

Université Kasdi Merbah Ouargla



Faculté des hydrocarbures et énergies renouvelables et science de la terre et de l'univers

Département de Forage et Mécanique des chantiers pétroliers

MEMOIRE

Pour obtenir le Diplôme de Master

Option: Forage

Présenté Par :

HAMMOUYA ALI, SMAANIA ABDELKADER

-THEME-

EVALUATION ET ANALYSE DE LA CIMENTATION DE LINER 7" APPLICATION AU PUIIS RDC #12

Soutenue le : 28 / 05 / 2014 devant la commission d'examen

Jury:

Président:	DAOUI HAFSA	Univ. Ouargla
Rapporteur:	BERBEUH MED ELHAFED	Univ. Ouargla
Examineurs:	OUAZAZI MOUHAMED	Univ. Ouargla

Remerciements

Nous tenons à remercier le bon Dieu qui nous a donné le courage et la volonté pour réaliser ce modeste travail.

Nos remerciements vont tout d'abord à notre directeur de recherche Mr BERBEUH Med Elhafed de nous avoir prodigué conseils et encouragements et aussi pour sa gentillesse, sa disponibilité, la pertinence de ses orientations et sa patience légendaire.

Nos remerciements vont également aux membres de jury d'avoir accepté de juger ce modeste travail.

Nous remercions aussi les enseignants de département de forage.

Et enfin à tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à l'élaboration de ce modeste travail.

Dédicace

Quoi que de plus que de pouvoir partager les meilleurs moments de sa vie avec les êtres qu'on aime.

Arrivé au terme de mes études, j'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :

A ma très chère mère, qui me donne toujours l'espoir de vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi.

A mon très cher père, pour son soutien, surtout pour son sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de mes études.

A mes frères.

A mes précieuses sœurs.

A toute ma grande famille, HAMMOUYA et BEGGUI

A tous mes amis de l'université partout.

A la fin je dédie très chaleureusement ce mémoire à mon binôme ABDELKADER,

ALI



Dédicace

Quoi que de plus que de pouvoir partager les meilleurs moments de sa vie avec les êtres qu'on aime.

Arrivé au terme de mes études, j'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :

A ma très chère mère, qui me donne toujours l'espoir de vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi.

A mon très cher père, pour son soutien, surtout pour son sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de mes études.

A mes frères.

A mes précieuses sœurs.

A toute ma grande famille, Smaania et Ben remilli

A tous mes amis de l'université partout chaque un a son nom.

Et sans doute, à mes très chers amis de BERRIANE

A la fin je dédie très chaleureusement ce mémoire à mon binôme Ali.

ABDELKDER



Résumé

L'opération de forage est une opération délicate et coûteuse et dont le but est de rendre un réservoir accessible. Ce qui fait appel à plusieurs spécialités et techniques pour minimiser le coût du puits.

Le liner (colonne perdue ou suspendue), c'est l'une de ces techniques qui diminue considérablement le coût du forage par rapport au cas de la descente d'une colonne complète, c'est une technique utilisée depuis longtemps, en ce puits on a utilisé le liner hanger 7" et ses paramètres de mesures.

Dans ce travail nous allons suivre la réalisation d'un programme de forage d'un puits pétrolier, celui du puits **RDC#12** avec descente et cimentation d'un liner 7", et en parlant aussi de l'expandable liner hanger comme une innovation dans la technique du liner.

Notre travail se termine par le contrôle de la cimentation .et on a fait la remède les points mal par la cimentation squeeze.

Summary

The operation of drilling is a delicate and expensive operation and the purpose of which is to return an accessible reservoir. What calls on to several specialities and techniques to minimize the cost of the well.

The liner (lost or suspended column), it is one of these techniques that decreases considerably the cost of the drilling with regard to the case of the descent of a complete column, it is a technique used for a long time, in this well we used the liner hanger 7" and his(her,its) parameter of measures.

In this work we are going to follow the realization of a program of drilling of an oil well, that of the well RDC*12 with descent and cementation of a liner 7".

Our work ends by the control of the cementation. And we made remedy by the squeeze cementation

ملخص

عملية التنقيب هي عملية استغلال و استخراج الموارد الطبيعية من الخزانات الجوفية وتعتبر دقيقة وجد مكلفة, تتم هذه العملية بعدة تقنيات مع المراعات في ذلك تخفيض تكلفة البئر. القناة المعلقة هي إحدى التقنيات التي تسمح بتخفيض تكلفة الحفر بعدم استعمال القناة كاملة , و هذه التقنية تستعمل منذ زمن طويل.

في هذا البئر استعملنا قناة معلقة ذات 7" مع ضوابط قياساتها كما اننا استعملنا برنامج الحفر للبئر (RDC #12) مع إنزال و سمنتت القناة ذات 7" , و كذلك إدراج خفت هذه القناة .

في الاخير قمنا بمراقبة عملية السمنتنة فتحصلنا على نتائج سلبية في بعض الاماكن,فقمنا بالمعالجة و المتمثلة في تطبيق

احدى انواع السمنتنة الخاصة.

Sommaire

Remercîment	I
Liste des tableaux	II
Abréviations	III
Introduction.....	1
Chapitre I : Généralités sur le tubage et la cimentation et liner	
I. Tubage	2
I.1. Définition.....	2
I.2. Rôle du tubage	2
I.3. Les différentes colonnes de tubage	3
I.4. Harmonisation des diamètres	3
II. Généralité sur la cimentation.....	3
II.1.Introduction.....	3
II. 2.Buts de la cimentation	3
II. 3.Différents types de cimentation	3
II. 3.1. Cimentation au Stinger	3
II. 3.2.Cimentation primaire	3
II. 3.3.Cimentation étagée	4
II. 3.4.Cimentation sous pression	4
II. 3.5.Bouchons de ciment	4
II.4. Les équipements de préparation et pompage de ciment	4
II. 4.1.Les unités de cimentation	4
II. 4.2.Les lignes de cimentation	5
II. 4.3.Tête de cimentation.....	5
III. Liner	5
III.1. Définition liner :	5
III.2. Avantages du liner	6
III.3. Inconvénients du liner	7
III.4. Utilisation des liners	7
III.5. Composition d'un liner	8
III. 5.1. Le manchon de pose	8

III. 5.2. Le liner top packer.....	8
III. 5.3. Dispositif de suspension (liner hanger)	9
III. 5.4. Liner hanger mécanique	9
III. 5.5. Liner hanger hydraulique	9
III. 5.6. Le joint rotatif (liner swivel).....	10
III. 5.7. L’anneau de retenue (landing collar)	10
III. 5.8. Le sabot (set shoe)	10
III. 5.9. L’outil de pose (setting tool)	10
III. 5.10. La garniture de pose (setting string)	11
III. 5.11. La tête de cimentation (cementing head)	11
III. 5.12. Les bouchons de cimentation.	12
III.6. Description du Liner et sa mise en œuvre.....	13
III. 6. 1. Habillage de la colonne	13
III.7. Choix des composants du liner.....	14
III.7. 1. Conditions du puits.....	14
III.7. 2. Composition du liner.....	14

Chapitre II : Ciments et laitiers pétroliers

II. 1. définitions et caractéristiques de ciments et laitiers	15
II.1.1. Définition du ciment	15
II.1.2. Les caractéristiques du laitier de ciment	15
II.1.3. Les différentes classes de ciment selon API.....	17
II. 2. L’eau de gâchage (fabrication)	18
II. 3. Additifs pour ciments pétroliers	19
II. 4. Différentes types de laitier.....	20
II. 4.1. Critères de choix du laitier	20
II. 4.2. Les différents types de laitiers de ciments	20
II. 5. Fluide intermédiaire (preflushspacer)	20

Chapitre III : Description de puits

III. 1. Description générale.....	22
-----------------------------------	----

III. 2. Le champs et chantier d'étude.....	22
III. 3. Le puits d'étude	22
III. 3.1. Position de puits RDC-12	22
III. 3.2. Les coordonnées dans le tableau suivant	23
III. 4. Programme de forage	24
III. 5. Leliner7"	25
III. 6. Les étapes de descente et d'ancrage du liner 7" puits RDC12.....	26
Chapitre IV : Calcule de la cimentation	
IV. 1. Calcul de cimentation	28
IV. 1.1. Calcul du volume de spacer à injecter et leur formulation	30
IV. 1.2 Calcul du volume de laitier à injecter et leur formulation	31
IV. 1.2.1. Calcul de la quantité de ciment et le volume d'eau douce utilisée ...	32
IV. 1.3. Calcule le volume de la boue de chasse à injecter et leur formulation.	33
IV. 1.4. Calcul du nombre de Reynolds pour déterminer le régime d'écoulement de laitier.....	34
IV. 2. Calcul le temps de cimentation	35
IV. 2.1. Le temps de mixage	35
IV. 2.2. Calcul du temps d'injection du laitier et le fluide intermédiaire.....	35
IV. 2.3. Calcul du temps de chasse	35
IV. 3. Calcul de la durée totale de cimentation	35
Chapitre V : évaluation et analyse de la cimentation	
V. 1. Interprétation de diagraphie de puits RDC12.....	37
V. 1.1. Présentation de la diagraphie CBL et VDL utilisé dans le cas de puits RDC12	37
V. 1.2. Le Cément Bond Log (CBL) et le Variable Density Log (VDL)	37
V. 1.3. Principe du CBL-VDL.....	37
V. 2. Problèmes de cimentation de liner 7 " puits RDC12	38
V. 2 .1. Description des opérations effectuées et les incidents rencontrés.....	38
V. 3. squeeze pour éviter une autre venue.....	39
Conclusion.....	42
Liste des figures	

