimenté avec un recouvrement dans le dernier tubage (overlap), qui s'étend depuis la cote de pose jusqu'à une certaine distance à l'intérieur de la colonne précédente. Ceci est nécessaire pour bien sceller la colonne perdue dans la colonne précédente et avoir une bonne étanchéité entre les deux. Cette étanchéité est très importante pour prévenir, durant la production, passage d'effluent derrière la colonne perdue.

II.3.Avantage et inconvénient de liner : [2]

II.3.1. Avantages du liner :

Les principaux avantages d'un liner sont :

- ✓ le coût est réduit, du aux nombres réduits des casings ;
- ✓ la capacité de levage durant la descente du liner est réduite ;
- ✓ la possibilité d'utiliser, après la descente du liner, une garniture de forage mixte (5'' en haut et 3'' 1/2 en bas, par exemple), ce qui réduit la capacité de levage ;
- ✓ la capacité de la tête de puits est réduite ;
- ✓ le temps de préparation de la colonne avant sa descente est réduite ;
- ✓ le liner est plus flexible qu'une colonne entière ;
- ✓ les pertes de circulation sont évitées par le fait que les pertes de charges annulaires sont réduites au niveau des tiges ;
- ✓ possibilité de complétion dans le tubage précédent si les équipements de complétion ne passent pas à travers le liner.

II.3.2. inconvénient du liner :

Les principaux inconvénients sont :

- ✓ La suspension du liner dans le tubage est plus difficile que celui d'une colonne entière dans la tête du puits ;
- ✓ peu de colonnes sont exposées à l'effluent et si elles s'affaiblissent, il est obligatoire de compléter le liner par une colonne complète, ce qui nécessite la reprise du puits ;

✓ Le temps de descente est très grand dans le cas d'un liner qui comporte des équipements à activation hydrauliques.

II.4. Utilisation du liner : [3]

Le liner peut être utilisé pour couvrir une partie du découvert comme une colonne normale pour permettre la poursuite du forage (liner de forage), ou couvrir le réservoir et le mettre en production (liner de production). Comme il peut être utilisé pour couvrir une partie détériorée d'un tubage (scab liner). Ce liner peut être cimenté ou isolé en haut et en bas par des packer.

On peut même utiliser un premier liner et, par la suite, lui raccorder un deuxième par l'intermédiaire d'un tie-back.

II.4.1.Liner de forage :

Appelé aussi liner intermédiaire, ce liner est une portion de tubage qui s'ancre dans le tubage précédent, déjà cimenté, il est utilisé pour isoler des zones à problèmes au-dessous de la colonne technique, comme :

- ✓ Les zones à pertes,
- ✓ Les zones à pression anormalement élevées,

II.4.2.Liner de production :

C'est une colonne de tubage utilisée dans la dernière phase (phase de production), elle est suspendue soit au liner de forage ou à la colonne technique. Il sera cimenté et perforé par la suite ou laissé en open hole (cas d'un liner crépiné).

II.4.3.Stub Liners :

Le stub liner est une colonne de tubage de même diamètre que le liner, raccordé à ce dernier par une garniture d'étanchéité d'une manière à obtenir une colonne continue, depuis le fond jusqu'à la surface pour les raisons suivantes :

- ✓ La colonne de tubage au-dessus du liner s'affaiblit ou endommagée (par corrosion,etc) .
- ✓ Mauvaise étanchéité au top du liner ;
- ✓ Nécessité de grande résistance due par exemple aux pressions anormalement élevées.

II.4.4.Scab Liners :

Il est utilisé pour remédier à une partie détériorée d'un tubage, Ce liner peut être cimenté ou isolé en haut et en bas par des packers. Il est utilisé dans les mêmes conditions que le stub liner.

II.4.5. Tie-back liner :

Un tie-back liner est une section de tubage qui s'étend depuis le top d'un liner déjà existant jusqu'à la surface. Il peut être cimenté ou non.

II.5. Les équipements constitutifs d'un liner conventionnel :

Il existe plusieurs variétés de composition pour le liner, mais en générale un liner doit comporter deux types d'éléments, éléments de manipulation et de pose et les éléments accessoires de cimentation.

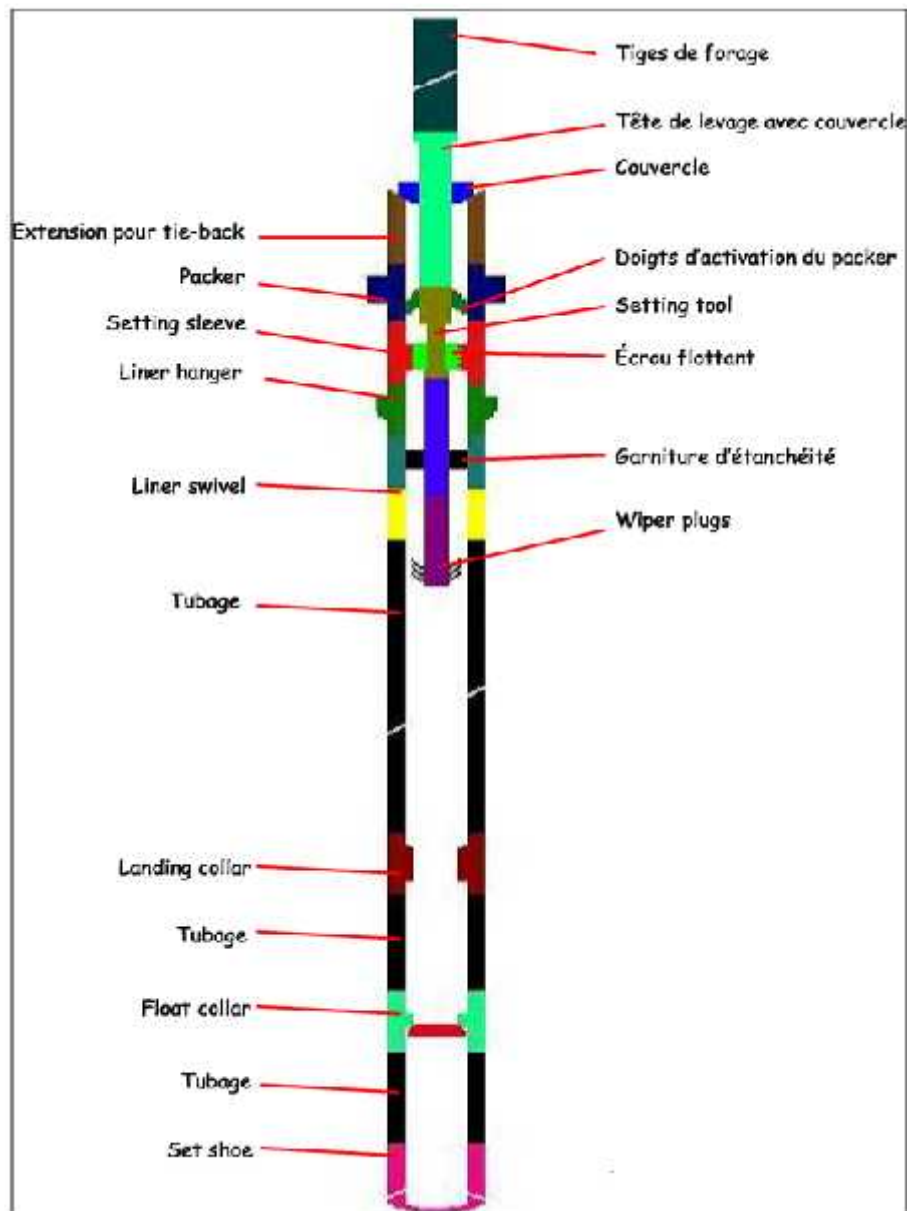


Figure. II.1: Schéma de la composition du liner

II.5.1. Les éléments de pose :

II.5.1.1. La garniture de pose (setting string) :

La garniture de forage utilisée pour la descente du liner est généralement composée de tiges. Dans le cas où le puits est très dévié, on peut utiliser des tiges lourdes. L'utilisation d'une coulisse est à proscrire. Les tiges doivent être calibrées avant l'opération.

II.5.1.2. Le manchon de pose : (setting sleeve ou setting collar) :

Vissé à la tête du liner, ce dispositif sert à la connexion de ce dernier aux tiges de forage par l'intermédiaire de l'outil de pose pour le descendre et l'ancrer. Par conséquent, il doit être capable de supporter tout le poids du liner avant son ancrage.

Il sert également de point d'appui pour permettre le gonflement du packer, en posant du poids avec les tiges.

On distingue deux types :

✓ **Setting sleeve mécanique :**

La connexion entre ce manchon et l'outil de pose est assurée par un filetage carré de type ACME femelle généralement à gauche, de 4 à 6 filets par pouce, ou par un système comportant une rainure en J, de type "J-slot".

✓ **Setting sleeve hydraulique :**

La connexion comprenant une collerette dans le setting Tool, qui entre dans une gorge du manchon de pose. Cette collerette se libère de la gorge par l'augmentation de la pression, ce qui libère l'outil de pose.

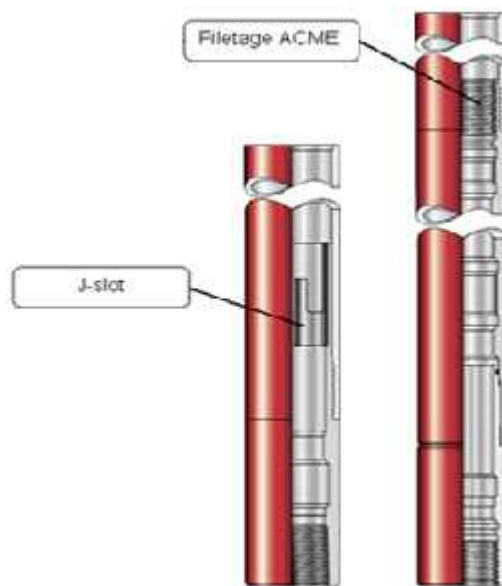


Figure. II.2: Manchons de poses

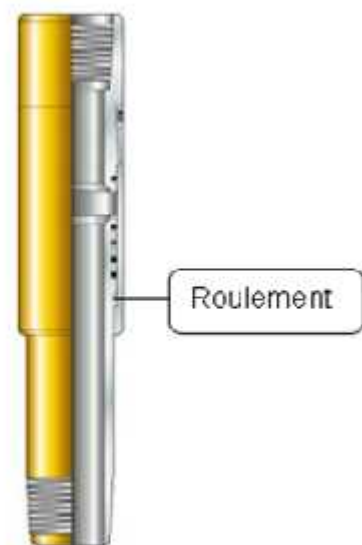


Figure. II.3: Liner Swivel Mécaniques

II.5.1.3.L'outil de pose (setting tool) : Il assure la liaison entre le manchon de pose (setting sleeve) et le train de tiges de forage pour descendre la colonne perdue. Il assure aussi les fonctions suivantes :

- ✓ Supporter le poids du liner pendant la descente,
- ✓ Assurer l'étanchéité entre le liner et les tiges :

Cette fonction est nécessaire pour obliger la boue ou le ciment de passer dans le liner et sortir par le sabot vers l'espace annulaire liner/trou, et l'empêcher de passer entre le liner et le setting Tool. Elle est également nécessaire pour permettre l'activation des différents outils dans le cas d'un liner hydraulique.

- ✓ Comporter, à son bout, le(s) bouchon(s) de cimentation du liner (wiper plugs).

Le setting Tool est dévissé avant la cimentation du liner, dégagé pour s'assurer de son dévissage, puis reposé sans être vissé sur le setting sleeve d'environ 10 tonnes pour assurer l'étanchéité durant la cimentation. Il est remonté après la cimentation du liner. On distingue deux types :

1. Setting Tool mécanique :

Le setting Tool mécanique possède un écrou flottant à filetage ACME mâle généralement à gauche (il peut être à droite, selon le type), de 4 à 6 filets par pouce, nécessitant 8 à 15 tours à droite pour se dévisser. Cet écrou se visse sur le filetage de même type du manchon de pose.

2. Setting Tool hydraulique : Le setting Tool hydraulique possède une collerette qui s'engage dans une gorge du setting sleeve et qui se libère hydrauliquement.

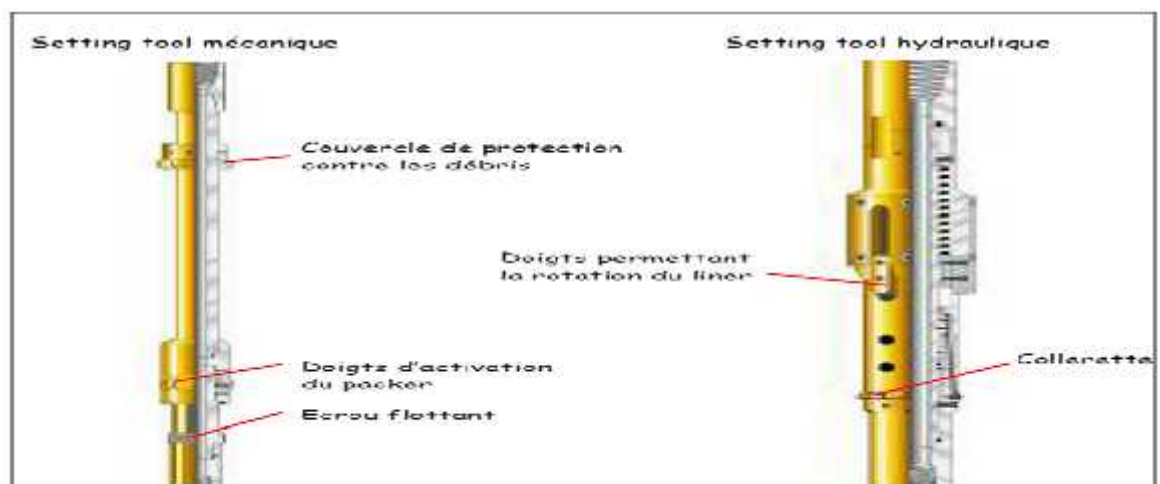


Figure. II.4: Setting Tool mécanique et hydraulique

II.5.1.4. Système d'étanchéité :

Le dispositif d'étanchéité (cementing pack-off) peut être :

- Un tube qui supporte des coupelles (**setting cups** ou **swab cups**) dirigées vers le bas, placé au bout de l'outil de pose, pour permettre le passage du haut vers le bas, et l'empêcher dans le sens contraire. L'utilisation de ce système est limitée par la profondeur parce que les coupelles sont limitées en pression et en température,
- une tige lisse (stinger) s'insérant dans un presse-étoupe (pack-off bushing) placé sous le manchon de pose (setting sleeve). Ce système permet de garder l'étanchéité entre les tiges et le liner même après le relâchement de ce dernier.

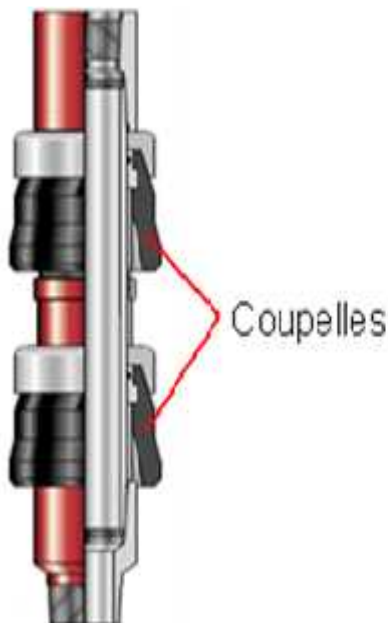


Figure. II.5:Swab cups

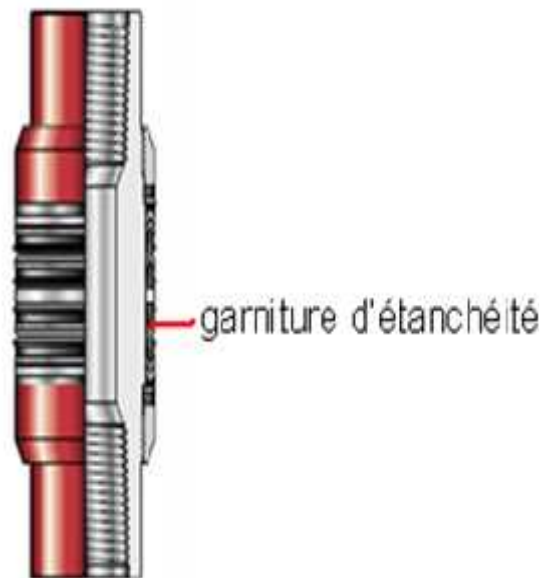


Figure. II.6:Cementing pack-off

II.5.2. Dispositif de suspension (liner hanger) :

Le liner hanger sert à suspendre le liner dans le tubage précédent, et, par conséquent, doit supporter son poids. Il comporte un ou deux jeux de 3 coins. Celui à deux jeux de coins permet un meilleur passage de la boue et assure une meilleure répartition de la charge.

Ces coins sont maintenus en position rétractée durant la descente, et l'ancrage du hanger consiste à les faire glisser sur une portée conique, qui les pousse vers l'extérieur et les applique contre les parois du tubage précédent.

Cet ancrage peut être, selon les constructeurs, mécanique ou hydraulique.

Le choix du système d'ancrage se fait en fonction de la nature du liner et du puits : si on descend un liner qui pèse plus de 8 tonnes dans un puits vertical ou moyennement dévié, ne

Présentant pas assez de frottements, il est préférable d'utiliser un système mécanique. Dans tous les autres cas, le système hydraulique convient mieux.

Le liner hanger peut être rotatif pour permettre la rotation du liner durant la cimentation, après son ancrage. Il est utilisé si le couple de rotation est inférieur à celui de vissage des tubes du liner.

Afin d'assurer une bonne suspension et éviter de détériorer les coins d'ancrage, il est recommandé d'ancrer le liner hanger dans le corps d'un tube du tubage précédent et éviter de l'ancrer dans un manchon, Il existe deux types les plus utilisés qui sont :

1. Liner hanger mécanique :

C'est un hanger qui s'ancre par rotation et translation. Il comporte une cage porte-coins munies de ressorts de friction dans laquelle est usinée une rainure en forme de J-slot. Le corps comporte un ergot qui se déplace dans cette rainure. Pour ancrer ce hanger, il suffit de tirer vers le haut pour faire glisser le corps du hanger – donc l'ergot – vers le haut alors que la cage reste immobile grâce aux ressorts de friction qui s'appliquent contre le tubage. Une fois l'ergot dégagé, il faut tourner un quart de tour (plus ou moins 3 tours en surface, selon la règle du pouce : 1 tour par 1000 mètres) vers la droite (ou vers la gauche, selon le type) et poser rapidement entre cinq et dix tonnes : l'ergot suit le chemin du J-slot et le corps du hanger descend suffisamment pour permettre aux portées coniques du corps de glisser sous les coins d'ancrage de la chemise et les appliquer contre le tubage.

Ce hanger peut être désancré facilement, en tirant suffisamment vers le haut et en tournant au sens contraire de celui de l'ancrage.

Ce type de suspension est utilisé avec des liners assez lourds (poids supérieur à 10 tonnes), descendus dans des puits verticaux ou faiblement déviés (15 à 20°), dont les frottements et les couples ne sont pas importants.

2. Liner hanger hydraulique :

Ce type de suspension s'ancre par l'augmentation de la pression à l'intérieur du liner. Étant donné qu'il ne nécessite aucun mouvement de la garniture, il est utilisé dans les puits déviés, présentant des frottements importants, en forage en mer, ou pour ancrer un liner dans un autre.

Pour ancrer ce hanger, il faut lancer une bille pour obturer l'intérieur du liner (sous le hanger), puis remonter en pression. Lorsque celle-ci atteint une certaine valeur, elle déplace la chemise porte coins vers le haut jusqu'à ce que ces derniers s'engagent sur les cônes du corps et s'appliquent contre le tubage.

Afin d'éviter l'ancrage accidentel suite à un bouchage qui augmente la pression, la chemise porte-coins est retenue par des goupilles de cisaillement tarées à une certaine pression. Pour la faire coulisser, il faut atteindre la pression de tarage des goupilles pour les cisailier avant. Le cisaillement des goupilles est observé en surface par un à-coup de la pression. A ce moment-là, il suffit de poser rapidement pour aider les coins à glisser entre le tubage et le cône.

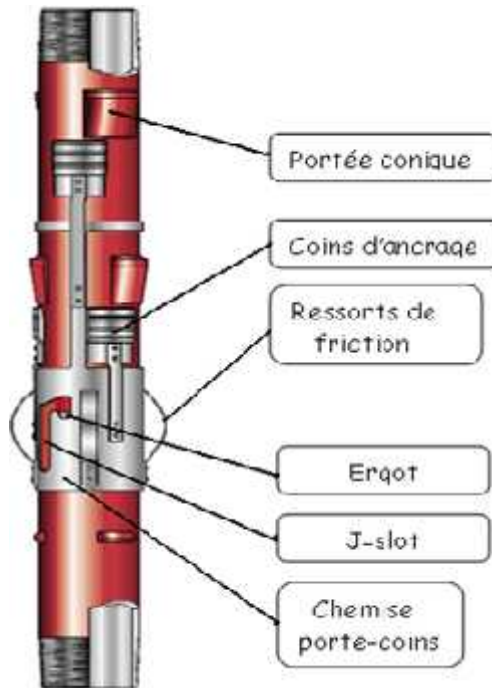


Figure. II.7:Liner hanger mécanique.

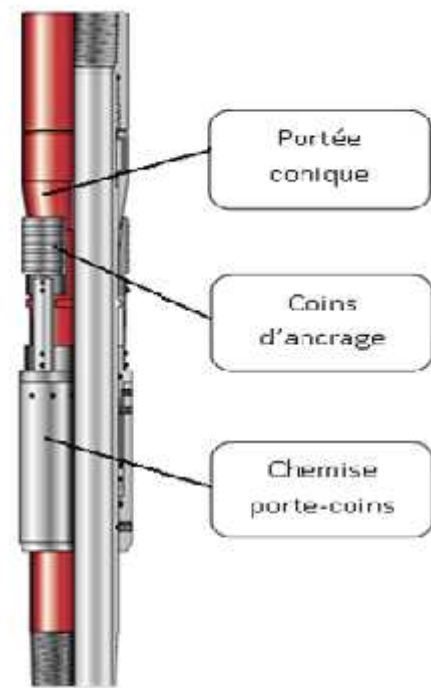


Figure. II.8:Liner hanger hydraulique.

II.5.3. Le liner top packer :

Le liner top packer peut être ou non solidaire du setting sleeve. Il est utilisé dans le but de renforcer l'étanchéité derrière le liner, au-dessus du ciment. Ce packer est constitué d'un métal de très faible dureté, voire du plomb, couvert d'une couche de caoutchouc. Pour le gonfler, il suffit de poser suffisamment de poids avec les tiges afin de le déformer d'une façon permanente. Pour éviter le risque d'ancrage prématuré, le packer est verrouillé soit par des goupilles de cisaillement, soit par un dispositif de verrouillage spécial.

Il existe également des packers qui gonflent par rotation.

Le packer peut être une pièce indépendante placée au-dessus du hanger, ou jumelée avec ce dernier pour former le liner hanger-packer. Il peut être gonflé en même temps que l'ancrage du liner (système non utilisé dans le cas de liner cimenté) ou après la cimentation.

Cependant, le packer pose le problème de restauration si la cimentation est mauvaise. Pour cela, il est préférable, si le problème de pertes durant la circulation inverse ne se pose pas, de ne le gonfler qu'après s'être assuré de la qualité de la cimentation à l'aide du CBL.

En plus, étant surdimensionné, il entraîne l'augmentation des pertes de charges qui risquent de provoquer des pertes de circulation pendant la descente, la circulation et la cimentation.

II.5.4. Polish Bore Receptacle : (PBR)

Elle est vissée directement au setting sleeve, elle est d'une longueur qui peut aller jusqu'à 6 mètres qui reçoit le tie-back d'une colonne de tubage supplémentaire.

L'intérieur de cette extension est lisse et sa tête est biseautée pour permettre le passage des outils. Après la cimentation du liner, cette extension est nettoyée à l'aide d'une fraise spéciale ou un jet sub. L'ensemble PBR et tie-back forment un joint coulissant très étanche et très résistant, et permet un raccordement très facile au liner.

Le setting sleeve et l'extension PBR peuvent être fabriqués en une seule pièce.



Figure. II.9: Liner Top Packer

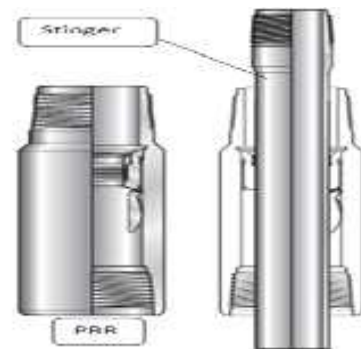


Figure. II.10: PBR

II.5.5. Le joint rotatif : (liner Swivel)

Ce dispositif est utilisé seulement dans le cas d'un hanger mécanique, il est vissé sous ce dernier. Il permet la rotation du train de tiges et de la suspension au moment de l'ancrage des coins du dispositif de suspension même si la partie inférieure de la colonne est coincée par la formation. Il doit être situé dans l'espace annulaire tubage/colonne perdue et au-dessus du sabot du tubage précédent pour permettre une bonne cimentation.

II.5.6. Habillage du liner :

Comme une colonne normale, un liner peut comporter des centreurs et des gratteurs de parois.

Pour les puits très déviés et horizontaux, on utilise des centreurs rigides à lames spiralées, qui présentent l'avantage de maintenir un espace suffisant dans l'annulaire entre le liner et la partie basse du trou, ce qui facilitera le déplacement de la boue par le laitier de ciment.

Ces centreurs, fabriqués à base d'alliage à basse friction, sont placés sur le corps du tube entre deux stops Collars. Le programme d'habillage dépend du profil du puits.

Le profil des lames des centreurs et des stops Collars est conçu pour minimiser les frottements pendant la descente et la rotation du liner.

La forme spiralée des lames permet de créer une turbulence pendant la mise en place du laitier. Le diamètre extérieur des centreurs est égal au diamètre du trou diminué de 1/4".

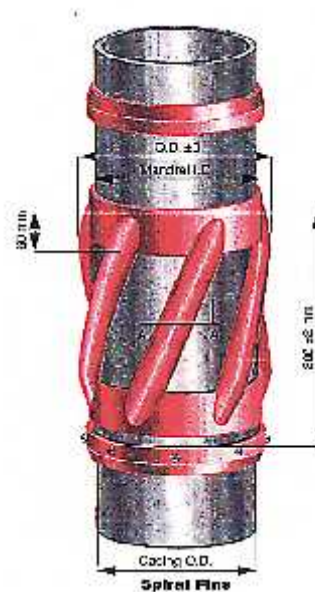


Figure. II.11: Centreur rigide avec stop collar

II.5.7. Les éléments accessoires de la cimentation : [2]

II.5.7.1. Le sabot (set shoe) :

Comme les sabots de colonnes de tubage, il peut être à canal, à bille, à soupape ou à remplissage automatique (fill-up shoe), mais non transformable par le lancer d'une bille.

En général, le sabot comporte un ou deux clapets qui empêchent le retour du laitier de ciment à la fin de la chasse. Ce retour est en général empêché par deux clapets, qui peuvent être placés, soit tous les deux dans le sabot, soit l'un dans le sabot et l'autre dans un autre manchon (float collar) situé un tube plus haut que le sabot, soit tous les deux placés dans le float collar si le sabot n'en comporte pas.

Il est recommandé d'utiliser des sabots munis d'orifices latéraux pour pouvoir circuler même si le liner est posé sur le fond.

Le sabot peut être muni de lames qui empêchent le liner de tourner lors du dévissage du setting tool, s'il n'y a pas de hanger.

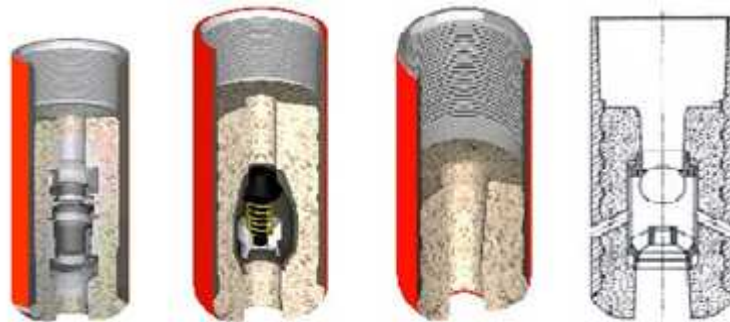


Figure. II.12: Types des sabots

II.5.7.2.L'anneau de retenue (landing collar) :

Positionné à un, deux ou trois joints au-dessus du sabot, il sert à retenir les bouchons de cimentation et indiquer la fin de la chasse.

Il peut être à clapet anti-retour, à soupape (flapper valve), à remplissage automatique ou à siège pour bille éjectable.

Dans le cas où on utilise deux bouchons de cimentation, le landing collar doit comporter un système de by-pass qui permet le passage du ciment. L'anneau qui comporte un siège pour bille est utilisé dans le cas où l'ancrage du hanger est hydraulique.

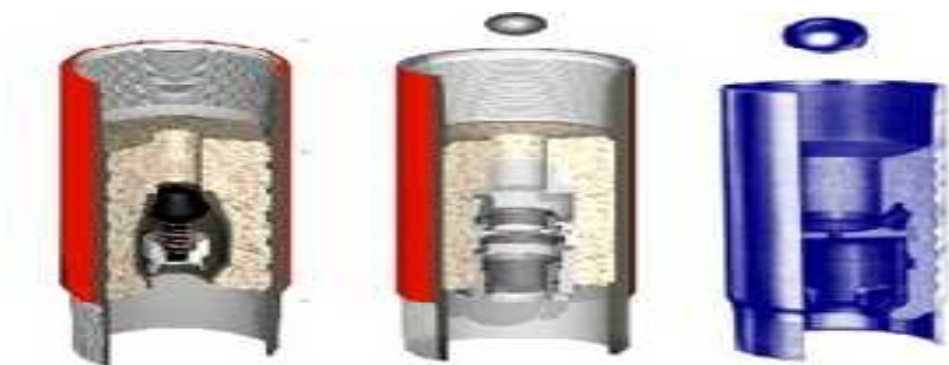


Figure. II.13: Types des anneaux (Landing Collar)

II.5.7.3.Bouchons de cimentation :

1) Bouchon racleur de colonne perdue (liner wiper plug) :

Il est descendu à l'extrémité de l'outil de pose (setting Tool) sous les dispositifs d'étanchéité. Il possède des coupelles qui servent à essuyer l'intérieur du liner et un trou central qui permet le Passage de la boue et l'injection du laitier.

Il est déconnecté de la canule de l'outil de pose ou de son manchon spécial dans la colonne perdue, par cisaillement de goupilles lorsque le bouchon pompé en fin d'injection du laitier (pump-down plug) vient s'y ancrer, ce cisaillement est marqué par un à-coup de pression.

Ce bouchon assure la séparation entre le laitier et la boue ; à la fin de la chasse, il vient se placer sur l'anneau et reste solidaire de ce dernier grâce à un système de retenue (latch).

2) Bouchon pompé dans les tiges (pump-down plug) :

En fonction de la garniture de pose, il peut comporter de 3 à 5 lamelles en caoutchouc de différents diamètres extérieurs, destinées à essuyer l'intérieur des tiges et de l'outil de pose.

Il est largué de la tête de cimentation à la fin de l'injection du laitier de ciment. Ainsi, il racle l'intérieur de la garniture et de l'outil de pose et, à la fin de sa course, vient s'ancrer dans le wiper plug, au bout de l'outil de pose. En augmentant la pression de chasse, le wiper plug se libère et les deux bouchons se déplacent simultanément dans le liner, jusqu'à ce qu'ils arrivent sur le landing collar où ils se verrouillent et font étanchéité grâce à un système de verrouillage.

Dans certaines cimentations de liner, on peut utiliser un bouchon de queue et un autre de tête (c'est à dire deux couples pump down plug/wiper plug).

Parfois, dans le cas où la différence entre le diamètre intérieur du liner et celui des tiges est petite (slim hole), on n'utilise que les pump down plugs, qui racleront à la fois l'intérieur des tiges et celui du liner.

Dans le cas de l'utilisation de deux couples de bouchons ou du slim hole, le pump down plug de tête, une fois arrivé sur le landing collar, ne peut pas se percer sous l'effet de la pression pour laisser passer le laitier en raison de son diamètre qui est petit. Pour cet effet, c'est le landing collar qui permet le passage du laitier par un by-pass.

Pour la sécurité, le pump down plug est muni d'une plaque qui s'éclate dans le cas où le by-pass du landing collar n'est pas fonctionnel.

Dans certains cas, le wiper plug contient dans sa partie inférieure un siège pour bille dans le but d'activer certains équipements à fonctionnement hydraulique du top du liner.

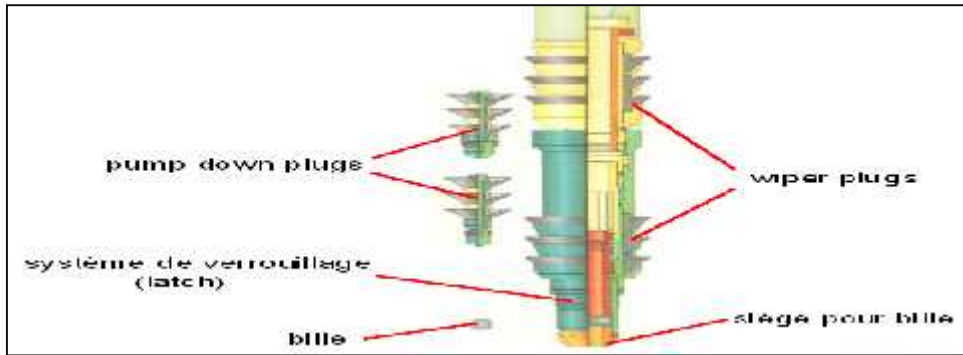


Figure. II.14: Ensemble wiper plugs et siège pour bille

II.5.7.4. Tête de cimentation : (cementing head)

Elle est vissée sur le train de tiges ; elle contient le bouchon qui doit être pompé à travers les tiges avant la chasse (pump-down plug) et, éventuellement, une bille de mise en pression dans le cas d'un dispositif de suspension hydraulique.