Références bibliographiques

Resumé

Liste des tableaux

N°	Titre de tableau	PAGE
I.1	Diamètre nominal	2
I.2	Harmonisation des diamètres	3
II.3	Les différentes classes de ciment selon API	18
III.4	Les coordonnées dans puits	23
IV.5	les pourcentages et valeurs de s additif de spacer	30
IV.6	les valeurs de volume de laitier	32
IV.7	la desite des additif de ciment	33
IV.8	les valeurs des additifs de ciment	33
IV9	les volume chasse	34
V.10	Tableau de tempe de squeeze	40

Liste des figures

Fig.N°	Titre de figure	Page
I.1	Différentes colonnes de tubage	2
I.2	le liner	6
I.3	Raccordement d'une colonne au liner	6
I.4	Scab liner	7
I.5	Raccordement de deux liners	7
I.6	Composition d'un liner	8
I.7	Ensemble packer setting et PBR	9
I.8	Hangre mécanique	9
I.9	Hangre hydraulique	9
I.10	liner swivel	10
I.11	Landing collar	10
I.12	Set shoe	10
I.13	Le setting tool mécanique	11
I.14	Le setting tool hydraulique	11
I.15	La tête de cimentation	12
I.16	Le bouchons (flag sub)	12
I.17	wiper plug	12
I.18	pump down plug	12
I.19	Deux types de centreur	13
I.20	les types de stop Collars	13
I.21	Eléments d'habillage de la colonne	13
III.22	Situation Géographique champ de rhourdechega	23
III.23	Programme de forage	24
III.24	Position de line 7"	25
IV.25	Schéma volume de laitier	29
V.26	Outil de diagraphe CBL et VDL	37
V.27	principe de contrôle de ciment	38
V.28	Programme de squeeze	41

Liste d'abréviation

RDC : Rhoudechegga

API : American r Institute

HMC : hydroxy- méthyl-cellulose

CMC : carboxy méthyl-cellulose

Re : nombre de reynolds

Rpm : tour par minute

CBL: Cément Bond Log .

VDL: Variable Density Log.

BOP:blow-out preventers

PRB: Polish Bore Receptacle

HMD :Hassi Messaoud

Chiksans :racord des conduites.

Liner :colonne perdue.

liner hanger : liner suspendue

chanling :la contamination entre la boue et le laitier

open hole :découvert

INTRODUCTION

Introduction

Le forage des puits d'huile et de gaz prennent la part la plus grande de l'investissement dans le domaine pétrolier, la durée de vie d'un puits dépend plusieurs facteurs tel que la cimentation.

La cimentation d'une colonne de tubage c'est une opération indispensable et importante pendant la réalisation d'un puits de forage. Sa réussite est un facteur déterminant pour la poursuite de l'étape suivante selon le programme de forage-tubage du puits, on adapte un type de cimentation, pour chaque phase.

Pour assurer cette réussite une suite chronologique des opérations il est nécessaire à respecter après la préparation des outils et matériaux de cimentation cette dernière sa demande un approvisionnement suffisant avec le ciment, l'eau et additifs.

Donc des Operations des calculs exactes deviennent obligatoires pour garder une optimisation technico-économique applicable pour notre projet, c'est-à-dire assurer une réussite technique et un bon gain économique

Notre étude présente un exemple détaillé de la technique de « cimentation d'un Liner 7'' et déférents calculs » qui sera illustrée par un cas de forage du puits RDC#12 champ de Hassi Messaoud.

Ce travail est structuré en deux grandes parties :

- Une partie théorique sur :
 - ✓ Généralités sur le tubage et la cimentation et liner
 - ✓ Ciments et laitiers pétroliers.
- Une partie d'application sur :
 - ✓ Description générale et étapes cimentation liner 7
 - ✓ Calculs et résultats
 - ✓ Evaluation et analyse de cimentation de liner 7''.

En fin dans une conclusion résume les principales étapes traitées, le résultat principal obtenu dans ce travail.

CHAPITRE I

*Généralités sur le tubage et
la cimentation et liner*

I. Tubage :

1. **Définition :** On appelle tubage l'opération qui consiste à descendre dans le puits une colonne de tubes. L'espace annulaire ainsi créé sera rempli de ciment afin de protéger les parois du trou.

2. **Rôle du tubage :**

Le tubage sert à empêcher les parois du puits de l'effondrement dans le but de continuer le forage sans problèmes.

Le choix des tubages, aussi bien en ce qui concerne leur diamètre que leur résistance, est conditionné par plusieurs facteurs, dont les principaux sont :

- la profondeur prévue,
- les pressions attendues,
- le type d'effluent attendu : huile ou gaz,
- les risques de corrosion.

3. **Les différentes colonnes de tubage :(fig.I.1)**

Les colonnes de tubage sont:

- tube guide,
- colonne de surface,
- colonne technique,
- colonne de production,
- colonne perdue (liner).

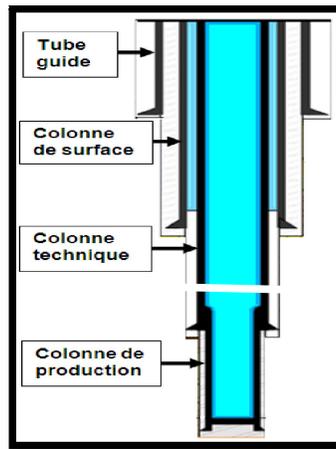


Fig.(I. 1) Différentes colonnes de tubage

Diamètre nominal

Le corps du tube est défini par le diamètre nominal D, ou diamètre extérieur. Les diamètres de tubage (API 5A) sont au nombre de quatorze

Tab(I.1) Diamètre nominal

4"1/2	5"	5"1/2	6"5/8	7"	7"5/8	8"5/8
9"5/8	10"3/4	11"3/4	13"3/8	16"	18"5/8	20"

4. Harmonisation des diamètres :

Tab(I.2) Harmonisation des diamètres

Phase	Diamètre de l'outil (in)	Diamètre de tubage (in)
1 ^{ière}	26"	18" ^{5/8}
2 ^{ème}	17" ^{1/2}	13" ^{3/8}
3 ^{ème}	12" ^{1/4}	9" ^{5/8}
4 ^{ème}	8" ^{1/2}	7"
5 ^{ème}	6"	4" ^{1/2}

II. Généralité sur la cimentation :

1. Introduction :

Cimenter une colonne de tubage consiste à mettre en place un laitier de ciment dans tout ou partie de l'espace annulaire entre le tubage et le trou foré. Ce laitier, après sa prise, assurera la liaison entre le tubage et la formation,

2. Buts de la cimentation :

- fermer les couches à haute pression pour éliminer les risques d'éruption
- isoler les différentes formations pour prévenir le contact des différents fluides
- supporter la colonne de tubage
- protéger le casing contre les fluides corrosifs
- prévenir l'affaissement des parois du puits
- éviter la pollution des nappes phréatiques
- se servir d'appuis pour la tête du puits et les équipements de contrôle

3. Différents types de cimentation :

3.1. Cimentation au Stinger :

La cimentation au stinger est utilisée dans les colonnes de surface de grands diamètres.

Exemple : Colonne 18^{5/8} dans un trou 24" ou 26", dans le but de :

- réduire l'excès de ciment
- éviter la contamination
- réduire la durée de cimentation

3.2. Cimentation primaire :

Les laitiers de ciment ainsi injectés s'écoulent à travers le sabot pour remonter ensuite dans l'annulaire. L'anneau de retenue, comme son nom l'indique sert d'épaulement aux bouchons racleurs inférieur et supérieur qui encadre le volume de laitier dans le casing.

3.3. Cimentation étagée :

La cimentation à double étage est utilisée:

- si les formations sont fragiles (risques de pertes de circulation ou zones à faibles pressions),
- si les hauteurs d'annulaires à cimenter sont importantes (contamination du laitier),
- si deux types différents de laitiers doivent être mis en place.

3.4. Cimentation sous pression : (squeeze)

C'est la mise en place d'un laitier de ciment sous pression à un point donné du puits. Le but de l'opération est de remédier à un défaut d'étanchéité ou de créer une nouvelle étanchéité (perforation d'une couche dépletée). Cette opération consiste à appliquer de la pression sur une formation perméable pour que le laitier se déshydrate progressivement et forme un cake de ciment faisant prise et colmatant les défauts d'étanchéité ou les zones à pertes.

3.5. Bouchons de ciment:

Les bouchons de ciment trouvent de nombreuses applications, soit en cours de forage, soit après la production d'un puits.

Parmi ces applications nous pouvons citer :

- colmatage de zones à pertes,
- isolation de zone à Problèmes,
- bouchon d'abandon,
- déviation,
- ancrage d'un packer en trou ouvert.

4. Les équipements de préparation et pompage de ciment :

4.1. Les unités de cimentation :

Les unités de cimentation permettent d'effectuer simultanément :

- le mixage du ciment et des additifs afin d'obtenir un laitier correspondant aux caractéristiques désirées pour chaque type particulier d'opération ;
- le pompage du laitier obtenu avec une grande flexibilité de vitesse et pression de pompage.

Ces unités de pompage sont composées de deux pompes Triplex à grand débit et hautes pressions montées soit sur camion soit sur skid.

4.2. Les lignes de cimentation:

Les chiksans ou conduites métalliques peuvent généralement supporter des pressions élevées, mais ils ne sont pas faciles à manier et les rotules supportent mal les à-coups provoqués par les pompes de cimentation, ce qui finit souvent par provoquer des fuites.

4.3. Tête de cimentation : (cementinghead) [1]

Elles sont généralement conçues pour contenir deux bouchons ; plusieurs capacités de pression sont disponibles en accord avec les capacités du casing.

Les systèmes de retenue des bouchons sont constitués soit par une tirette de retenue qui est tirée vers l'extérieur pour libérer le bouchon, soit par une demi-bague qui est manœuvrée depuis l'extérieur.

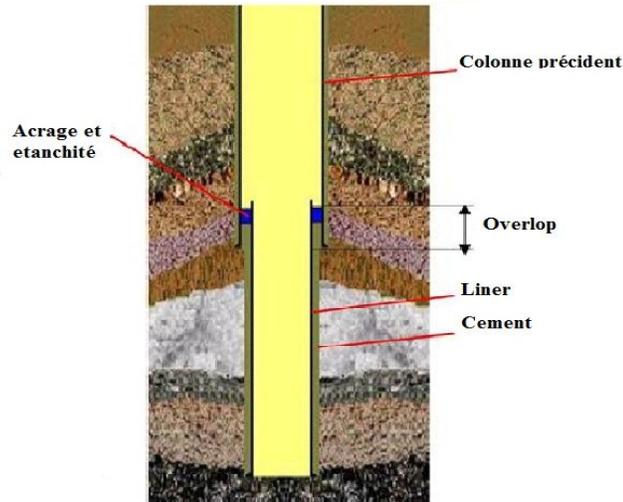
Normalement, il existe sur ces têtes un témoin qui permet de voir le départ du bouchon.

La mise en place et le verrouillage de bouchons dans la tête doit être fait sérieusement, plusieurs cimentations ont été ratées parce que les bouchons sont partis intempestivement ou qu'ils ne sont pas partis du tout.

III. Liner

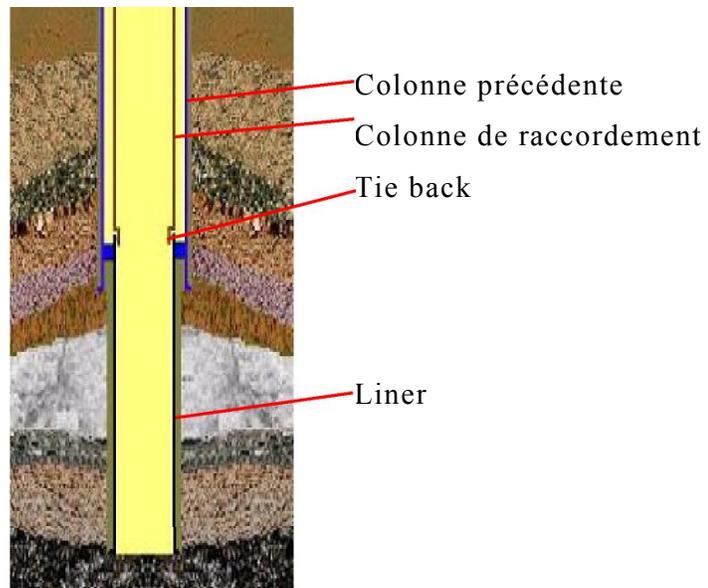
1. Définition liner :

Un liner est une colonne perdue de hauteur limitée, à l'intérieur du tubage précédent. Il est cimenté avec un recouvrement dans le qui ne remonte pas jusqu'à la tête de puits, mais sur une dernier tubage (over lap), 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, toute fuite d'effluent derrière la colonne perdue. Quelquefois, cette étanchéité est renforcée par l'utilisation d'une garniture supplémentaire (packer) tout en haut de la colonne perdue.



Fig(I.2): le liner

Le tubage au-dessus du liner s'affaiblit, il est possible de descendre une autre colonne de même diamètre que le liner et la raccorder à ce dernier par l'intermédiaire d'une extension contenant des garnitures d'étanchéité (tie-back), de manière à obtenir une colonne continue, depuis le fond jusqu'à la surface (fig.I.3)



Fig(I.3) : Raccordement d'une colonne au liner

2. Avantages du liner :

- une descente rapide, ce qui réduit les risques de coincement dus à l'arrêt de circulation.
- le coût est réduit.

- 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.

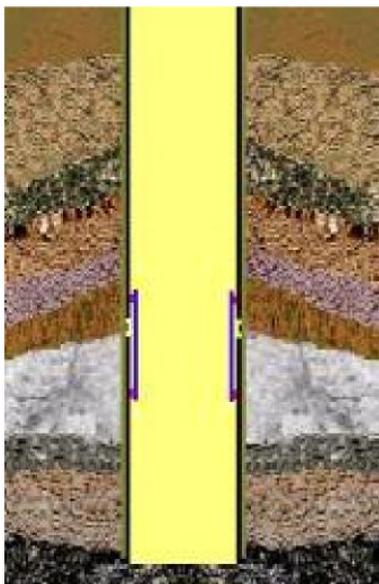
3. Inconvénients du liner : Les principaux inconvénients sont :

- 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.

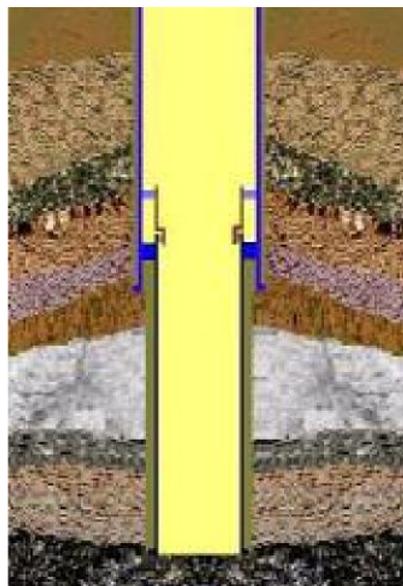
4. Utilisation des liners :

Le liner peut être utilisé pour couvrir une partie du découvert comme une colonne normale pour permettre la poursuite du forage

Il existe deux types raccordement (**scab liner**) (fig.I.4) et raccorder un deuxième par l'intermédiaire d'un tie-back (fig.I. 5).