La tête de cimentation est équipée d'un raccord témoin optionnel (flag sub), qui signale le départ effectif du bouchon à pomper à travers les tiges.

Elle est également dotée d'un raccord rotatif (Swivel) qui la garde fixe avec la rotation du train de tige.

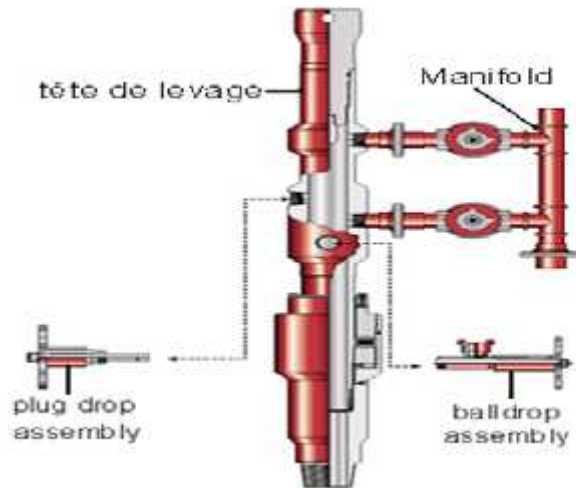


Figure. II.15: Tête de cimentation



Figure. II.16: Flag sub (témoin)

II.6. Opérations à effectuer avant descente de la colonne :

✓ On s'assurera que toutes les dimensions de l'équipement de la colonne et du matériel de pose ont été relevées (diamètres intérieurs, extérieurs, longueurs).

- ✓ De même que pour les autres tubages, les équipements de la colonne seront vissés à la graisse sur leurs tubes respectifs, en contrôlant le couple appliqué. Ils seront ensuite dévissés, nettoyés et enduits de "Backerlock" avant d'être revissés au couple nécessaire. Il s'agit :
 - du sabot ;
 - du récepteur de bille (ball catcher) si l'ancrage est hydraulique ;
 - du raccord de retenue (shear-out landing sub) ;
 - de l'anneau de retenue (landing collar) ;
- ✓ La tête de cimentation (plug dropping head) sera ouverte pour vérification et les vannes seront actionnées.
- ✓ Le bouchon à pomper dans les tiges (pump-down plug) y sera introduit dans la tête de cimentation. On vérifiera au préalable que le système de retenue est en position fermée.
- ✓ Avant le dernier contrôle de trou, on assurera la manœuvre des gratteurs (scrapers) à l'intérieur de la colonne précédente, dans la zone d'ancrage du dispositif de suspension (hanger) et du packer.
- ✓ On s'assurera que les tiges de forage, ainsi que les tiges courtes ou autres qui serviront à la descente et à la cimentation de la colonne perdue ont été bien calibrées.
- ✓ La garniture de descente sera calculée et ajustée de telle manière que :
 - le dispositif de suspension soit au milieu d'un tube.
 - la tête de cimentation soit à 1.5 ou 2 m de la table de rotation.
- ✓ Dans le cas d'un système de suspension mécanique, le joint rotatif (swivel) doit impérativement se trouver dans l'annulaire tubage précédent / colonne perdue pour éviter les problèmes ultérieurs d'étanchéité. On tiendra compte, éventuellement, de la qualité de la cimentation du tubage précédent au droit de la zone d'ancrage de la suspension ;
- ✓ On peut placer un joint coulissant au-dessus de l'outil de pose pour faciliter les opérations d'ancrage.

II.7.Procédure de descente et ancrage d'un conventionnel liner : [2]

Une fois le trou et le matériel nécessaire sont préparés on commence la descente du liner suivant la procédure ci-dessous :

- ✓ Descendre le set shoe, le float collar, le landing collar et les tubes entre eux, jusqu'à celui au-dessus du landing collar, en les vissant au Backerlock ou Tubelock ;

- ✓ Mettre la tête de circulation et circuler pour vérifier que le set shoe, le float collar et le landing collar ne sont pas bouchés ;
- ✓ Descendre le liner en remplissant tous les 5 joints maximum, tout en respectant la vitesse de descente et en vérifiant que les centreurs sont installés conformément au programme ;
- ✓ A l'arrivés du dernier tube, remplir complètement le liner ;
- ✓ Mettre en place le wiper plug au bout du setting tool et visser l'ensemble setting tool/top liner sur les tubes ;
- ✓ Si la suspension est mécanique, faire un essai de fonctionnement des coins, vérifier que chaque coin se positionne sur son cône, verrouiller le mécanisme en position de descente. Le blocage de l'écrou flottant se fait à la clé à chaîne ;
- ✓ Descendre l'ensemble et poser sur cale, en utilisant éventuellement une tige courte ;

- ✓ Mettre en place la tige d'entraînement ou le top drive et circuler le volume intérieur du liner, sans dépasser 70% de la pression d'ancrage du liner si le hanger est à ancrage hydraulique, ou, dans le cas d'un liner mécanique, à 500 l/mn environ. Noter le débit et la pression et s'assurer de la bonne étanchéité au niveau du setting tool ;
- ✓ Remplir l'espace entre le setting sleeve et le setting tool par la boue ou l'eau, pour empêcher les débris de s'y déposer et rendre le relâchement du setting tool difficile ;
- ✓ Enlever la cale et noter le poids du liner vers le haut et vers le bas ;
- ✓ Descendre avec les longueurs de tiges stockées, tout en manœuvrant lentement lors du passage du hanger au niveau des BOP et de la tête du puits. Il est recommandé de mettre un essuie-tiges pour éviter toute chute d'objets dans le puits ;
- ✓ Bloquer la table de rotation et le crochet du moufle mobile ; utiliser une clef de retenue durant la descente pour éviter la rotation du liner, ce qui peut entraîner l'ancrage accidentel du hanger ;
- ✓ Remplir toutes les 5 longueurs maximum. Ceci est particulièrement nécessaire si le setting tool comporte des swab-cups, qui ne supportent par une pression extérieure importante
- ✓ Arrivés au sabot du dernier tubage :
 - Circuler le volume des tiges (sans dépasser 70 % de la pression d'ancrage du hanger s'il est hydraulique) et noter les débits et pression ;
 - Noter le poids vers le haut et vers le bas ;
 - Si le hanger est rotatif, mettre en rotation à ± 20 rpm et noter le couple ;

➤ Il est recommandé d'assembler la tête de cimentation à une tige de manœuvre et la positionner sur le plan incliné afin de réduire le temps d'immobilisation de la garniture au fond du puits, où il y a les risques de coincement par pression différentielle.

✓ Descendre le liner dans le découvert tout en respectant la vitesse préconisée, pour éviter les pertes ;

✓ Avant de toper le fond on met la tête de cimentation et démarrer la circulation progressivement en limitant la pression si le liner est à ancrage hydraulique, et on commence l'ancrage du liner selon la procédure ci-dessous :

✓ Mesurer les poids vers le haut et vers le bas ;

✓ Topper le fond en circulation, puis dégager et faire un repère sur la tige au niveau de la table de rotation dès qu'on reprend tout le poids vers le haut ;

✓ Continuer la circulation tout en manœuvrant la garniture sur quelques mètres ;

✓ Si le liner est rotatif, démarrer la rotation progressivement dès que la circulation est établie, de préférence en cours de descente. Surveiller le couple et arrêter la rotation s'il tend à dépasser sa valeur maximale ;

✓ Surveiller le retour de la boue pour détecter d'éventuelles pertes ou venues ;

✓ Circuler au minimum un cycle tout en conditionnant la boue si nécessaire, jusqu'à ce que le puits soit propre ;

✓ Arrêter la rotation progressivement en évitant le retour de la table ;

✓ Procéder à l'ancrage du liner le plus bas possible, pour que le stinger ne sorte pas de son étanchéité si le liner glisse jusqu'au fond du puits. Le hanger doit être ancré dans le corps du tubage et non sur le manchon ;

✓ Si le hanger est à ancrage mécanique :

➤ remonter de 2 m environ par rapport à la marque faite auparavant ;

➤ tourner 1 à 2 tours/1000m à gauche (ou à droite selon le cas), puis maintenir le

couple avec les clés de forage ou le top-drive ;

➤ poser rapidement 30 à 40 tonnes tout en maintenant le couple pour ancrer le hanger ;

➤ poursuivre cette opération sur 1 à 1.5 m jusqu'au moment où l'on obtient la pose (perte de poids au MD). Recommencer l'opération plusieurs fois si nécessaire ;

- si le hanger s'ancre, poser rapidement le poids du liner, augmenté de 5 à 10 tonnes ;
- dégager pour reprendre le poids des tiges dans la boue ;
- poser 1 tonne et faire un repère ;
- poser sur les cales, enfoncer à la masse dans la table de rotation ;
- tourner lentement à droite (ou à gauche, selon le cas) à la table, au moins 2 fois le nombre de tours compté au vissage en surface ;
- dégager pour vérifier que le setting tool est relâché, sans sortir le stinger de son étanchéité ;
- une fois le poids du liner perdu, reposer ± 10 tonnes sur le liner, et garder ce poids durant toute la cimentation pour garder l'étanchéité.

II.8. Incidents de la cimentation d'un liner : [3]

1. Pertes partielles $< 10\%$ du débit de circulation :
 - **Causes possibles** : Terrains légèrement perméables.
 - **Remèdes** : Procéder à la suite des opérations, en majorant le volume de laitier en liaison.
2. Pertes partielles $> 10\%$ du débit de circulation :
 - **Causes possibles** : Terrains moyennement perméables.
 - **Remèdes** : Tenter de colmater avec du CaCO_3 , en cas d'échec remonter le liner.
3. Pertes pendant cimentation :
 - **Causes possibles** : Pertes dues aux modifications des conditions hydrostatiques du puits.
 - **Remèdes** : N'ancrer le packer que si le bilan des volumes conduit à la présence de laitier dans au moins 50% de l'overlap. Si Packer non ancré, faire une circulation directe et non inverse.
4. Pression de circulation anormalement basse :
 - **Causes possibles** : Stinger du running tool sorti de son logement : anomalie de poids, problème de pompe, fuite à la garniture d'étanchéité du setting tool, tige sifflée.
 - **Remèdes** : Tenter de le réengager afin de reprendre la circulation, utiliser une autre pompe en cas d'échec remonté le liner.
5. Pression de circulation anormalement élevée :
 - **Causes possibles** : Restriction de l'annulaire.

- **Remèdes** : Circuler et traiter la boue si nécessaire, en tournant et réciproquant si possible jusqu'à obtenir des conditions convenables, essayer de déterminer la cause exacte du problème et décider au cas par cas.
6. Coincement dans le découvert avec circulation :
- **Causes possibles** : Restriction de l'annulaire ou coincement par pression différentielle
 - **Remèdes** : Tenter de décoincer en traitant éventuellement la boue, en cas d'échec cimenter le liner en position.
7. Coincement dans le découvert sans circulation
- **Causes possibles** : Restriction de l'annulaire ou coincement par pression différentielle.
 - **Remèdes** : Situation très critique qui sera traitée au cas par cas.
8. Difficultés d'ancrage de la suspension :
- **Causes possibles** : Si hanger hydraulique : tarage des vis de cisaillement incorrectes, bille non siégée, problème mécanique, Si hanger mécanique : problème de slips non libérés, ou glissement des patins dans le tubage.
 - **Remèdes** : Augmenter la pression par paliers de 200 psi maintenus plusieurs minutes, en se limitant à une pression inférieure à 85% de la pression de cisaillement du shear out ball sub, répéter les opérations de libération des slips et d'ancrage, après avoir circulé si nécessaire, en cas d'échec poser le liner au fond du puits ou le remonter.
9. Glissement du hanger :
- **Causes possibles** : Défauts d'ancrage du hanger.
 - **Remèdes** : Faire glisser le liner jusqu'au fond.
10. Pas de désengagement du setting tool (avant cimentation) :
- **Causes possibles** : Coincement du setting tool dans le setting sleeve ou glissement du Hanger dans le tubage.
 - **Remèdes** : remonter le liner, Prévenir le glissement par l'utilisation d'un hanger à doubles patins d'ancrage.
11. Pas d'à-coup de pression lors du cisaillement du wiper plug :
- **Causes possibles** : A-coup masqué par les fluctuations de débit de chasse (effet de tube en U) et de pression ou pump down plug n'est pas largué.
 - **Remèdes** : Continuer la chasse.

12. Pas d'à-coup de pression final :

- **Causes possibles :** Volume de chasse trop faible, ancrage du wiper plug ou du pump down plug défectueux, pump down plug n'est pas largué ou système d'étanchéité défectueux au niveau du setting tool.
- **Remèdes :** Pomper un excédent de chasse qui ne devra pas excéder la moitié du volume du shoe trac

III - DONNEES DE FORAGE ET DE BOUE :

Le puits OMO-323 a été foré en cinq (05) phases, traversant une série de dépôts de 3417m d'épaisseur.

III.1 - Rapport de Phases : [4]

A/ Phase 26" (Tubage 18 5/8") :

Tableau. III.1: Phase 26" (Tubage 18 5/8")

Début de Phase	10/10/2015 à 00h00.
Fin de Phase	16/10/2015 à 04h30.
Intervalle	21m à 510m.
Durée	6.19 jours .
Côte Sabot	509m.

- ✓ Cette phase a été forée avec l'outil N°01 de type: SB415C, NS: RH1144, dusé en 3*18+1*16 /32", en un seul run. Il a foré l'intervalle de 21m à 510m, avec un avancement moyen de 8.0 m/h.

Paramètre des outils :

Tableau. III.2: Paramètres des outils.

N°	Type	NS	Diam (")	Duses (/32")	Intervalle (m)	ROP (m/h)	Débit (l/mn)	RPM (tr/mn)	SPP (psi)	WOB (t)
01	SB415C	RH1144	26	1*16+3*18	21-510	8.00	550-2980	-	540-1470	1-27

Paramètres de boue :

Type : WBM Bentonitique.

Tableau. III.3: Paramètres de boue.

MW (SG)	PV (cp)	YP	FV (Sec)	Filtrat	Eau (%)
1.05	12-13	49	80-85	-	97

- ✓ Une colonne du tubage 18 5/8" 87.5 # K-55 BTC, composée de 44 joints, a été descendu à 509m, et cimentée jusqu'en surface. (Voir rapport tubages et cimentations).

B/ Phase 16" (Tubage 13 3/8") :

Tableau. III.4: Phase 16" (Tubage 13 3/8")

Début de Phase	16/10/2015 à 04h30.
Fin de Phase	01/11/2015 à 21h45.
Intervalle	510m à 2335m.
Durée	16.72 jours.
Côte Sabot	2334m.

Paramètre des outils :

Tableau. III.5: Paramètre des outils

N°	Type	NS	Diam (")	Duses (/32")	Intervalle (m)	ROP (m/h)	Débit (l/mn)	RPM (tr/mn)	SPP (psi)	WOB (t)
02	TFF9135	E216058	16	9*12	510-2125	18.42	2805-3070	-	1250-3060	2-29
03	VTD916DC X	6007516	16	9*12	2125-2335	10.06	2755-3130	-	2930-3680	3-20

Paramètres de boue :

Type de boue : OBM.

Tableau. III.6: Paramètres de boue

MW (SG)	PV (cp)	YP	FV (Sec)	Filtrat	Eau (%)
1.20-1.25	15-19	17-22	56-63	9.2-9.6	16-27

- ✓ Une colonne du tubage 13 3/8" 68 # N80 BTC, composée de 204 joints, a été descendue à 2334m, et cimentée jusqu'en surface. (Voir rapport tubages et cimentations).

C/ Phase 12 ¼" (Tubage 9 5/8"):

Tableau. III.7: Phase 12 ¼" (Tubage 9 5/8")

Début de Phase	01/11/2015 à 21h45.
Fin de Phase	16/11/2015 à 11h30.
Intervalle	2335m à 3262m.
Durée	14,57 jours.
Côte Sabot	3261m.

- ✓ La phase 12 ¼" a été foré avec l’outil N°04, PDC de type FM2663, dusé en 9 *15/32", NS : 10801231. Dans sa descente il a topé le ciment à 2311m. Par la suite il a continué le reforage de ciment et les équipements du tubage de 2311m jusqu’à 2332m, côte où il y a eu la chasse de la boue OBM de densité 1.25sg par une nouvelle OBM de densité 2.02sg. Une fois la boue homogénéisée, il a poursuivi le reforage du ciment et du sabot, avant de pénétrer de 2m dans la formation soit à 2337m, où un Shoe Bond Test a été opéré (D.EQ=2.29sg, dm=2.02sg, P.max=1100psi, P.stb=950psi, V.pmp=5.5bbbls, V.ret=4.5bbbls). La garniture a été remontée pour changer l’outil.
- ✓ L’outil N°05, PDC de type SP619A, NS: 7004A13, dusé en (3 *19+6*15)/32", a été descendu jusqu’au fond pour continué le forage de la formation de 2337m à 3262m. Après une circulation au fond de 2.75 hrs, la remontée fut réalisée avec backreaming dans l’intervalle (3262-2750m) dans la formation Trias puis librement jusqu’au surface. Il a accompli un intervalle de 925m avec un avancement de 9.84m/h .