Fig(I.4): Scab liner



Fig(I.5): Raccordement de deux liners

5. Composition d'un liner :

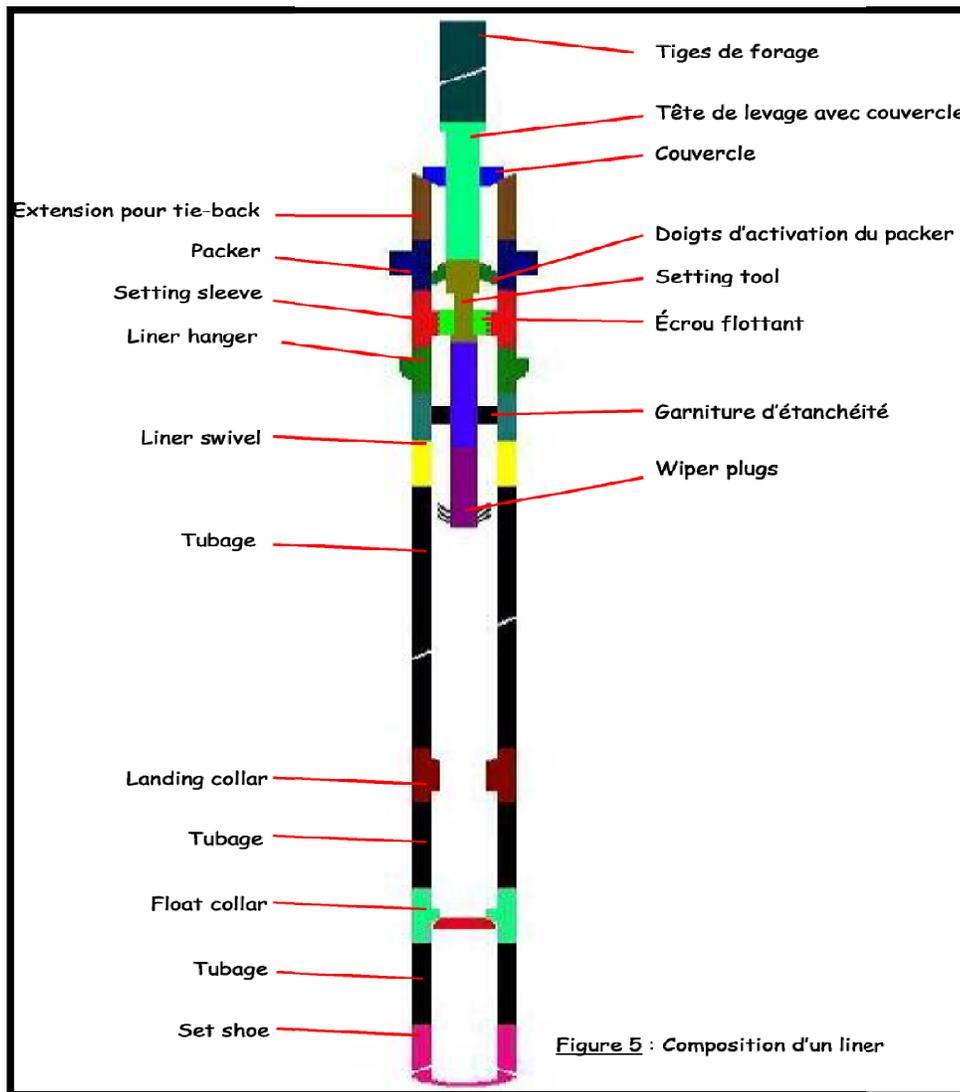
En général un liner doit comporter les éléments suivants (fig. I.6)

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

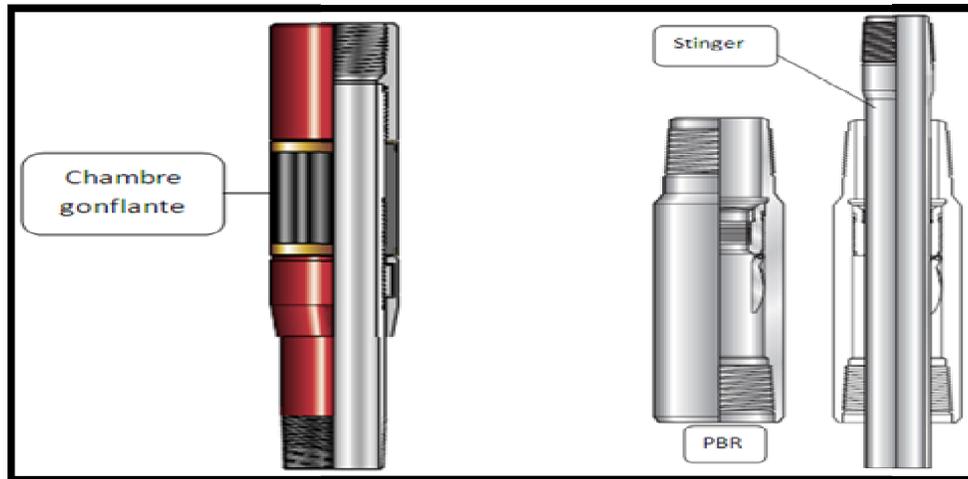
Vissé à la tête du liner, ce dispositif sert à la connexion de ce dernier aux tiges de forage par l'intermédiaire de l'outil de pose pour le descendre et l'ancrer.

5.2. Le liner top packer :

Le liner top packer peut être ou non solidaire du setting sleeve (fig.I. 7). Il est utilisé dans le but de renforcer l'étanchéité derrière le liner, au-dessus du ciment.



Fig(I.6): Composition d'un liner



Fig(I.7) : Ensemble packer setting et PBR [2]

5.3. Dispositif de suspension (liner hanger) :

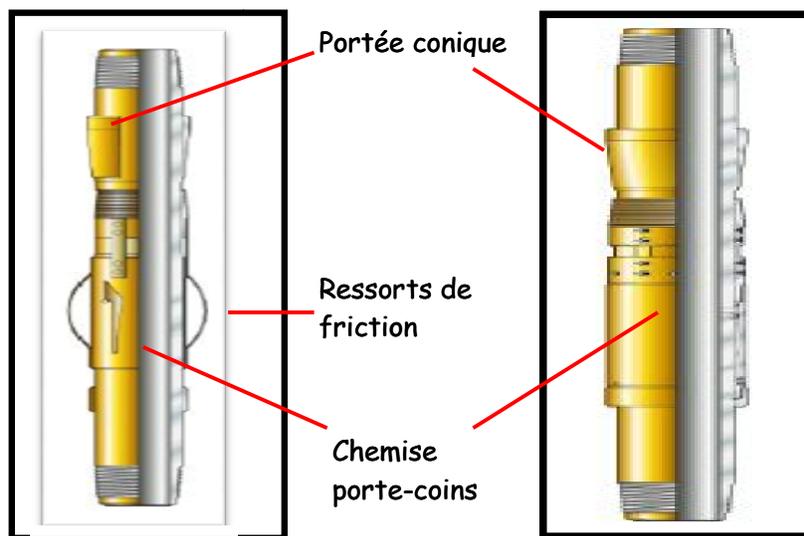
Le liner hanger sert à suspendre le liner dans le tubage précédent, et, par conséquent, doit supporter son poids.

5.4. Liner hanger mécanique (Fig.I. 8) :

C'est un hanger qui s'ancre par rotation et translation. Il comporte une cage porte-coins munies de ressorts de friction dans l

5.5. Liner hanger hydraulique (Fig.I. 9) : [3]

Ce type de suspension s'ancre par l'augmentation de la pression à l'intérieur du liner.



Fig(I. 8): Hangre mécanique

Fig(I.9) :hangre hydraulique

5.6. Le joint rotatif (liner swivel) (Fig.I. 10) :

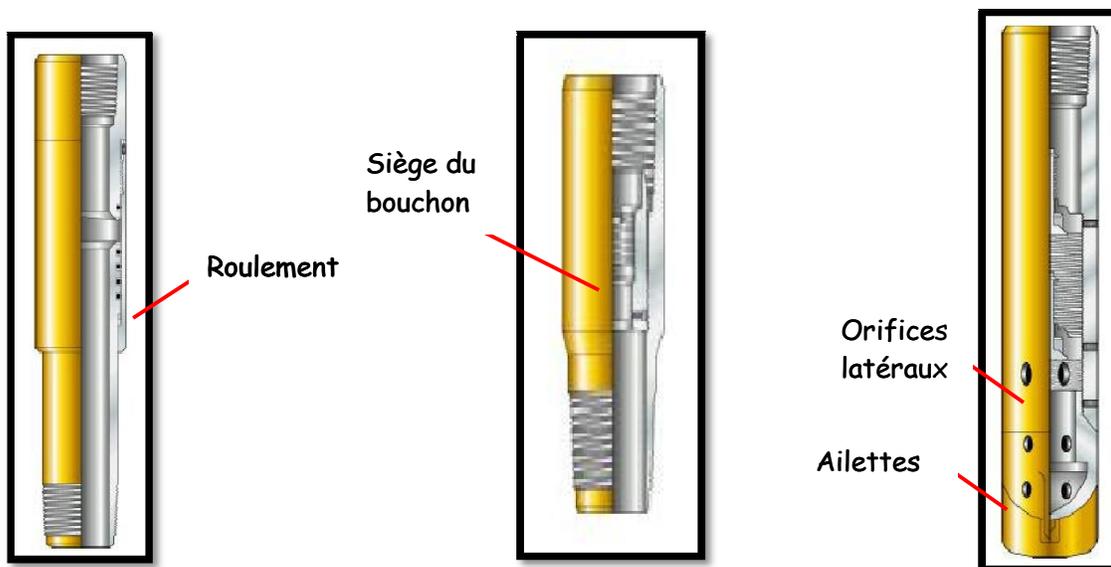
Lors de la descente du liner à suspension mécanique dans le découvert, si l'on pose accidentellement et le liner tourne, on risque d'ancrer le hanger plus haut.

5.7. L'anneau de retenue (landing collar) (Fig.I. 11) :

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.

5.8. Le sabot (set shoe) (Fig.I. 12) :

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.



Fig(I. 10):liner swivel

Fig(I.11): landing collar

Fig(I. 12):set shoe

5.9. L'outil de pose (setting tool) :

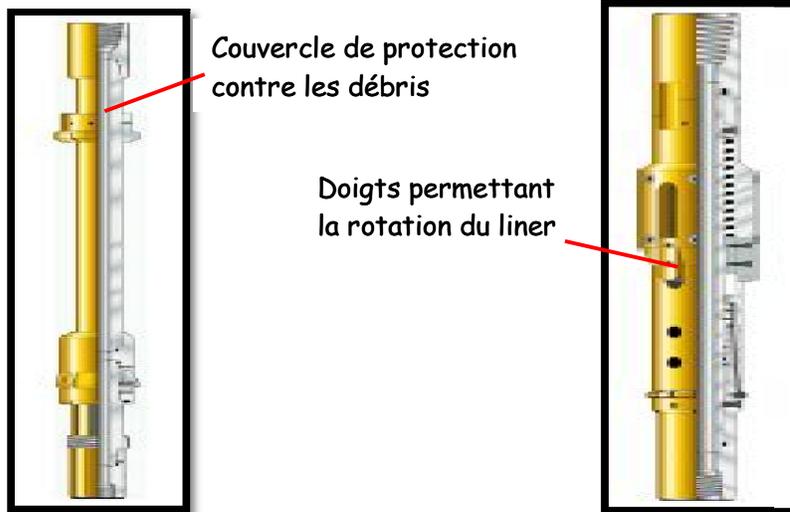
Il sert à :

- Relier le liner aux tiges :

Pour cela, le **setting tool mécanique** possède (Fig.I. 13) 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.

Le **setting tool hydraulique** possède (Fig.I. 14) une collerette qui s'engage dans une gorge de la setting sleeve et qui se libère hydrauliquement.

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



Fig(I. 13): le setting tool mécanique

Fig(I. 14):le setting tool hydraulique

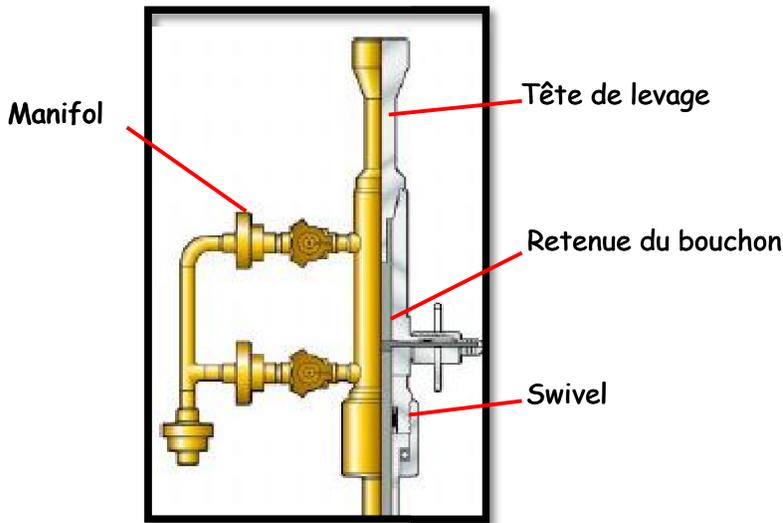
5.10. La garniture de pose_(setting string) :

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.

5.11. La tête de cimentation (cementing head) :

Vissée au top de la garniture de forage, la tête de cimentation (Fig.I. 15) contient le(s) bouchon(s) de cimentation par les tiges (pump down plug) et, si le dispositif d'ancrage est hydraulique, la bille de mise en pression.

Elle peut être équipée d'un dispositif qui signale le départ des bouchons (flag sub) (Fig.I. 16) et d'un système autorisant la rotation du train de tige.



Fig(I.15):La tete de cimentation

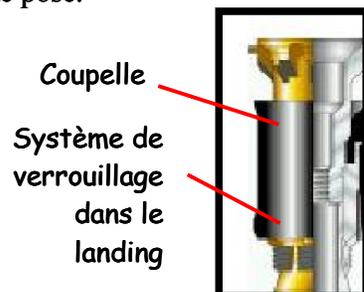


Fig(I. 16):Le bouchon(flag sub)

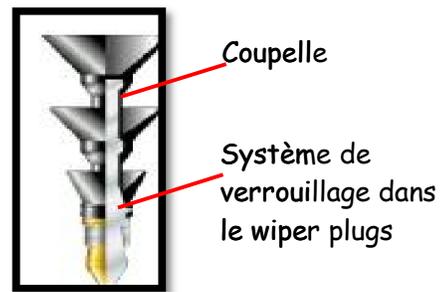
5.12. Les bouchons de cimentation :

Du fait de la différence considérable entre les diamètres intérieurs tiges et liner, il est nécessaire d'utiliser deux bouchons complémentaires de diamètres différents pour n'en former qu'un seul ensemble dans les tubes du liner. Le premier bouchon (liner wiper plug) (fig.I. 17) est attaché tout au bout de l'outil de pose. Il possède des coupelles qui servent à essuyer l'intérieur du liner et un trou central qui permet le passage des fluides de circulation et dans lequel vient s'ancrer le bouchon de cimentation des tiges (pump down plug). Ce bouchon peut comporter, à sa base, un système qui lui permet de se verrouiller dans le landing collar.

Le deuxième bouchon (pump down plug ou drill pipe dart) (fig.I. 18) est placé dans la tête de cimentation. 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.



Fig(I.17): wiper plug

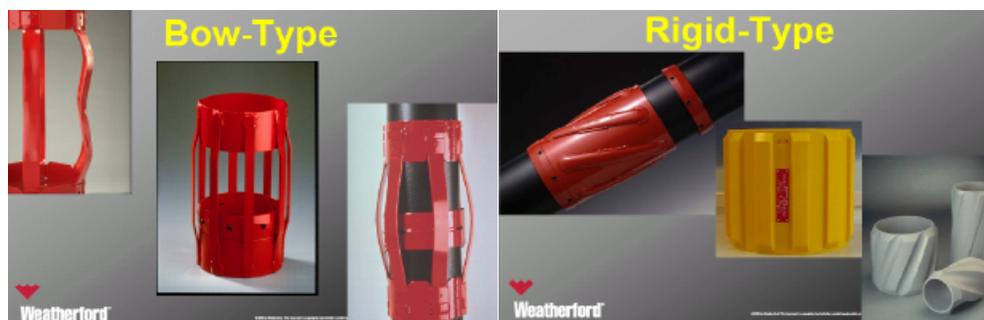


Fig(I.18): pump down plug

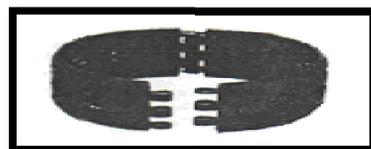
6. Description du Liner et sa mise en œuvre:

6. 1. Habillage de la colonne :

- Un centreur souple spiralé placé sur chaque tube (fig.I. 19).
- Sabot (Shoe) à clapet anti-retour vissé sur le premier tube à descendre dans le puits
- Anneau de retenue (Float collar) à clapet anti-retour vissé sur le manchon du premier tube.
- Landing collar vissé sur le manchon du troisième tube. Il permet de retenir les bouchons de cimentation en fin d'opération (fig.I.20).
- Deux stop collars fixés aux extrémités de chaque cent



Fig(I.19): Deux types de centreur

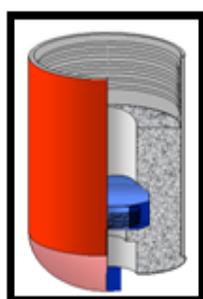


Stop Collars à broches

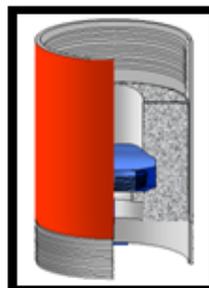


Stop Collars à vis

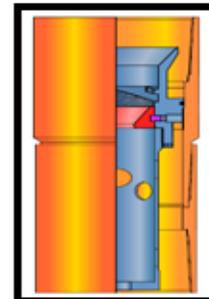
Fig(I.20) : les types de stop Collars



Sabot



Anneau de retenue



Landing Collar

Fig(I. 21): Eléments d'habillage de la colonne [4]

7. Choix des composants du liner:

Le matériel est sélectionné en fonction des conditions du puits et de la composition du liner avec lequel il va être descendu.