Paramètre des outils :

Tableau. III.8: Paramètre des outils

N°	Type	NS	Diam ('')	Duses (/32'')	Intervalle (m)	ROP (m/h)	Débit (l/mn)	RPM (tr/mn)	SPP (psi)	WOB (t)
04	FM2663	10801231	12.25	9*15	2335-2337	3.57	2030-2060	-	1660-1890	6-11
05	SP619A	7004A13	12.25	1.866	2337-3262	9.84	1865-2340	-	2340-4700	2.5-22

Paramètres de boue

Type de boue : OBM

Tableau. III.9: Paramètres de boue

MW (SG)	PV (cp)	YP	FV (Sec)	Filtrat	Eau (%)
2.02	24-28	11-15	73-80	10	8-9

- ✓ Une colonne de tubage 9 5/8", 53.5 & 47# P110-BTC a été descendue à la côte 3261m, et cimentée jusqu'en surface (Voir rapport tubages et cimentations).

D/ Phase 8 ½ " (Tubage 7 ") :

Tableau. III.10: Phase 8 ½ " (Tubage 7 ")

Début de Phase	16/11/2015 à 11h30
Fin de Phase	22/11/2015 à 01h30
Intervalle	3262m à 3308m
Durée	5.58 jours
Côte Sabot	3307m

- ✓ La phase 8 ½'' a été entamée avec la descente d'un outil N°06 PDC de type R613DGX, usé en 6 *14/32", NS : 6016529, l'outil a reforcé le ciment, l'anneau, et le sabot de 3237m à 3256m (un déplacement de boue d=2.04sg par une boue=1.40sg à la côte 3256m), puis l'outil continua le forage dans la formation de la côte 3256m à 3308m (soit 05m dans le réservoir Cambrien, avec un avancement moyen de 6.79m/h.

Après une circulation de 02 heures, la garniture a été remontée librement en surface.

Paramètre des outils :

Tableau. III.11: Paramètre des outils

N°	Type	NS	Diam ('')	Duses (/32'')	Intervalle (m)	ROP (m/h)	Débit (l/mn)	RPM (tr/mn)	SPP (psi)	WOB (t)
6	R613DGX	6016529	8,5	6*14	3262-3308	6.79	1600-1700	/	1710-1945	1-9

Paramètres de boue :

Type de boue : OBM.

Tableau. III.12: Paramètres de boue

MW (SG)	PV (cp)	YP	FV (Sec)	Filtrat	Eau (%)
1.40	15	8	19	9	8

- ✓ Une colonne de tubage 7" 32# P110 N-VAM composée de 282 jts a été descendue jusqu'à 3307m, puis cimentée selon le programme (Voir rapport tubages et cimentations).

E/ Phase 6:

Tableau. III.13: Phase 6"

Début de Phase	22/11/2015 à 01h30
Fin de Phase	15/12/2015 à 04h30.
Intervalle	3308 à 3394m
Durée	23.13 jours.
Côte Sabot	3393m.

- ✓ La phase 6'' a été entamée avec la descente d'un outil N°07 PDC de type MM64R, NS : 12703686, avec dusé en 3*13/32, l'outil a reforcé le ciment, l'anneau, et le sabot de 3277m à 3302m, la boue de densité d=1.40sg fut ensuite déplacée par une boue de densité d=0.86sg, il continua ensuite le reforage du ciment et du sabot de la cote 3302m jusqu'à 3308m, puis il fora 01m dans la formation (Cambrien Ra), soit de 3308m à 3309m, avec un avancement moyen 1.47m/h. La garniture fut ensuite remontée jusqu'en surface pour changer la BHA.
- ✓ L'outil N°08 imprégné de Type: K505BPX, NS: JK5881, TFA: 1.2in² munie d'un moteur (hight speed) fut ensuite descendu pour continuer le forage de la cote 3309m jusqu'à 3394m (cote TD du forage), avec un avancement moyen de 3.37m/h. Après une circulation d'une heure, la garniture fut remontée librement jusqu'en surface.

✓ **Paramètre des outils :**

Tableau. III.14: Paramètre des outils

N°	Type	NS	Diam (")	Duses (/32") TFA (In ²)	Intervalle (m)	ROP (m/h)	Débit (l/mn)	RPM (tr/mn)	SPP (psi)	WOB (t)
7	MM64R	12703686	6	3*13	3308-3309	1.47	900	/	2050	9
8	K505BPX	JK5881	6	1,2	3309-3394	3.37	750-820	450-495	1880- 2395	1-4

Paramètres de boue :

Type de boue : OBM.

Tableau. III.15: Paramètres de boue

MW (SG)	PV (cp)	YP	FV (Sec)	Filtrat	Eau (%)
0.86	13-14	5	45-46	8-9	4

Complétion :

Début de Phase : 15/12/2015 à 04h30

Fin de Phase : 24/12/2015 à 24h00

Durée : 9.81 jours

- ✓ Une fraiseuse de type Champ Mill, de type M609NQBXP et portant le numéro JK5665, dusée 3*18/32, fut descendue pour reforer le ciment et les équipements du liner 4"1/2. Par précaution la descente a été avec circulation de 3100 à 3335m, cote à la quelle a débuté le reforage du ciment et qui a continué jusqu'à la cote 3390m (soit à 3m au dessus du sabot du liner 4"1/2) en passant par le landing, rencontré à 3357m.

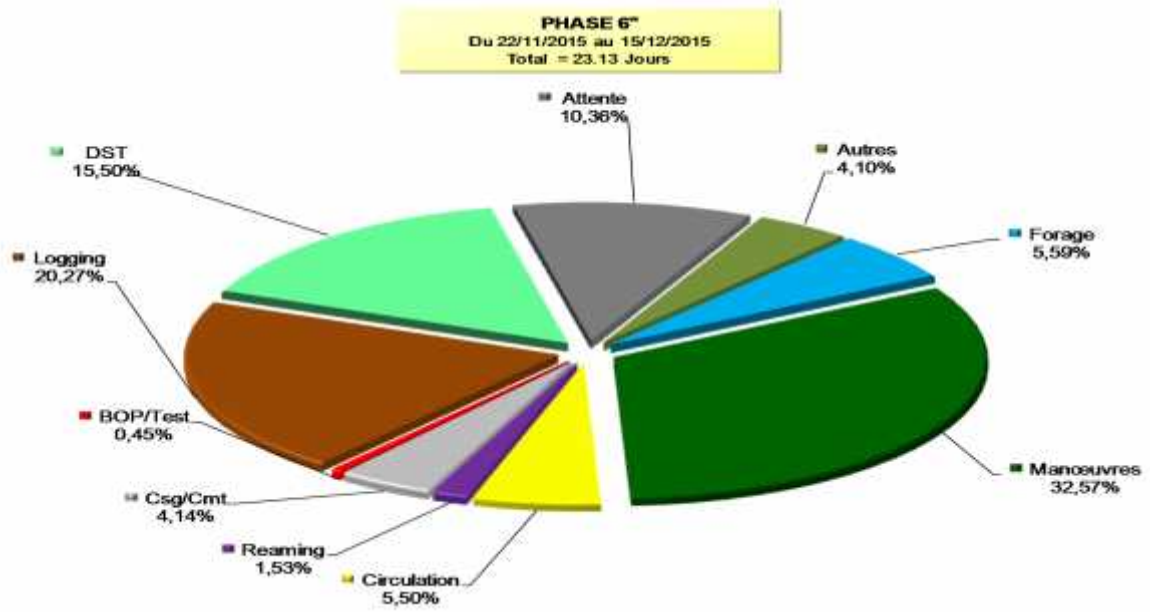


Figure. III.1: analyse de temps phase 6".

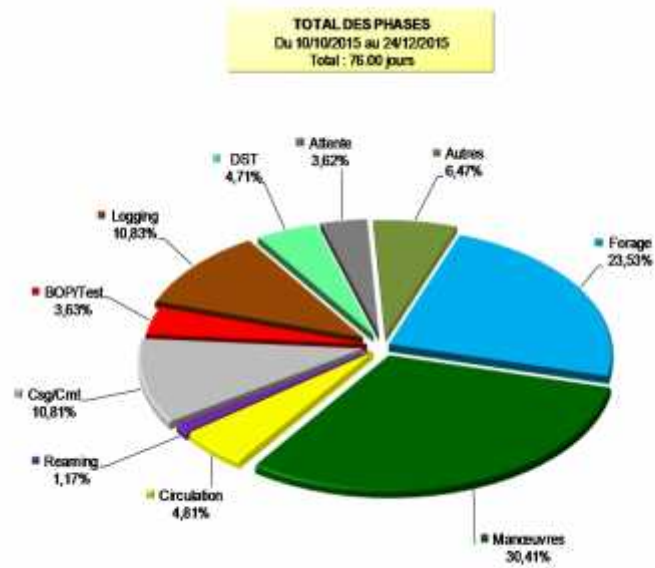
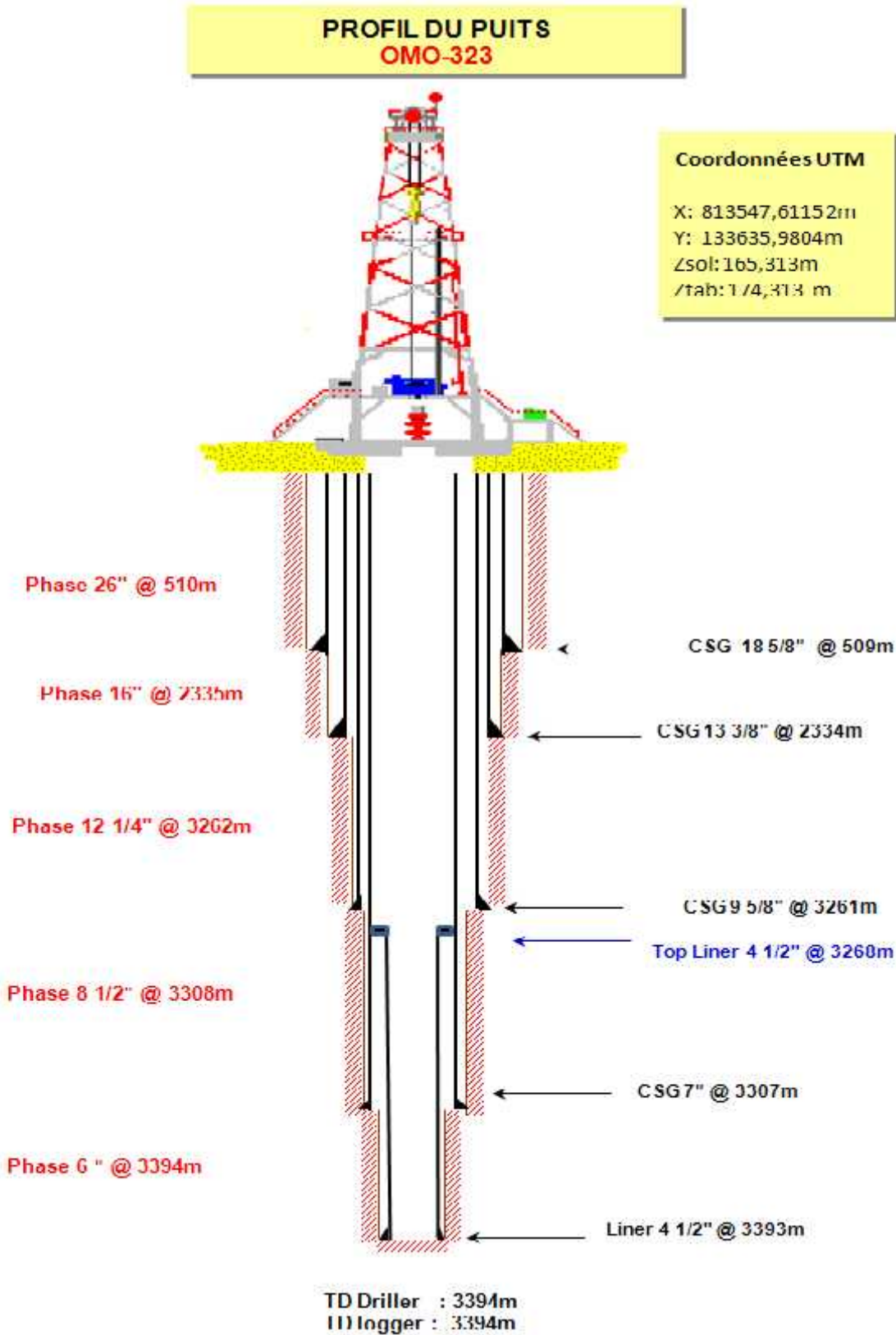


Figure. III.2: Analyse des temps.

Tableau. III.16: le temps total de forage (omo323).

TOTAL DES PHASES Du 10/10/2015 au 24/12/2015												
Phase	Forage	Manceuvres	Circulation	Reaming	Csg/Cmt	Carottage	BOP/Test	Logging	DST	Attente	Autres	Total
	heures	heures	heures	heures	heures	heures	heures	heures	heures	heures	heures	heures
26"	77,00	24,00	10,00	0,00	11,50	0,00	7,00	0,00	0,00	3,50	15,50	148,50
16"	188,25	83,25	13,50	1,25	44,00	0,00	15,50	33,50	0,00	0,00	22,00	401,25
12 1/4"	125,50	126,75	19,25	2,50	5,75	0,00	4,25	31,00	0,00	0,00	34,75	349,75
8 1/2"	7,50	44,75	9,75	4,25	40,50	0,00	8,75	14,50	0,00	0,00	4,00	134,00
6"	31,00	180,75	30,50	8,50	23,00	0,00	2,50	112,50	86,00	57,50	22,75	555,00
Completion	0,00	96,25	4,75	4,75	72,50	0,00	28,25	6,00	0,00	5,00	19,00	235,50
Total	429,25	554,75	87,75	21,25	197,25	0,00	66,25	197,50	86,00	66,00	118,00	1824,00

Figure. III.3: profil du puits OMO323



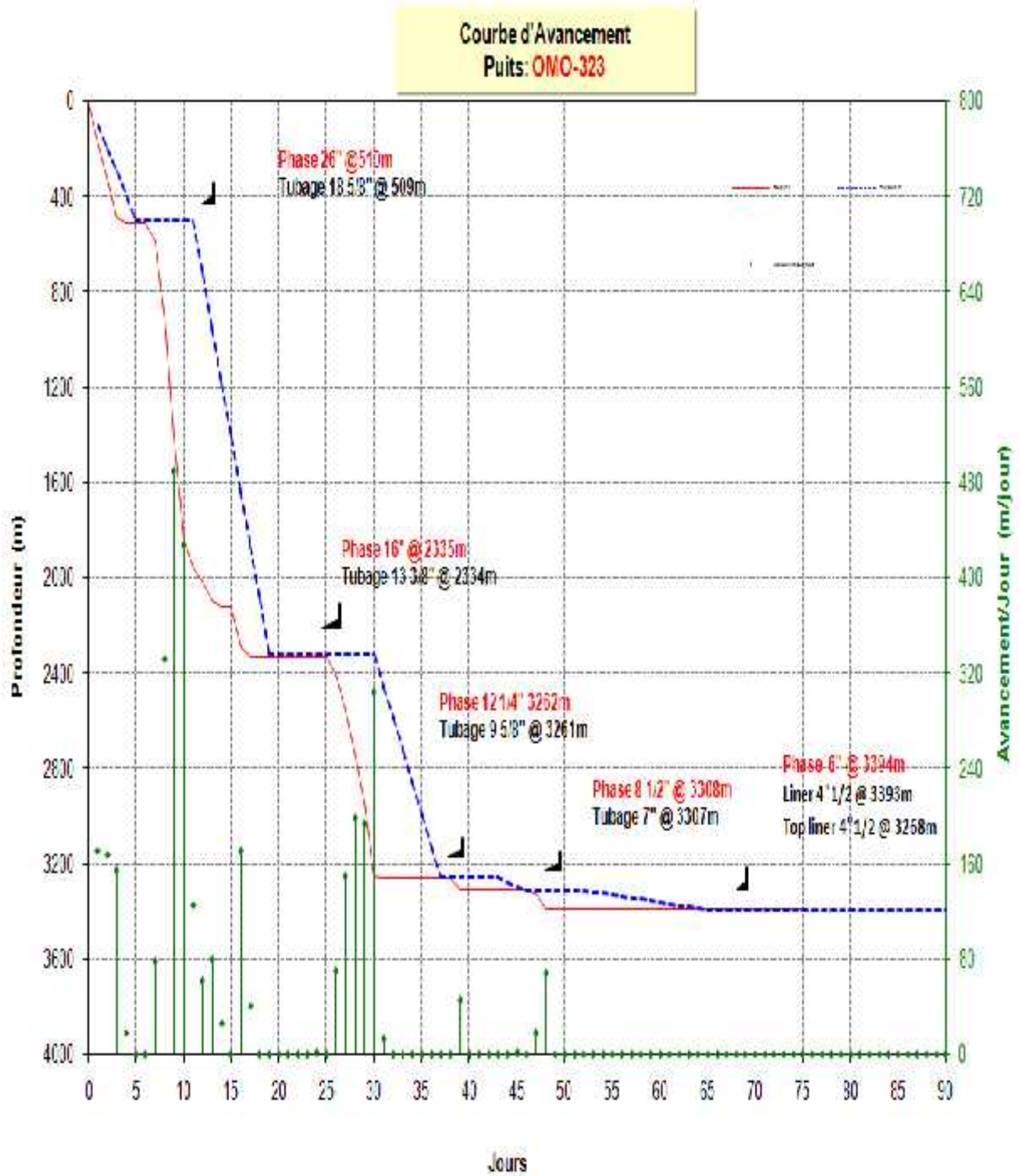


Figure. III.4: courbe d'avancement OMO323

IV.1.Caractéristiques de tube :

Tableau. IV.1: Caractéristiques de tube.

grade	P-110
OD	4 ^{1/2} "
ID	3.92"
Type de Filetage	New Vam
Sabot	3398m
Top liner	3268m
Nombre de Joints	10

IV.2.Caractéristiques de la garniture utilisé :

Tableau. IV.2: Caractéristiques de la garniture

	Nombre	longueur	Cumul long	comment	profondeur
Shoe	1	0.57	0.57		3393
casing	1	11.84	12.41	2 centraliser+ 4 Stop Collar	3392.43
casing	1	11.68	24.09	2 Cent + 4 Stop Collar	3380.59
casing	1	11.83	85.92	2 Cent + 4 Stop Collar	3368.91
Landing collar	1	0.26	36.18	2 centraliser	3357.08
casing	1	11.83	48.01	Cent + 2Stop Collar	3356.82
casing	1	11.82	59.83		3344.99
casing	1	11.83	71.66	Cent + 2Stop Collar	3333.17
casing	1	11.83	83.49		3321.34
casing	1	11.83	95.32	Cent + 2Stop Collar	3309.51
casing	1	10.06	105.38		3297.68
casing	1	11.83	117.21		3287.62
HANGER	1	7.58	124.79		3275.79
3 1/2"DP	340	9.60-9.67	3393		3268.21

IV.3.Composition du liner 4^{1/2} du puits OMO323 :

Le programme de forage indique l'utilisation d'un CMC liner hanger de Baker Oil Tools conventionnel 4^{1/2}, à ancrage mécanique, qui est le plus utilisé dans les puits verticaux où la garniture à encreur est supérieure à 8 tonnes.

Ce liner est composé de :

- Liner setting sleeve
- Liner hanger CMC
- C liner Swivel
- Landing collar
- Float collar
- Float shoe
- Pump down plug
- Liner wiper plug

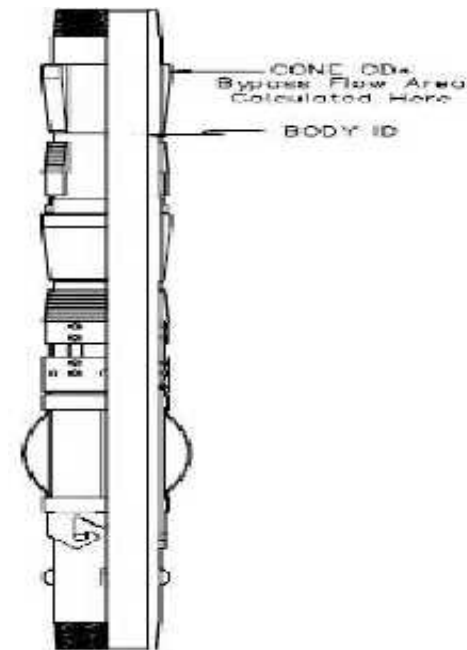


Figure. IV.1: CMC liner hanger

❖ **Caractéristiques du composant de liner :**

Tableau. IV.3: composants de liner.

composant	Type	Diamètre nominal	Poids nominal	connexion
Liner setting sleeve	Liner setting sleeve C2	4.5 IN	13.5 lb/ft	NEW VAM
Liner hanger	Mechanical set liner hanger CMC	4.5 IN	13.5 lb/ft	NEW VAM
Liner swivel	C liner swivel C	4.5 IN	13.5 lb/ft	NEW VAM
Landing collar	Landing collar type I	4.5 IN	13.5 lb/ft	NEW VAM
Float collar	Float collar API RP 10F-IIIC approved double valve	4.5 IN	13.5 lb/ft	NEW VAM
Float shoe	Float shoe API RP 10F-IIIC approved single valve	4.5 IN	13.5 lb/ft	NEW VAM
Liner wiper plug	Type II avec stabiliser 3.687 IN	4.5 IN	13.5 lb/ft	NEW VAM
Pump down plug	-----	-----	-----	NEW VAM

IV.4. Vérification des résistances des casings aux différentes sollicitations :

Pour les calculs on tient compte les efforts suivants : [1]

- Pression d'écrasement avec un coefficient de sécurité $K_{\text{écr}} = 1,125$.
- Pression d'éclatement avec un coefficient de sécurité $K_{\text{écl}} = 1,100$.
- Charge de traction avec un coefficient de sécurité $K_{\text{tra}} = 1,750$.

Ainsi que des caractéristiques des casings qui sont :

Casing 4^{1/2}, 13, 5 #, grade P110, Filetage New Vam

IV.4.1. Pression d'écrasement ($P_{\text{écr}}$) :

C'est la pression hydrostatique dans l'espace annulaire open hole et casing. Pour la vérification on suppose que l'annulaire est rempli de boue et l'intérieur du casing est vide.

Calcul de pression hydrostatique

$$P_{\text{hyd}} = (H \times d_b) / 10,2 \quad (4.1)$$

H : la profondeur vertical du premier casing qui est égale à 3392.43m

$$P_{\text{hyd}} = 3392.43 \times 0.86 / 10,2 \quad (4.2)$$

$$P_{\text{hyd}} = 286.02 \text{ bars} \quad (4.3)$$

D'après le formulaire du foreur $R_{\text{écr}} = 73,7 \text{ Mpa} = 737 \text{ bars}$

Pour vérification :

$$R_{\text{écr}} / P_{\text{écr}} > K_{\text{écr}} \quad (4.4)$$

$R_{\text{écr}} / P_{\text{écr}} = 737 / 286.02 = 2.57$ qui est supérieur à 1,125

Donc la colonne vérifie la résistance à l'écrasement

IV.4.2. Pression d'éclatement (P) :

Pour la vérification on suppose que l'intérieur du casing est plein de boue et l'annulaire vide, le coefficient de sécurité API à l'éclatement est $K_{\text{écl}} = 1.100$.

On calcule la pression d'éclatement :

$$P_{\text{écl}} = [P_{\text{int}} - P_{\text{ea}}] = [(H \cdot d / 10.2)] \quad (4.5)$$

$$P_{\text{écl}} = 286.02 \text{ bars} \quad (4.6)$$

D'après le formulaire du foreur $R_{\text{écl}} = 85,5 \text{ Mpa} = 855 \text{ bars}$

Pour vérification :

$$R_{\text{écl}} / P_{\text{écl}} > K_{\text{écl}} \quad (4.7)$$

$R_{\text{écl}} / P_{\text{écl}} = 855 / 286.02 = 2.98$ qui est supérieur à 1,100.

Donc la colonne vérifie la résistance à l'éclatement.

IV.4.3. Résistance à la traction : (T_{tr})

Pour vérifier si notre tubage résiste à la traction, on divise la valeur de la résistance à la traction (T_{tr}) donnée par le formulaire du foreur sur le poids apparent du tubage (G) qu'on multiplie fois la gravité $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

$$G = G_{\text{air}} \times f$$

f : le facteur de flottabilité qui est calculé comme suit :

$$f = 1 - d_b / d_a \quad (4.8)$$

d_a : densité de l'acier qui est égale à 7,85 donc : $f = 1 - 0.86 / 7,85$

$$f = 0,89 \quad (4.9)$$

G_{air} : poids du casing en air calculé par la formule suivant :

$$G_{\text{air}} = G_u \times L \quad (4.10)$$

G_u : poids unitaire du casing. $G_u = 13,5 \text{ lb/ft} = 20,09 \text{ Kg/m}$

L : longueur total du liner. $L = 125 \text{ m}$

$$G_{\text{air}} = 20,09 \times 125 = 2511.25 \text{ Kg.}$$

$$G_{\text{air}} = 2511.25 \text{ Kg} \quad (4.11)$$

Donc le poids apparent du tubage est :

$$G = 2511.25 \times 0,89 = 2235.01 \text{ Kg} \quad (4.12)$$

D'après le formulaire du foreur la résistance à la traction des tubes est $T_{tr} = 188 \cdot 10^4 \text{N}$

On aura :

$T_{tr} / G \times g = 188 \cdot 10^4 / (2235.01 \times 9,81) = 85.74$ qui est supérieur au coefficient de sécurité à la traction, donc notre tubage résiste à la traction.

IV.5. Vérification de la résistance des tiges aux différentes sollicitations :

Les tiges utilisées sont :

Tige $3^{1/2}$, 13, 30 #, grade S135, filetage IF

IV.5.1. les tiges $3^{1/2}$:

1. Pression d'écrasement ($P_{\text{écr}}$) :

C'est la pression hydrostatique dans l'espace annulaire casing 7'' et drill pipe $3^{1/2}$ ". Pour la vérification on suppose que l'annulaire est rempli de boue et l'intérieur du drill pipe est vide.

Calcul de pression hydrostatique :

$$P_{\text{hyd}} = (H \times d_b) / 10,2 \quad (4.13)$$

H : la profondeur verticale de la première tige qui est égale à 3268.21 m

$$P_{\text{hyd}} = 3268.21 \times 0.86 / 10,2 \quad (4.14)$$

$$P_{\text{hyd}} = 275.55 \text{bars} \quad (4.15)$$

D'après le formulaire du foreur $R_{\text{écr}} = 175.2 \text{ Mpa} = 1752 \text{ bars}$

Pour vérification :

$$R_{\text{écr}} / P_{\text{écr}} > K_{\text{écr}} \quad (4.16)$$

$R_{\text{écr}} / P_{\text{écr}} = 1752 / 275.55 = 6.358$ qui est supérieur à 1,125

Donc la colonne vérifie la résistance à l'écrasement

2. Pression d'éclatement (P) :

Pour la vérification on suppose que l'intérieur des tiges est plein de boue et l'annulaire vide, le coefficient de sécurité API à l'éclatement est $K_{\text{écl}} = 1.100$.

On calcule la pression d'éclatement :

$$P_{\text{écl}} = [P_{\text{int}} - P_{\text{ea}}] = [(H \cdot d / 10.2) - 0] \quad (4.17)$$

$$P_{\text{écl}}=275.55\text{bars} \quad (4.18)$$

D'après le formulaire du foreur $R_{\text{écl}}= 171.3 \text{ Mpa} = 1713 \text{ bars}$

Pour vérification :

$$R_{\text{écl}}/ P_{\text{écl}} > K_{\text{écl}} \quad (4.19)$$

$R_{\text{écl}}/ P_{\text{écl}}=1713/275.55=6.21$ qui est supérieur à 1,100.

Donc la colonne vérifie la résistance à l'éclatement.

3. Résistance à la traction : (T_{tr})

Pour vérifier si notre tige résiste à la traction, on divise la valeur de la résistance à la traction (T_{tr}) donnée par le formulaire du foreur sur le poids apparent de la tige (G) qu'on multiplie fois la gravité $g= 9,81\text{m/s}^2$.

$$G = G_{\text{air}} \times f$$

f : le facteur de flottabilité qui est calculé comme suit :

$$f = 1 - d_b / d_a \quad (4.20)$$

d_a : densité de l'acier qui est égale à 7,85 donc : $f = 1 - 0.86 / 7,85$

$$f = 0,89 \quad (4.21)$$

G_{air} : poids des tiges en air calculé par la formule suivant :

$$G_{\text{air}} = G_u \times L \quad (4.22)$$

G_u : poids unitaire de la tige. $G_u=13, 3 \text{ lb/ft} = 19.79 \text{ Kg/m}$

L : longueur total des tiges. $L= 3268.21 \text{ m}$

$G_{\text{air}}=19.79 \times 863.16=64677.875 \text{ Kg}$.

$$G_{\text{air}} = 64677.875\text{kg} \quad (4.23)$$

Donc le poids apparent des tiges est :

$$G = 64677.875 \times 0,89=57563.30 \text{ Kg} \quad (4.24)$$

Il faut ajouter le poids apparent du liner dans la boue $G_{\text{al}}=2235.01 \text{ Kg}$

D'après le formulaire du foreur la résistance à la traction des tiges est $T_{tr} = 217.3 \cdot 10^4 \text{ N}$

On aura :

$$T_{tr} / (G + G_{al}) \times g = 217.3 \cdot 10^4 / [(57563.30 + 2235.01) \times 9.81] = 3.70$$

Qui est supérieur au coefficient de sécurité à la traction, donc nos tiges résistent à la traction.

IV.6. Calculs de cimentation : [2]

Pour la cimentation de ce type de liner, on doit calculer :

- Volume de laitier nécessaire pour couvrir tous l'annulaire du liner ;
- Quantité de ciment nécessaire pour ce volume de laitier ;
- L'eau de mixage ;
- Le volume de boue nécessaire pour la chasse ;
- Temps d'injection, de chasse et la durée totale de cimentation ;
- Débit de refoulement (chasse) ;
- La pression de refoulement ;

Pour cela on a les données suivantes :

- Diamètre de l'outil 6''
- Profondeur du puits :
 - ✓ Cote mesurée : 3394m
 - ✓ Cote verticale (TVD) : 3394m
- Position de sabot 7"= 3308 m
- Top du liner : 3268m
- Cote d'ancrage du Liner Hanger 3275.79m
- Cote du landing collar : 3357 m
- Distance landing collar-top liner = 89m
- Top du laitier = 3218 m
- Densité de la boue : $d = 0.86$

IV.6.1. Caractéristiques du matériel tubulaire :

Tableau. IV.4: Caractéristiques du matériel tubulaire.

	Poids		Grade	Filetage
	Lb /ft	Kg /m		
Casing 7"	32	47,62	P110	New Vam
Liner 4.5"	13,5	20,09	P110	New Vam
DP 3.5"	13,30	19,79	S135	IF

IV.6.2. Tableau des volumes unitaires :

Tableau. IV.5: volumes unitaires.

volumes unitaires (l/m)	
CASING 7" (U _{C7"})	19,38
OPEN HOLE 6" (U _{OH})	18.24
CASING 4.5" (U _{C4 1/2"})	7,79
DP 3.5" (U _{DP 3.5"})	3,82
CASING 7"- DP 3.5" (U _{CD})	12,21
CASING 7"- CASING 4.5" (U _{CC})	8.56
Open Hole 6" -CASING 4.5" (U _{CT})	7.98

Top of Mud 0 m

Top Of Spacer 2283 m

Top Of Water 3030 m
Top Cement Slurry 3218 m

Csg 9"5/8 3261m

Top 4 1/2" Liner 3268 m

7" FS 3308 m

6" Open Hole

4 1/2" LC 3357m

4 1/2" FC 3383m

4 1/2" FS 3393 mTD 3394 m

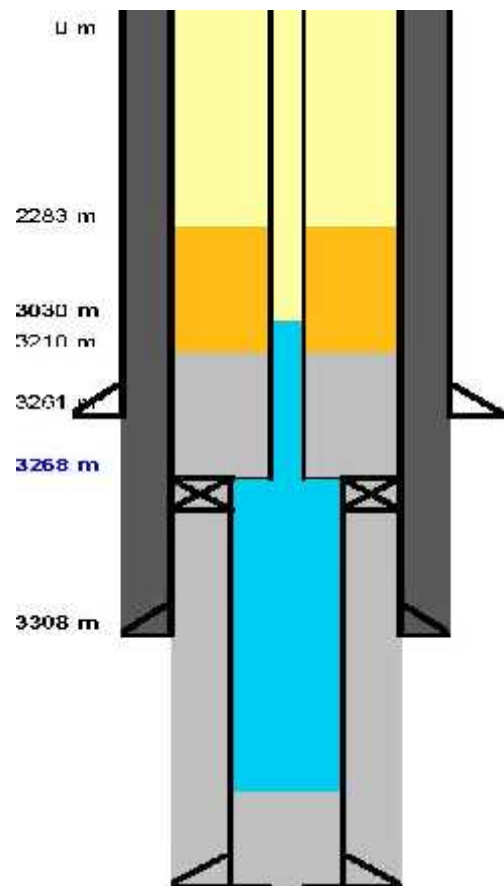


Figure.IV.2 : schéma du puits omo323

IV.6.3. Calcul du volume total du laitier :

1. Volume de laitier :

Après avoir déterminé la hauteur du ciment dans l'annulaire, et connaissant le profil du puits (diamètre intérieur et extérieur du tubage et le diamètre du trou), on peut calculer le volume de laitier à pomper qui (pour une cimentation primaire) égale à :

$$V_L = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 \quad (4.25)$$

V_1 : Volume intérieur du tubage entre l'anneau et le sabot ;

V_2 : Volume du trou au-dessous du sabot (**1 à 2m**) ;

V_3 : Volume de l'espace annulaire trou/tubage entre sabot de liner au sabot de casing 7".