7. 1. Conditions du puits :

- Frottements : qui sont dus généralement à la mauvaise géométrie du puits (dog-legs, cavages, dépôts de cake, trou de serrure), à la nature de la formation (argile gonflante et fluente qui se rétrécissent après le forage) et au profile du puits ou une trajectoire relativement déviée, la garniture du liner a tendance à se coucher sur les parois du puits.
- La pression : les équipements à fonctionnement par pression sont limités par les conditions de fond. pour les puits à gaz de forte pression, il y a risque de fonctionnement prématuré dû à l'augmentation de pression (par exemple venue), dans ces cas il faut minimiser l'utilisation de ces équipements et agir sur leurs pression de service.

7. 2. Composition du liner:

Le premier choix de la composition du liner se fait sur le système d'ancrage du liner, qui est déterminé en plus des conditions du puits, les caractéristiques du casing dans lequel il sera descendu: drift, grade de l'acier au niveau de l'ancrage.

- ✓ Le setting tool
- ✓ Le packer de liner
- ✓ Cementing pack off :

Le choix du type et du nombre de bouchons est déterminé par :

- Le diamètre intérieur du liner et de la garniture de pose
- Le nombre de couple pump down plug/wiper plug

CHAPITRE II

Ciments et laitiers pétroliers

1. définitions et caractéristiques de ciments et laitiers :**1.1. Définition du ciment :**

Les ciments sont des liants hydrauliques, c'est à dire qu'au contact de l'eau, leurs constituants minéralogiques s'hydratent en formant une pâte ou laitier qui durcit et devient un matériau doué de propriétés mécaniques capables de lier d'autres matériaux.

Les propriétés du laitier et du matériau dur dépendent de la nature des hydrates formés. Elles sont également fortement influencées par la pression et température, ce qui est le cas dans les puits de forage. Il est donc indispensable de tenir compte de ce phénomène.

1.2. Les caractéristiques du laitier de ciment : [1]**A/ La densité:**

La densité du laitier peut être calculée très simplement à partir de la densité de poudre de ciment, de celle de l'eau de gâchage, et de celles des différents additifs entrant dans la composition du laitier.

$$d_L = \frac{M_c + V_E \cdot d_E + \sum M_{AD}}{\frac{M_c}{d_c} + V_E + \sum V_{AD}} \quad [5]$$

M = Masse (kg) c = Ciment

V = Volume (l) E = Eau

d = Densité AD = Additifs

L = Laitier

B/ Rendement :

C'est le volume de laitier obtenu par tonne de ciment. On ne le mesure pas, il se calcule simplement par la formule :

$$R = 1000 \times \frac{\frac{M_c}{d_c} + V_E + \sum V_{AD}}{M_c} \quad [5]$$

Exprimé en l/t

Précisons que tous produits, autres que le ciment, est considéré comme un additif même s'il apparaît en grande quantité (farine de silice, allégeant, ...)

C/ La thixotropie :

Les laitiers de ciments thixotropiques ont une grande capacité de développer un gel qui se forme rapidement en l'absence d'agitation ou d'écoulement. Ce gel est détruit après agitation. L'emploi de laitier de ciment thixotropique paraît adapté aux problèmes de pertes dans des terrains fissurés. Par la gélification du laitier dans les fissures et qui empêche par la suite le cheminement du gaz et d'autres fluides de formation

Densités légèrement plus basses que celles des laitiers classiques.

D/ Le filtrat :

Le laitier de ciment est une suspension de solides dans l'eau. De ce fait, placé devant une formation perméable, et soumis à une pression, il va perdre une quantité plus ou moins grande d'eau. Le phénomène de filtration va entraîner une déshydratation prématurée du laitier qui pourra devenir impompable et fera prise dans de mauvaises conditions.

La filtration du laitier de ciment est mesurée comme celle de la boue avec un filtre-presse API à température ambiante et sous 7 bars ou d'un filtre-presse HP-HT, lorsqu'on veut simuler les conditions de fond.

E/ L'eau libre :

Après sa mise en place dans le puits, le laitier de ciment a tendance à se précipiter et à former un anneau d'eau à la partie supérieure de la gaine de ciment. Ce phénomène est dû à la différence de densité des différents produits composants du laitier. L'eau, étant de densité la plus faible par rapport aux autres particules, remonte à la partie supérieure de la colonne de ciment.

Ce phénomène d'eau libre est plus néfaste dans les drains horizontaux.

F/ Le temps de pompabilité :

C'est le temps mis par le laitier, maintenu en agitation sous conditions de pression et de température, pour atteindre une consistance de 100 Poises. Pratiquement, il correspond à la durée pendant laquelle le laitier reste pompable.

Le temps de pompabilité d'un laitier est estimé à l'aide d'un consistomètre tout en tenant compte des paramètres influençant sur la prise (l'agitation, la pression et la température qu'il subira lors de son refoulement dans le puits).

G/ La résistance à la compression :

Le ciment doit supporter :

- Les vibrations dues au forage et aux perforations

- Les contraintes dues à la pression régnant à l'intérieur du tubage
- Les contraintes dues aux différences de températures entre l'intérieur et l'extérieur de la gaine de ciment

Ces contraintes dépendent des conditions du puits et peuvent nécessiter des résistances supérieures à 100 bars.

H/ La perméabilité :

La perméabilité est définie comme étant l'aptitude d'un ciment durci à se laisser traverser par les fluides.

Elle dépend du type de ciment, des conditions de pression et température, de l'âge du ciment.

La perméabilité d'un ciment durci évolue parallèlement à sa résistance à la compression.

La perméabilité doit être la plus faible possible afin que le ciment remplisse sa fonction d'étanchéité.

I/ Hydratation du ciment :

Décrire en détail les réactions physico-chimiques qui ont lieu lors de l'hydratation du ciment Portland est totalement impossible. Il faut bien savoir, en effet, que la réaction d'hydratation du ciment n'a rien de comparable, par exemple, à la prise du plâtre qui est une réaction chimique simple et bien connue :



L'hydratation du ciment est en fait une succession complexe d'équilibres chimiques instables qui ne sont d'ailleurs pas encore complètement connus.

Toutefois on ne peut pas parler du ciment sans expliquer, même brièvement, ce qui se passe lorsqu'il fait prise et qu'il durcit. Aussi nous faisons ici une sorte de synthèse simplifiée, de tout ce que nous avons pu lire dans les ouvrages spécialisés et qui puisse expliquer clairement les comportements du ciment que nous avons pu observer lors de notre étude.

1.3. Les différentes classes de ciment selon API:

L'American Petroleum Institute (API) a établi un classement de ciments pour sondages basé principalement sur la profondeur d'utilisation, comme il est présenté dans le tableau suivant :

Tab(II.3). Les différentes classes de ciment selon API

Classe	Utilisation
A	Utilisé de 0 à 1830 m lorsque des propriétés spéciales ne sont pas nécessaires. Type ordinaire
B	Utilisé de 0 à 1830m lorsque les conditions nécessitent un ciment à résistances moyenne a forte aux sulfates
C	Utilisé de 0 à 1830m lorsque l'on désire une forte résistance initiale a la compression. Existe en faible, moyenne et forte résistance aux sulfates.
D	Utilisé de 1830 à 3050 m lorsque la température et la pression sont moyennement fortes. Existe en moyenne et forte résistance aux sulfates.
E	Utilisé de 3050 à 4270 m pour les fortes températures et pressions. Existes en moyenne et fortes résistances aux sulfates.
F	Utilisé de 3050 à 4880 m pour les très fortes températures et pressions. Existes en moyenne et fortes résistances aux sulfates.
G	Utilisé de 0 à 2440 m, est un ciment de base. Il peut être utilisé avec des accélérateurs ou retardateurs de prise pour couvrir une grande gamme de profondeurs et de températures. Existes en moyenne et fortes résistances aux sulfates.
H	Utilisé de 0 à 2440 m, est un ciment de base. Il peut être utilisé dans les mêmes conditions que le ciment de classe G. il n'existe qu'en moyennes résistances aux sulfates.
J	Utilisé de 3660 à 4880 m pour des températures et pression extrêmement élevées. Existe uniquement en type résistant aux sulfates.

2. L'eau de gâchage (fabrication) :

L'eau est un diluant principale lors de la préparation du laitier, elle peut être de l'eau douce, saumure saturée ou semi-saturée.

L'eau douce est compatible avec tous les additifs et présente de bonnes caractéristiques mécaniques mais ne donne pas une bonne adhérence du laitier aux formations salifères pour lesquelles on fait appel a une saumure saturée mais l'incompatibilité du laitier avec un grand nombre d'additifs, filtrat pratiquement incontrôlable, chute des caractéristiques mécaniques et l'effet retardateur important à basse température demeurent ses inconvénients.

Pour cela on opte pour une eau de gâchage semi-saturée qui sert de compromis.

Généralement, l'eau de gâchage utilisé est celle du chantier.

Le prestataire service cimentation doit prélever un échantillon pour l'analyser au laboratoire.

3. Additifs pour ciments pétroliers : [1]

On est couramment amené à utiliser un certain nombre d'additifs, pour adapter les caractéristiques du ciment aux différentes conditions d'utilisation.

Ces additifs peuvent être classés comme suit :

- **Accélération** : leur rôle est d'accélérer la prise du ciment à basse température. Le plus courant est le chlorure de calcium.

Température de fond de puits, soit un effet accélérateur dû à un autre additif risquerait de réduire dangereusement le temps disponible à la mise en place.

- **Agents allégeant** :

Ce sont des matières inertes légères mélangées au ciment dont l'effet est d'une part de réduire la densité des laitiers, d'autre part d'en réduire les coûts. Par contre, la plupart des allégeant ont un effet sur le temps de prise et sur la résistance à la compression du ciment. Il sera souvent nécessaire de compenser par des additifs appropriés.

- **Agents de contrôle de filtration** :

Us évitent la perte d'eau du laitier par filtration dans les formations perméables, ce qui risque de déclencher, soit une prise intempestive, soit une absence de prise due à l'absence d'eau nécessaire à l'hydrolyse et à la cristallisation des composants du ciment.

- **Agents alourdissant** :

Ils servent à augmenter la densité d'un laitier. Ils sont inertes et mélangés au ciment sec.

- **Retardateurs** :

Ils retardent la prise d'un ciment et accroissent par là même le temps de pompabilité dont l'on pourra disposer pour sa mise en place, au cas où, soit une haute

- **Agents divers** :

a) **Les fluidifiants** : qui compensent une trop grande viscosité ou une tendance à gélifier de certains laitiers, et facilitent l'établissement de régimes d'écoulement turbulents lorsqu'ils sont exigés.

b) **–moussants** : qui évitent l'excès de mousse produite au mixage de certains ciments, laquelle risque d'interférer avec le bon fonctionnement des pompes.

c) **Les gélifiants** : qui modifient les caractéristiques thixotropiques de certains laitiers.[1]

4. Différents types de laitier**4.1. Critères de choix du laitier :**

Il est imposé par les paramètres suivants :

- La température statique de fond de trou qui conditionne le temps de prise et donc le temps de pompabilité.
- La température de fond de trou sous circulation, lors de la mise en place du laitier, qui modifie le temps de prise et donc le temps de pompabilité.
- La densité du laitier imposée par les limitations de pression hydrostatique de certaines formations rencontrées.
- La viscosité plastique du laitier et ses caractéristiques de filtrations.
- Les paramètres rhéologiques du laitier.
- Le temps de prise et de développement d'une résistance à la compression.
- La résistance du ciment à divers agents susceptibles de le dégrader :
 - Certaines eaux corrosives.
 - Les hautes températures de fond.

4.2. Les différents types de laitiers de ciments :

A/ Laitiers allégés

B/ laitiers denses ou alourdis

D/ Laitiers basse température

E/ Les laitiers thixotropes

F/ Les laitiers expansifs

G/ Laitiers pour zones à gaz

H/ Laitiers pour massifs salifères

5. Fluide intermédiaire (preflush et spacer) :

Pour avoir une bonne cimentation, il faut que le ciment chasse tout le volume de la boue au tour du casing, mais la boue et le ciment sont généralement incompatibles et leur contact génère des sévères channeling ou la formation des fluides impompable de grande viscosité, pour éviter ces problèmes, l'utilisation des fluides intermédiaires est très importante.

Le fluide intermédiaire déplacé en tête du laitier a pour but de :

- Faciliter le déplacement de la boue dans l'annulaire
- Isoler le laitier de ciment du contact avec la boue pour éviter tout gèle de boue

- Faciliter l'élimination de la boue gelée sur les parois du tubage en assurant un régime turbulent,

En effet, le calcium présent dans le ciment floccule les particules argileuses des boues, causant la formation de bouchon de boue très visqueux. Ces bouchons risquent d'être transpercés par le ciment d'où il peut résulter une mauvaise cimentation.

Les fluides intermédiaires agissent principalement comme tampon pour éviter la contamination de la boue en contact avec le ciment. Son volume est calculé de telle sorte qu'il assure un contact avec la formation pour une durée bien déterminée (7 à 15 mn).

- **Le preflush** : est généralement de l'eau, mélangée avec des surfactants
- **Le spacer** : est un fluide complexe du fait qu'il soit à la fois compatible au laitier et à la boue et il doit avoir de bonnes propriétés rhéologiques pour minimiser la contamination du laitier qui cause de mauvaise cimentation.

CHAPITRE III

Description de puits

1. Description générale :

Le champ de Hassi-Messaoud découvert le 16 janvier 1956 par la SN.Repal par le premier puits MD1 implanté à la suite d'une campagne sismique.

Le 15 Juin 1956, ce forage découvert à 3338 m de profondeur dans les grès cambrien productifs d'huile. En Mai 1957 à 7 km au Nord-Ouest la CFPA confirmait par le forage OM₁ l'existence d'un gisement.

Le gisement est découvert par deux concessions distinctes SN Repal au Sud et la CFPA au Nord.

La mise en production du gisement avait débuté en 1958 avec 20 puits d'exploitation et de puis les forages de développement n'ont pas cessés de se multiplier.

2. Le champs et chantier d'étude :

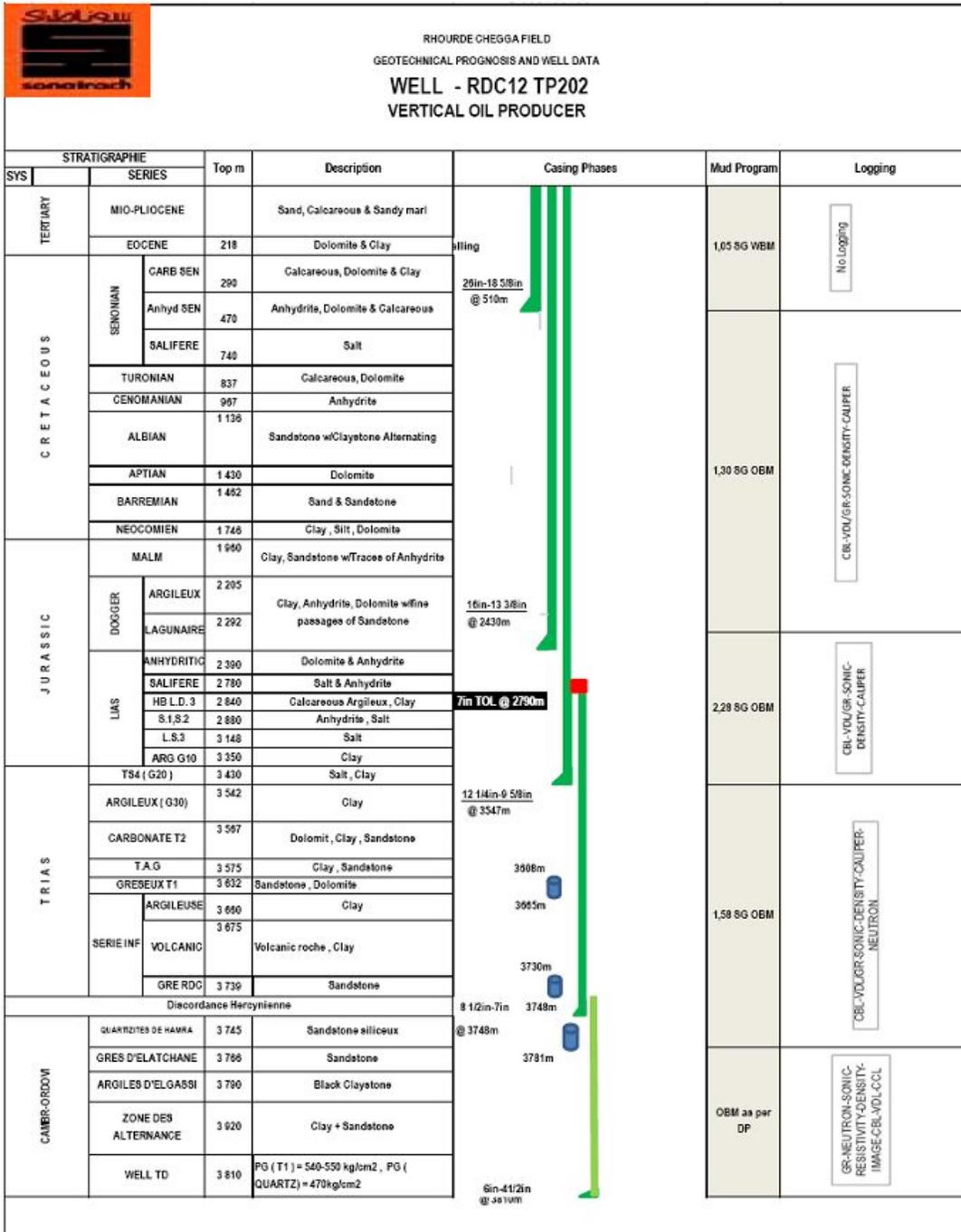
Le champ de Hassi-Messaoud se situe en bordure du grand ERG oriental à 650 km au Sud Est d'Alger et à 350 km de la frontière Tunisienne.