V_4 : Volume de l'espace annulaire liner/tubage entre sabot de 7" jusqu'au top du liner .

V_5 : Volume de l'espace annulaire DP/tubage entre top du liner jusqu'au top du ciment .

N.B : le volume du trou est généralement supérieur à celui du trépan d'où les volumes V_2 et V_3 doivent être majorés par un coefficient de majoration qui dépend de la formation.

➤ **Calcul de V_1 :**

$$V_1 = U_{C 4^{1/2}} \times H_{FL} \quad (4.26)$$

$U_{C 4^{1/2}}$: représente le volume unitaire à l'intérieur de casing 4.5".

H_{FL} : représente la hauteur entre sabot 4^{1/2}" – anneau.

$$H_{FL} = 3393 - 3357 = 36\text{m}$$

$$V_1 = 280.44 \text{ L} \quad (4.27)$$

➤ **Calcul de V_2 :**

$$V_2 = U_{OH} \times H_T \times (1 + C_m) \quad (4.28)$$

U_{OH} : représente le volume unitaire du trou 6".

H_T : représente la hauteur au-dessous du sabot.

$$H = 1\text{m}$$

$$V_2 = 54.72 \text{ L} \quad (4.29)$$

➤ **Calcul de V_3 :**

$$V_3 = U_{CT} \times H_{CT} \times (1 + C_m) \quad (4.30)$$

Avec :

U_{CT} : représente le volume unitaire open hole-casing.

C_m : représente coefficient de majoration qui est pour notre cas $C_m=200\%$.

H_{CT} : représente la hauteur entre sabot 4^{1/2}"-sabot 7".

$$H_{CT}=3393-3308=85m$$

Donc :

$$V_3=2034.9 \text{ L} \quad (4.31)$$

➤ **Calcul de V_4 :**

$$V_4= U_{CC} \times H_{CC} \quad (4.32)$$

Avec :

U_{CC} : représente le volume unitaire entre casing 4.5"-casing 7".

H_{CC} : représente la hauteur sabot 7"- top liner.

$$H_{CC}=3308-3268=40m$$

Donc :

$$V_4=342.4 \text{ L} \quad (4.33)$$

➤ **Calcul de V_5 :**

$$V_5= U_{CD} \times H_{CD} \quad (4.34)$$

Avec :

U_{CD} : représente le volume unitaire entre casing 7"-drill pipe 3.5".

H_{CD} : représente la hauteur entre top du liner jusqu'au top du ciment.

$$H_{CD}=3268-3218=50m$$

Donc :

$$V_5=610.5 \text{ L} \quad (4.35)$$

Donc on aura le volume total : $V_L=280.44+54.72+2034.9+342.4+610.5$

$$V_L=3322.96 \text{ L} \quad (4.36)$$

2. Calcul de la quantité de ciment et le volume d'eau douce utilisée :

La densité du laitier utilisé est $d_l= 1,9$ de classe **G**, d'un rendement $R=1,046 \text{ m}^3/T$.

D'après le formulaire du foreur, le volume d'eau douce nécessaire pour 100 Kg de ciment est : 44,1 L/100Kg, et le volume du laitier obtenu pour la même quantité de ciment est : 75,8L/100Kg

➤ **La quantité de ciment : Q_C**

$$Q_C = V_L / R = 3.32296 / 1,046$$

$$Q_C = 3.176 \text{ T} \quad (4.37)$$

➤ **Calcul de la quantité de silica flour Q_{silica} qui correspond à Q_C :**

35% de silica en masse —————> 1 T de ciment

$Q_{\text{silica}} ?$ —————> 3.176 T

On aura : $Q_{\text{silica}} = 1.1116 \text{ T}$

$$Q_{\text{silica}} = 1.1116 \text{ T} \quad (4.38)$$

➤ **Le volume d'eau douce : V_E**

$$V_E = V_L - V_C - V_{\text{silica}} = V_L - Q_C / d_c - Q_{\text{silica}} / d_{\text{silica}}$$

$$V_E = 3.32296 - 3.176 / 3,17 - 1.1116 / 2,65$$

$$V_E = 1.90176 \text{ m}^3 \quad (4.39)$$

Avec :

d_c : densité du ciment $d_c = 3,17$

d_{silica} : densité du silica $d_{\text{silica}} = 2,65$

3. Calcul du volume total de chasse : V_{ch}

$$V_{\text{ch}} = V_{\text{DP } 3.5''} + V_{\text{C } 4.5''} \quad (4.40)$$

➤ $V_{\text{DP } 3.5''}$: représente le volume intérieur des tiges 3.5'', il est calculé comme suit :

$$V_{\text{DP } 3.5''} = U_{\text{DP } 3.5''} \times H_{\text{DP } 3.5''} \quad (4.41)$$

$H_{\text{DP } 3.5''}$: représente la longueur totale des tiges 3.5'' .

$$H_{\text{DP } 3.5''} = 3268 \text{ m}$$

Donc:
$$V_{\text{DP } 3.5''} = 12483.76 \text{ L} \quad (4.42)$$

➤ $V_{C 4.5''}$: représente le volume intérieur du tubage 4.5", il est calculé comme suit :

$$V_{C 4.5''} = U_{C 4.5''} \times H_{C 4.5''} \quad (4.43)$$

$H_{C 4.5''}$: représente la longueur du tubage 4^{1/2} entre le landing collar et le top du liner.

$$H_{C 4.5''} = 89\text{m}$$

Donc:

$$V_{C 4.5''} = 693.31 \text{ L} \quad (4.44)$$

Finalement, le volume de chasse V_{ch} est :

$$V_{ch} = 12483.76 + 693.31$$

$$V_{ch} = 13177.07 \text{ L} \quad (4.45)$$

- Le temps de mixage est de : T_m : 40 mn

4. Calcul du temps d'injection du laitier : T_I

Le temps d'injection égale à la somme des temps d'injection du laitier, et du spacer

$$T_I = T_{IL} + T_{IS} \quad (4.46)$$

T_{IL} : temps d'injection du laitier

T_{IS} : temps d'injection du spacer

Avec : $T_{ii} = V_i / Q_i$;

Q_i : est le débit d'injection

V_i : le volume à injecter

Tableau. IV.6: temps d'injection du laitier et de spacer. [4]

	Volume (l)	Débit (l /mn)	temps d'injection (mn)
Spacer	8000	600	13.33
Laitier	3322.96	600	5.54

On aura le temps d'injection total :

$$T_I = 18.87 \text{ mn} \quad (4.47)$$

5. Calcul du temps de chasse : T_{ch}

La chasse est effectuée par 1.6 m³ d'eau suivie par la boue de forage avec un débit Q=600 l/min

$$T_{ch} = V_{ch} / Q_{ch} \quad (4.48)$$

Tableau.IV.7: Temps de chasse

	volume (l)	débit (l / mn)	temps de chasse (mn)
Eau	1600	600	2.66
Boue	11577.07	600	19.29

Donc le temps total de la chasse est :

$$T_{ch} = 21.95 \text{ mn} \quad (4.49)$$

6. Calcul de la durée totale de cimentation : T

$$T = T_I + T_C + T_{TL} + T_{CD} \quad (4.50)$$

T_{TL} : représente la durée de test de line qui est égale à 10 mn.

T_{CD} : représente la durée de la circulation de l'excès de ciment qui est calculé comme suit :

$$T_{CD} = ((U_{DP\ 31/2} + U_{C7\ -DP31/2}) \times H_{DP\ 31/2} / Q)$$

Q : débit de circulation de l'excès de ciment qui est égale à 800 L

$$T_{CD} = ((3.82 + 12.21) \times 3268) / 800$$

$$T_{CD} = 66 \text{ min} \quad (4.51)$$

$$T = 18.87 + 21.95 + 10 + 66$$

Donc le temps total de la cimentation est 116.82 mn

7. Calcul de la pression de refoulement : (P_{ref}) en bars

La pression maximale prévisible en fin de refoulement est égale à la différence de la pression entre espace annulaire et l'intérieure du tubage.

$$P_{Pref} = \frac{H_b \cdot d_b}{10,2} + \frac{H_S \cdot d_S}{10,2} + \frac{H - H_b - H_S \cdot d_L}{10,2} - \frac{H_b \cdot d_b}{10,2} - \frac{H_e \cdot d_e}{10,2} - \frac{H - H_b - H_e \cdot d_L}{10,2} \quad (4.52)$$

H_b : hauteur de la boue dans l'espace annulaire (m). **H_b=2283 m.**

H_s : hauteur de spacer dans l'espace annulaire (m). **H_s=935 m.**

H_e : hauteur de l'eau (m). **H_e=327 m**

H : cote finale de puits **H=3394 m**

d_L, d_b, et d_s sont les densités respectivement du laitier de ciment, boue et celle du spacer

$$P_{ref} = \frac{2283 \times 0.86}{10.2} + \frac{935 \times 1.25}{10.2} + \frac{3394 - 2283 - 935 \times 1.9}{10.2} - \frac{3030 \times 0.86}{10.2} - \frac{327 \times 1}{10.2} - \frac{36 \times 1.9}{10.2}$$

Donc :

$$P_{ref} = 45.622 \text{ bars} \quad (4.53)$$

Caractéristiques des fluides utilisés :

- **Spacer** : Volume : 8 m³ ; Densité : **1.25**

Tableau. VI.8: composition de spacer

Additif	Description	Unité	Rendement par m3	Total
Eau	Fresh-water	m ³	0,882	7.056
DAF-1	Defoemer	L	1	8
CSP-500	Spacer	Kg	5.71	45.68
NSA 1	Surfactant	L	5	40
Barite	Alourdissant	Kg	399	3192

- **Laitier** : Le ciment utilisé est du type Blend qui est un ciment de classe G mixé avec 35% de silica flour en poids de ciment (35% de silica pour une tonne de ciment). Utilisé dans les hautes températures dans le but de prévenir le retrait de ciment après prise.

Les données suivantes sont obtenues au laboratoire :

- Temps de prise : Il est égale à 8 h 01mn pour une viscosité de 40 Cp
Il est égale à 8 h 13 mn pour une viscosité de 100 Cp
- Rhéologie : Type du laitier : binghamien
FANN 35 data

Tableau. IV.9: Rhéologie du laitier

RPM	BHCT
300	97
200	79
100	47
6	15
3	10
PV (Cp)	75
YP (lb /100ft ²)	22

Tableau.IV.10: Gel du laitier

Gel Strength (lb/100 ft ²)	
10 s :	9
10 min	17

- Eau libre : 0 cc
- Fluid loss: 48 cc / 30mn à 1000 psi
- Composition: Volume: 3.322 m³

Densité : 1,90

La composition du laitier est représenté dans le tableau suivant :

Tableau. IV.11: composition du laitier.

Additif	Description	Unité	Rendement par m3	Total
Cement	Lafarge "G"	Tonne	1	3.4
SFA-200	Silicate Fluor	Kgs	350	1203.2
Water	Fresh-water	m ³	0,403	1.4
DAF-1	Defoemer	L	1	3.4
NFC-6L	Gas Block	Kgs	130	446.9
NFC-7L	Stabiliser	Kgs	13	44.7
DFR-1	Dispersant	Kgs	2.00	9.6
NR-12	Retarder	L	0.65	2.2

IV.7. Préparation avant descente du liner :

IV.7.1. Préparation du trou :

Le puits doit être soigneusement préparé, car descendre une colonne perdue est une opération plus délicate que descendre une colonne entière. Pour cela, il faut réaliser les opérations suivantes :

- Enregistrement de la déviation du puits à l'aide d'un inclinomètre (totco). Et circulation pendant trois heures ;
- Mesure de la température de fond pour déterminer le temps de pompabilité du laitier à l'aide du log PS-résistivité ;
- Descente d'un caliper pour calibrer le trou pour déterminer le volume approximatif du puits.

Après les diagraphies électriques, la descente de la garniture de forage et la circulation ont un double objectif :

- Contrôler la tenue des parois du trou ;
- traiter la boue et circuler éventuellement un bouchon de gaz.

IV.7.2. Préparation des équipements :

- A l'aide de la liste d'équipement et du bon de livraison, vérifier que tous les consommables nécessaires du liner, de l'outil de pose, etc... sont sur le chantier, en bon état ;
- Prendre toutes les dimensions utiles de l'équipement- longueurs, OD, ID, etc ;
- Le sabot, le float collar et le landing collar seront vissés au Tubelock (ainsi que les manchons des tubes) sur chantier. Avant vissage de ces équipements les tubes seront calibrés ;
- Il est essentiel de calibrer la garniture de descente, soit en lançant un calibre de minimum 2'' de diamètre pour les tiges 3½" lors de la dernière remontée, soit quand les tiges sont encore dans le mât avant la descente du liner. Toutes les tiges seront calibrées ainsi que les joints courts ;

IV.8. Descente de liner 4^{1/2} '' du puits omo323 : [4]

Notre objectif est de descendre et cimenter une colonne Liner 4^{1/2} '' du cote **3268m** jusqu'au cote **3393m**, soit un over lape dans la colonne précédente de **40 m**, dont la composition est la suivante :

✓ Composition du liner :

- Sabot 4^{1/2} ''
- 02 tubes 4^{1/2} '' filetage N.VAM
- Float collar 74^{1/2} '' N.VAM
- 01 tubes 4^{1/2} '' N.VAM
- Landing collar 4^{1/2} '' N.VAM
- 07 tubes 4^{1/2} '' N.VAM

➤ Liner Hanger 4^{1/2} ” à ancrage mécanique

✓ **Consignes et chronologie des opérations :**

1- Descendre le sabot et deux joints au-dessus, puis le float collar et un joint au-dessus, par la suite le landing collar et un joint au-dessus, on les vissant tous avec le Baker Lock ;

2- Remplir ces joints et tester les clapets de sabot, float collar, et landing collar, (remplissage puis manœuvre vers le haut pour les vider et les redescendre, si les clapets sont en bonne états, les joints devront demeurer vide) ;

3- Continuer la descente des joints de liner 4^{1/2} ” selon la liste (Liner Tally), avec remplissage de chaque **5** joints ;

4- Sur le dernier joint visser le Liner Hanger 4^{1/2} ” après avoir mis en place les deux bouchons (wiper plug) ;

5- Remplir la PBR avec du polymère ;

6- Monter la tête de circulation et circuler le volume du liner puis noter le débit/pression ;

20 SPM ----- 15 Psi

30 SPM ----- 20 Psi

40 SPM ----- 50 Psi

45 SPM ----- 60 Psi

7- Noter le poids du liner vers le haut et vers le bas.

8- Continuer la descente avec les tiges de forage on vissant la première tige sur le joint de levage du Hanger ;

9- Faire attention au passage du hanger au niveau de BOP et le casing spool ;

10- La descente devras faite sans rotation ;

11- Descendre par longueur sans dépasser la vitesse optimiser (1-2min/longueur) ;

12- Remplir chaque **5** longueurs .

13- A l'arriver au sabot **7” (cote 3308m)**, visser la tête de circulation, et circuler le volume intérieur de la garniture (**12.483m³**), et noter le débit/pression

20 SPM ----- 210 Psi

30 SPM ----- 360 Psi

40 SPM ----- 580 Psi

45 SPM ----- 690 Psi

14- Noter le poids vers le haut et vers le bas .

15- Continuer la descente dans le découvert on respectant la vitesse donnée par l'opérateur liner on gardant le même rythme de remplissage ;

16- Avant de toper le fond monter la tête de cimentation ;

- 17- Descendre le dernier joint en circulation ;
- 18- Noter le poids vers le haut et vers le bas (sans circulation) ;
- 19- Toper le fond en circulation ;
- 20- Circuler le volume intérieur dans la garniture et le liner qui est de **13.456 m³** ;
- 21- Procéder à l'ancrage du liner selon les instructions données par l'opérateur liner :
 - a- Positionner le sabot à un mètre du fond soit à **3393 m** ;
 - b- Tourner 5 fois la table à gauche et poser rapidement **3.18T** pour l'ancrage du liner (Hanger) ;
 - c- Descendre lentement et poser l'environ de **20 tonnes** sur le Hanger pour confirmer l'ancrage du liner ;
 - d- Poser **5T** et tourner 15 fois la table à droite pour désengager le setting tool ;
 - e- Vérifier que le setting tool est désengager en dégageant d'un mètre vers le haut ;

Cette circulation d'environ 3 heures a pour but de nettoyer le trou du reste de déblais, de conditionner et homogénéiser la boue, s'assurer qu'il n'y a ni perte ni venue.

IV.9. Procédure de la cimentation du liner 4^{1/2}" : [2]

- Une fois le Liner au fond, avant ancrage du hanger et circulation, Connecter l'unité de cimentation et tester les lignes de surface avec une pression de 5000 psi pendant 10 min;

NOTE : Noter précisément les volumes de fluides avant de commencer à pomper le ciment

- Une fois le hanger ancré, circulé par paliers ;
- Pendant le dernier palier de circulation, planifier pour préparer tous les fluides de cimentation : spacer, laitier de ciment, boue de chasse, de sorte que tout soit prêt à être pompé à la fin de la circulation ;
- ouvrir la vanne à l'entrée de la tête de cimentation et Injecter : Spacer et Laitier ;
- Larguer le pump down Plug ;
- Le chasser, pomper 1.6 m³ d'eau pour nettoyer les lignes de cimentation sur le bouchon supérieur, continuer et terminer la chasse avec la boue en mesurant le volume de chasse avec les bacs de l'unité de cimentation ;
- Réduire le débit de pompage avant que le pump down Plug n'arrive au wiper-Plug. Un à-coup de pression doit alors être observé ;
- Continuer la chasse jusqu'au volume théorique. Réduire le débit de pompage pour le dernier m³ ;

- Si l'à-coup de pression final ne se produit pas, limiter la chasse supplémentaire à la moitié du shoe track (volume compris entre anneau et sabot) ;
- Repéré avec certitude le premier à-coup de pression à 1700 psi.
- Observer un deuxième à-coup de pression à 3100 psi lors de l'arrivée du wiper plug sur landing collar .
- A l'à-coup de pression (avec l'unité de cimentation), tester le tubage à 3100 psi pendant 5 min, purgé en mesurant le volume au retour ;
- démonter la tête et les lignes de cimentation pour libérer le plancher ;
- Remonter la garniture et récupérer le setting tool a la présence de l'opérateur de Baker.

IV.10. Introduction :

Après avoir cimenté, il est nécessaire de vérifier :

- La hauteur de ciment dans l'espace annulaire ;
- La qualité de la cimentation ;
- L'étanchéité du tubage et parfois de la cimentation du sabot.

IV.11. Contrôle de la hauteur de ciment dans l'espace annulaire :

La méthode la plus courante consiste à effectuer une thermométrie du trou, 6 à 12 heures après la cimentation.

La réaction exothermique de prise du ciment élève la température de la boue au voisinage du ciment. La lecture du diagramme doit permettre de

- déterminer la hauteur de ciment dans l'espace annulaire ;
- préciser les zones de mauvaise cimentation.

Pour faire cette lecture, il est bon de caler le diagramme de thermomètre sur la courbe du caliper effectué avant de descendre le tubage.

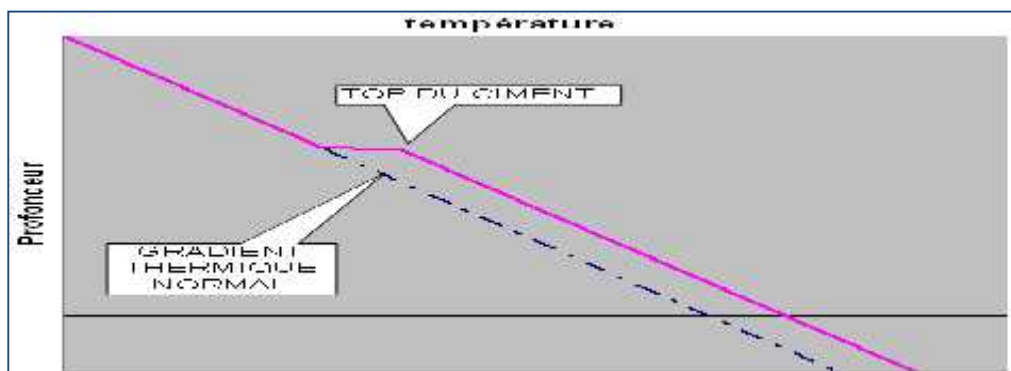


Figure. IV.3: Exemple de thermométrie

IV.12. Contrôle de la qualité et d'étanchéité :

Si la thermométrie donne quelques renseignements sur la présence ou non des zones polluées dans la cimentation, elle ne précise pas si le ciment adhère correctement aux parois du tubage. Pour cela on utilise les diagraphies soniques ; CBL – VDL (Cement Bond Log – Variable Density Log). Ce sont des outils sonique qui enregistrent l'amplitude d'une onde sonore dans le tubage dont le taux d'atténuation est fonction de la compression du ciment et du pourcentage de circonférence cimentée.

IV.12.1. Principe du CBL :

Elle permet d'étudier et évaluer la qualité de la cimentation par la mesure d'adhérence.

Un train d'onde de fréquence variant entre 15 et 30 KHz selon les appareillages, est périodiquement généré par un émetteur.

Cette onde traverse la boue, passe dans le tubage, le ciment et la formation si ces divers milieux sont couplés acoustiquement, puis est détectée par un récepteur qui se trouve sur le corps de l'outil (généralement à 3 pieds de l'émetteur).

L'énergie acoustique voyageant le long d'un tube se propage plus rapidement que les ondes de formation elles-mêmes plus rapides que les ondes de boue.

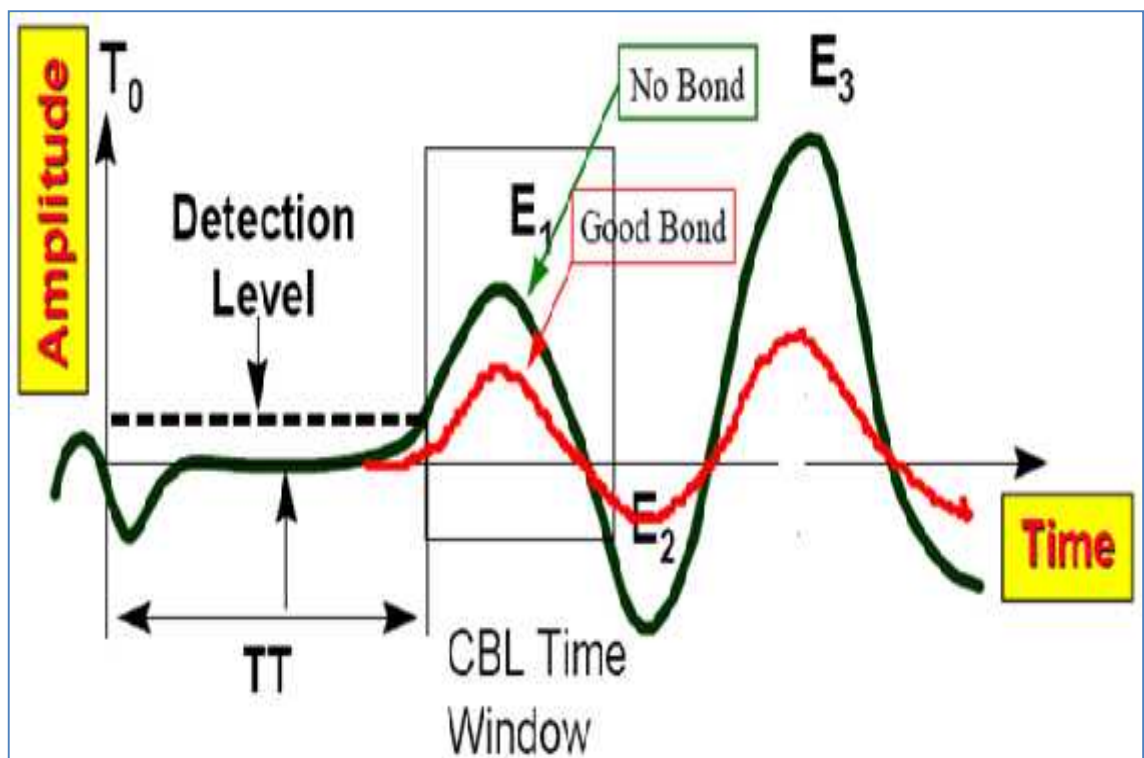


Figure. IV.4: Principe du CBL

IV.12.1.1. Chemins acoustiques possibles :

1. Dans le corps de l'outil : Pas vu, à cause de la conception de l'outil ;
2. dans la boue : Vu mais arrive très tard ;
3. Dans le casing : Vu et mesuré ;
4. Dans la gaine de ciment : Pas vu ;
5. Dans la formation : Vu dans le cas de bon ciment.

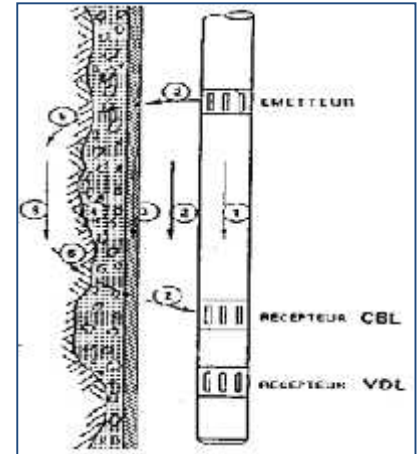


Figure. IV.5: Parcours possible de l'onde envoyée

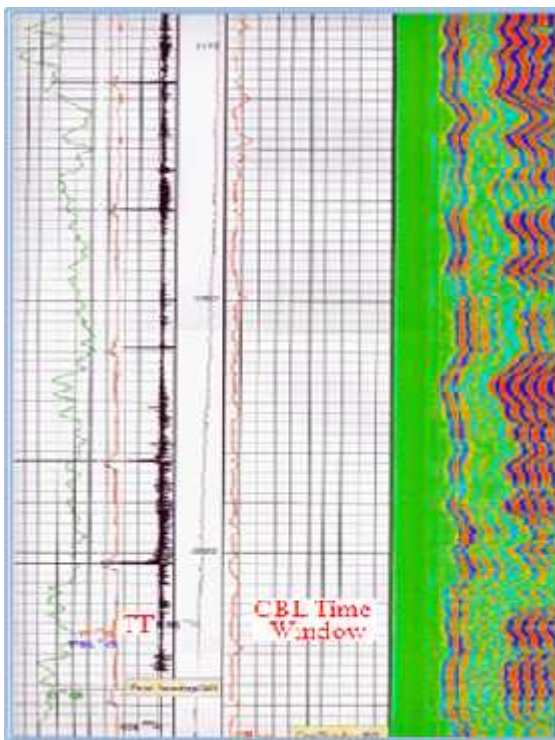


Figure. IV.6: Exemple d'un bon CBL

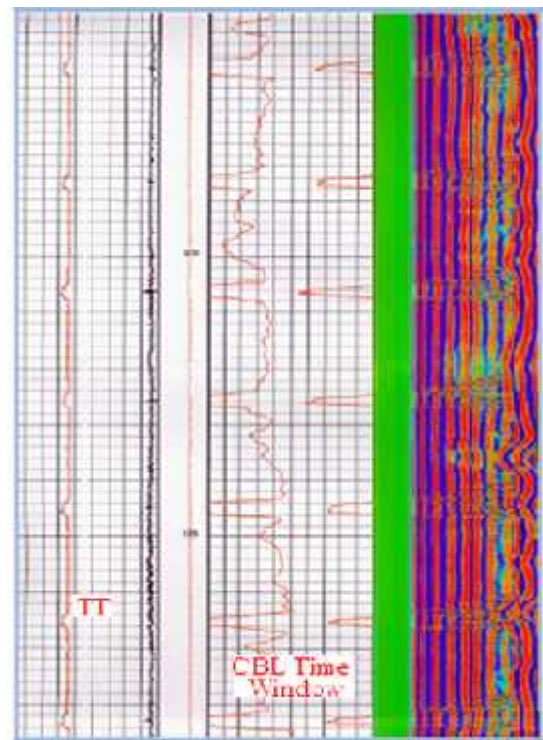


Figure. IV.7 : Exemple d'un mauvais CBL

IV.12.1.2. Interprétation du CBL :

- Dans le cas d'un **tubage "libre"** (non cimenté) toute l'énergie acoustique circule le long de l'acier : il y a très peu d'atténuation de l'onde et de l'amplitude de la première arche du signal est importante ;
- Dans le cas d'un tubage **parfaitement cimenté**, cette énergie se propagera à travers le ciment jusque dans la formation. Il y a grande atténuation de l'amplitude ;

- Dans le cas d'un **tubage mal cimenté**, l'énergie se répartit entre le tubage et la formation. L'amplitude mesurée A sera comprise entre A_{maxi} et A_{mini} .

IV.12.2. Principe du VDL :

Enregistré en complément du CBL, le VDL permet de définir l'adhérence Ciment Formation, par la reconnaissance des arrivées de la formation, et l'atténuation du signal qui permet la détection des micro-annulus.

L'étude de la qualité de la cimentation peut être faussée par un certain nombre de phénomènes. Il s'est avéré utile d'enregistrer l'ensemble du train d'ondes sonores reçues par un récepteur situé généralement à 5 pieds de l'émetteur.

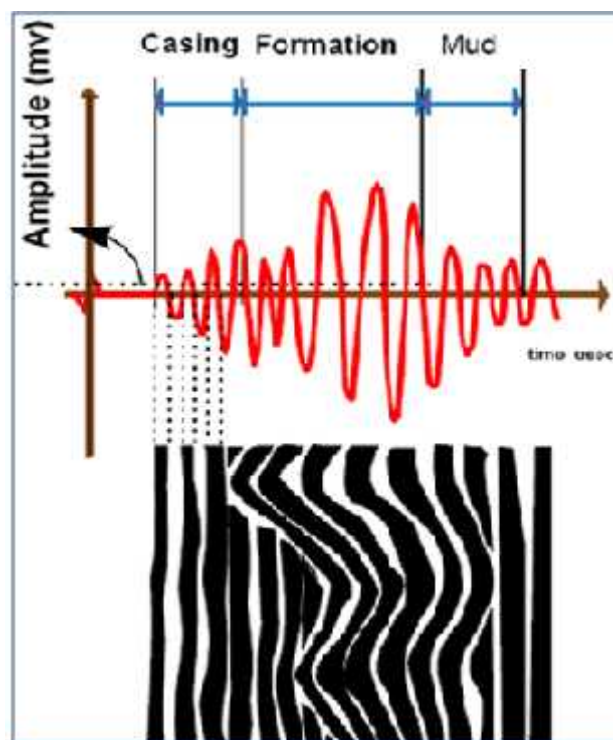


Figure. IV.8: Principe du VDL

IV.12.3. Interprétation du CBL-VDL :

A/ Tubage libre (non cimenté) :

- L'amplitude CBL est forte (correspondant à celle attendue en fonction du diamètre du tubage) ;
- TT approximativement égal à celui calculé à partir des données de la boue et du tubage ;
- Ondes du tubage très nettes, rectilignes et bien parallèles sur le VDL ;

- Joints de tubage net pour tous les logs ;

B/ Tubage bien cimenté :

- L'amplitude du CBL est faible ;
- Le T.T. est peu différent de celui mesuré dans le tubage libre ;
- Dans tous les cas, le VDL montre des ondes de tubage très faibles voire inexistantes et des ondes de formation très nettes dont les variations correspondent à celles vues sur le sonique enregistré en trou ouvert ;

C/ Renardage (tubage faiblement cimenté ou "channeling") :

- L'amplitude du CBL est moyenne ;
- Le VDL montre des ondes de tubage relativement bien visibles ;
- Bonne liaison tubage-ciment (ondes de tubage sont très atténuées), pas de liaison ciment-formation (ondes formations n'apparaissent pas et seules les ondes de boue arrivent après les ondes de tubage).

IV.12.3.1. Facteurs pouvant influencer la mesure CBL-VDL :

- Les études laboratoire montrent qu'à partir d'une épaisseur de ciment de $\frac{3}{4}$ ", l'atténuation ne dépend plus de cette épaisseur. Une interprétation dans une zone où une cette épaisseur de ciment est inférieure serait pessimiste.
- Les variations de pression dans le tubage entre le moment de la cimentation et le log peuvent conduire à un retrait de tubage par rapport au ciment par diminution du diamètre et à la formation d'un micro-annulus. Ex. : diminution de la densité de boue après la cimentation.
- L'outil doit être très bien centré, sinon l'amplitude du signal risque d'être fortement atténuée. Dans le cas d'un mauvais centrage, on constate cette atténuation sur le CBL et une légère diminution du T.T.
Sur le VDL les "ondes tubage" sont également atténuées et ne sont plus rectilignes, l'axe de la sonde changeant constamment par rapport à l'axe du tubage. Ex. : 1 mm d'excentration, baisse de l'amplitude de 5 %.
- La vitesse de remontée de la sonde doit être de 600 m/h. Si elle est trop rapide, le frottement des centreurs avec vibrations latérales se traduira par des ondulations des ondes de casing (au lieu des "rails de chemin de fer").
- Pour le temps de séchage du ciment, attendre 24 à 36 heures suivant le type de ciment et la température de réchauffement du puits. La prise du ciment doit être complète sur toute la colonne et la résistance à la compression du ciment supérieure à 70 bar. Les

amplitudes du CBL seront élevées et l'on conclura à une mauvaise adhérence casing/ciment.

Sur le VDL, on ne verra que les ondes casing, pas d'ondes formation.

- Densité du fluide dans le puits : une augmentation de densité de la boue se traduira par une baisse du transit time (T.T.) et une baisse de l'amplitude qu'il ne faudra pas traduire en bonne cimentation.
- Formations rapides (temps de transit comparable à celui de l'acier) : il s'agit généralement de formations sans porosité (basalte, bancs compacts) sauf le gypse et le sel, qui sont plutôt lents. On trouvera aussi le calcaire (moins de 10 % de porosité), la dolomie (moins de 15 % de porosité) et des grès à quelques pourcentages de porosité.
- Tubage excentré : dans la partie libre du tubage, il est possible de voir des ondes de formation si le tubage est en contact avec celle-ci.
- Joints de tubage : ils sont détectés sur les 3 enregistrements :
 - le Transit Time est allongé d'environ 8 μ s ;
 - le CBL donne des valeurs plus faibles au niveau du tubage libre ;
 - le VDL présente des figures caractéristiques de chevron.

La hauteur perturbée par le joint correspond à l'espacement émetteur-récepteur pour l'enregistrement considéré (généralement 3' pour le CBL, 5' pour le VDL).

IV.12.4. USIT (Ultra Sonic Imager Tool) :

IV.12.4.1.Introduction :

L'outil d'imagerie ultrasonique est conçu pour donner une image de haute résolution de la paroi du casing et de la distribution du ciment.

L'USIT donne quatre mesures de base :

- L'impédance acoustique du ciment derrière le casing ;
- L'épaisseur du casing ;
- Le rayon interne du casing ;
- L'estimation des conditions de la surface interne du casing.

Le transducteur rotatif de l'outil assure une couverture de 100% de la paroi du casing en faisant 7.5 rotations par seconde en émettant des pulsations ultrasoniques à raison de 18 pulsations par rotation.

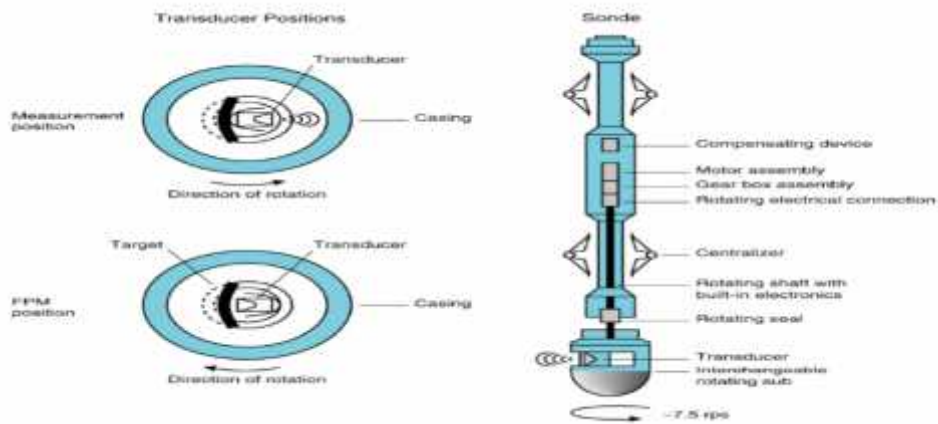


Figure. IV.9: Outil USIT

IV.13 . Cas du puits omo323 :

Le tableau ci-dessous montre les différentes opérations de Logging effectués dans notre puits

Tableau. IV.13: programme de Logging du puits OMO-323.

HOLE SIZE	PLANNED LOGGING	DELIVERY	INTERVAL (m)
26 "	<i>NO LOGGING REQUIRED</i>		
16"	GR - SONIC P&S – DENSITY – CALIPER	WIRELINE	SUFRACE-2335
12" 1/4	GR – SONIC – DENSITY – CALIPER	WIRELINE	3262-2334
	CBL / VDL	WIRELINE	3262-2334
8" 1/2	GR – SONIC – DENSITY - CALIPER	WIRELINE	3308-3261
	CBL / VDL	WIRELINE	3308-1845
6 "	GR – DENSITY – NEUTRON - SONIC - RESISTIVITY – NGT – IMAGERIES –CBL-CCL-VDL	TLC (with DP)	SURFACE-3394
	SBT-VDL-GR-CCL	TLC (with DP)	3390-3268

IV.13.1. Interprétation des logs CBL-VDL :

Ci-après sont des exemples tirés du log pour certains intervalles :

De 3285m à 3352m :

C'est la zone d'ancrage, une bonne cimentation sur cette zone est primordiale pour la suspension de la colonne du liner, mais le CBL enregistré à une amplitude importante ce qui veut dire une cimentation médiocre, ce jugement est renforcé par l'enregistrement foncé de l'onde VDL. Ce n'est pas nécessaire d'effectuer un squeeze car on a la double protection des tubages 7" et 4^{1/2}". Et cela est dû au changement du régime d'écoulement. [4]

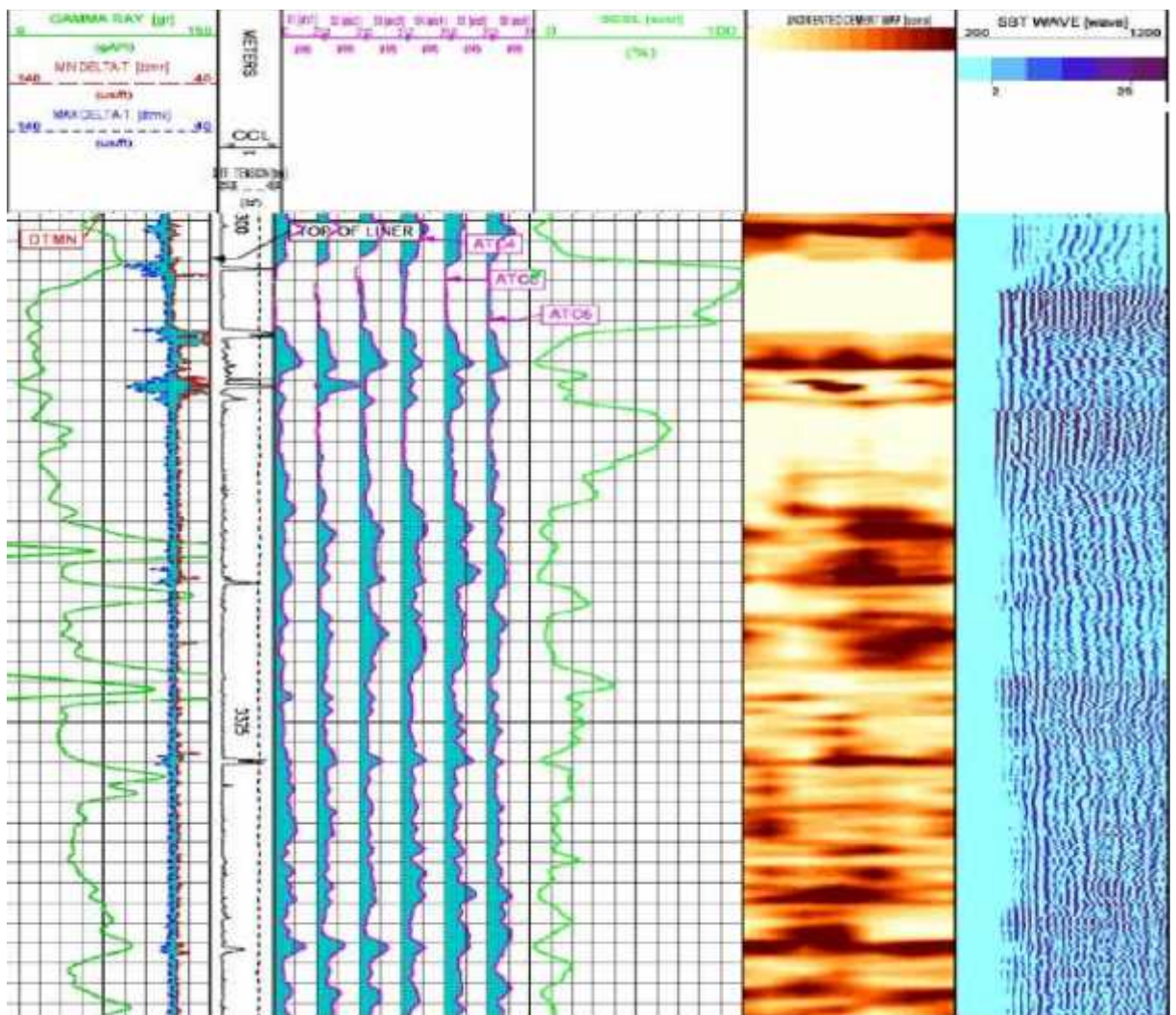


Figure. IV.10 : Résultat du Log CBL-VDL (Section 3285 à 3352m)

De 3352m à 3387m :

Dans toute cette hauteur le CBL –VDL nous donne les symptômes d’une bonne cimentation. L’enregistrement CBL montre une amplitude très faible de l’onde reçue, un indice d’une très bonne cimentation confirmé par l’image ambiguë de l’onde VDL. d’où une réussite complète de l’opération pour cette zone.

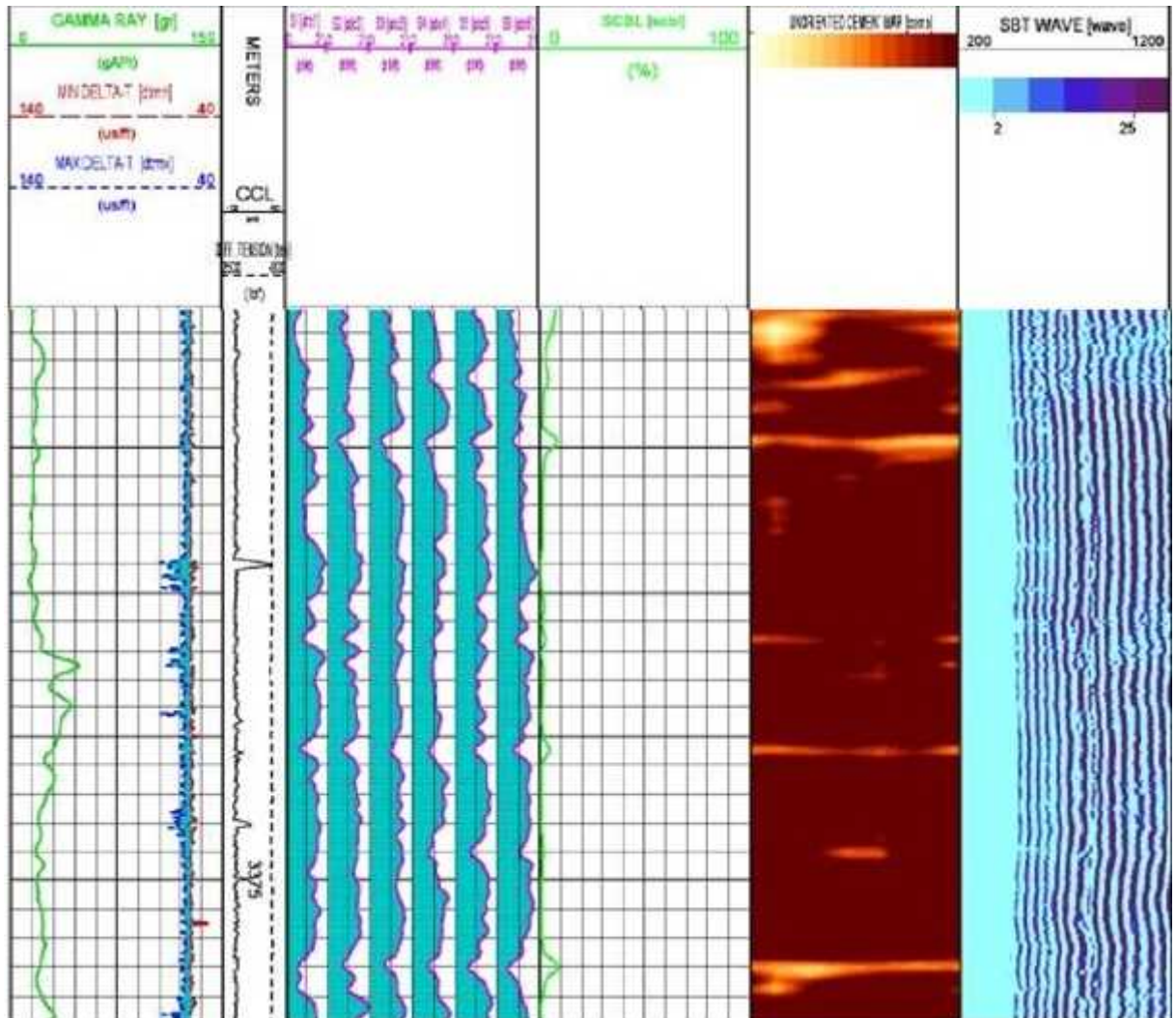


Figure. IV.11: Résultat du Log CBL-VDL (Section 3352 à 3387m)

IV.13.2. Commentaire :

D’après notre analyse on distingue deux parties en ce qui concerne la qualité de cimentation :

La première est celle située au top du liner, entre les deux tubages 4"1/2 et 7", il ya des endroits de mauvaise cimentation, mais on n’a pas besoin d’un squeeze du moment qu’on a une double protection.

La deuxième est celle au-dessous du sabot du liner 7" le log nous montre que c'est une bonne cimentation le travail n'a pas besoin d'intervention.

IV.14. Conclusion :

Dans le but d'une meilleure évaluation de ciment aujourd'hui, il est nécessaire d'enregistrer les deux outils sonique et ultrasonique de façon à ce que la nature complémentaire de leurs mesures puisse être utilisée pour distinguer les effets sur chaque log qui pourraient être masqué par l'utilisation d'un log seul.

Finalement, l'évaluation du ciment est plus qu'une simple interprétation de logs acoustiques.

Pour une évaluation complète de la qualité du ciment, il faut s'intéresser et regarder à toutes les composantes d'une de chaîne de cimentation.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Conclusion :

L'opération de descente et cimentation de liner est toujours représenté comme une opération très délicate. Elle requiert à la fois une planification rigoureuse et une mise en œuvre parfaitement contrôlée qui seront tracés par des ingénieurs qualifiés en se basant sur diverses études. Toute erreur peut avoir des conséquences très sérieuses.

Elle est différente d'une cimentation d'une colonne de tubage simple car on doit utiliser des équipements spéciaux parfois difficiles à mettre en place, comme par exemple les systèmes de suspension sont différents d'un fabricant à un autre et leur choix soit mécanique ou hydraulique y compris l'utilisation du top packer ou non est assez compliqué et dépend de plusieurs paramètres.

Donc le choix du matériel se fait en fonction du liner avec lequel il va être descendu et en fonction des conditions du puits {pression température et nature de roche du gisement (dure, friable...), type de fluide de formationetc. }. Et pour que l'opération de la cimentation du liner soit réussite il faut respecter les paramètres suivants :

- ✓ Les éléments constitutifs du liner ;
- ✓ Type de Hanger mécanique ou hydraulique
- ✓ L'existence d'un top packer ou non
- ✓ Les conditions du puits (pression, température, ...)
- ✓ Caractéristiques des fluides utilisés (laitier, spacer, preflush et la boue)

Donc avant le commencement de la descente de liner ou sa cimentation il faut déterminer les paramètres précédant qui influent sur le choix du matériel et de type de fluide utilisé par des opérations du test du puits comme la diaggraphie, le DST et le carottage et leak off test.

L'équipement hanger utilisé pour le puits OMO323 est de type mécanique et son fonctionnement nécessite un suivi très rigoureux et indispensable dans la séquence des rotations générées pour l'ancrage de l'outil. Le succès de la cimentation de ce dernier est très important et demande une très grande vigilance de la part du personnel qui font le travail.

Ce travail nous a permis de comprendre que le choix adéquat du type du liner est étroitement lié à la qualité de la descente et celle de la cimentation du puits. Il est donc recommandé d'effectuer les calculs nécessaires pour la cimentation.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Enfin, une évaluation de la qualité de cimentation est toujours indispensable pour vérifier l'isolement de la phase suivante de celles qui la précèdent (l'isolation du cambrien et ordovicien dans notre cas) afin d'assurer la poursuite du forage et la complétion.

Références bibliographiques

✓ livres

- [1] G.Gabold et J.P.Nguyen (1999), *Drilling data handbook*, institut français du pétrole publications paris, p.149.
- [2] ING/DRMD (01/2004), *Procédures générales et spécifiques de pose des liners*, SH-DF.

✓ Thèse et mémoire

- [3] ADJEROUD (2015) , *pose et cimentation d'un liner, le puits htf-20,mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme master.* ,université m'hamed bougera boumerdes.

✓ Les rapports

- [4] Bencharef ,ReF:SH/AMT/FOR/DML/FWR omo 323, 2015.