Il s'étend sur 2500 km², entre les coordonnées Lambert sud Algérie 790000 à 840000 Est et 110000 à 150000 Nord, il est encadré par les latitudes 31°.30'et 32°.00' et les longitudes 5°.40'et 6°.20'.

3. Le puits d'étude :**3.1. Position de puits RDC-12 :**

Le puits est implanté sur la partie sud de la structure Rhoudechegga ayant comme objectif principal le réservoir Quartzite Hamra, et comme réservoir secondaire le trias T1.

4. Programme de forage : [6]

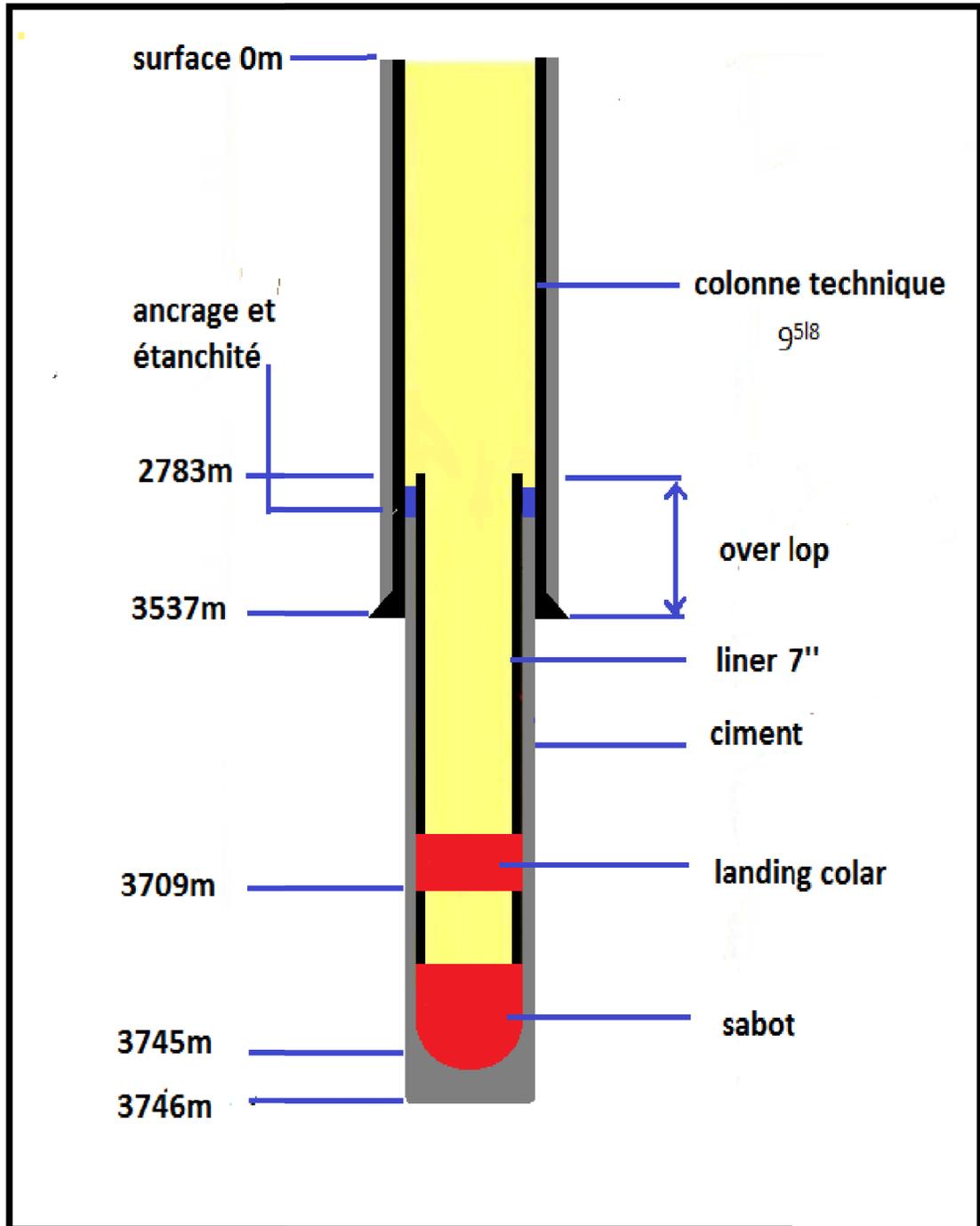


Fig(III.23) Programme de forage

5. Le liner 7" :

Le liner peut être utilisé pour couvrir une partie du découvert comme une colonne normale pour permettre la poursuite du forage

- Un liner est un ensemble de tubes tel qu'une colonne classique de tubage.
-



Fig(III. 24) position de liner7"

6. Les étapes de descente et d'ancrage du liner 7" puits RDC12: [6]

- installation des deux bouchons de ciment dans la tête de cimentation.
- vissage du sabot en utilisant le baker-lock.
- test des clapets anti-retour du sabot.
- remplissage chaque 5 joins.
- il est recommandé de remplir le PBR avec une matière à haute viscosité.
- pour le serrage Hanger-tubage on applique un couple de serrage de 29 lb/ft.
- on circule le volume du liner.
- on note le poids du liner (haut et bas).
- en évite la rotation pendant la descente.
- au niveau du sabot du 9 5/8 on :
 - circule le volume de la garniture.
 - test la rotation avec 10 rpm et 20 rpm.
 - note le poids vers le haut et vers le bas.
- continuer la circulation dans le découvert.
- toper le fond en circulation et confirmer avec 2-3 tonnes on ajustant les longueurs.
- tester la ligne de cimentation à 5000 psi/min.
- circuler un volume annulaire minimum avant l'encrage du hanger .
- on largue la bille on la circulant avec 2 bbl/mi
- lorsque la bille est siégée, augmenter la pression jusqu'à 2000 psi pour ancrer le Hanger, poser le poids du liner on appliquant une compression de 20T pour confirmer l'encrage.
- on augmente la pression jusqu'à 3000psi pour libérer le setting tool.
- pour confirmer le désencrage du setting tool, on purge jusqu'à 200 psi et on dégage 50 à 100 au-dessus du point neutre.
- on pose 10 tons et on augmente la pression pour cisailer le siège de la bille (3400-3600psi)
- on circule avant la cimentation (le temps de circulation dépend du programme de cimentation).
- la rotation pendant la circulation n'est pas applicable pour ce type liner : son poids dépasse le bearing capacity.
- on commence l'opération de cimentation.
- lancer le bouchon inférieur.

- pompage du ciment selon le programme.
- lancer le deuxième bouchon et commencer la chasse.
- diminuer le débit de chasse avant chaque à-coup à 2bbl/min.
- les à-coups seront observés à 1500psi ,1260psi, 800psi et 3000psi pour le pompage final.
- tester les colonnes a 3000psi/10min, purger la pression et vérifier s'il y a de retour.
- si il n'y a pas de retour ou il n'est pas complet, n'ancrer pas le packer sinon remonter 3m au-dessus de point neutre (cela activera les chiens de dog sub) .
- poser 6000 lbs (cela ancrera le packer).
- dégager 8 m et commencer une circulation directe tel que nécessaire.

CHAPITRE IV

Calcule de la cimentation

1. Calcul de cimentation :

En général pour faire une cimentation d'une colonne donnée plusieurs calculs sont obligatoires de les faire tel que :

- Calcul du volume de spacer à injecter et leur formulation.
- Calcul du volume de laitier à injecter et leur formulation.
- Calcule le volume de la boue de chasse à injecter et leur formulation .
- Calcul du nombre de Reynolds pour déterminer le régime d'écoulement de laitier.

❖ **Les données de puits RDC12 sont les suites : [7]**

- Le volume à l'intérieur de tiges 5 1/2 $V_{IT}=11,26$ l/m.
- Volume intérieur de liner 7''=19,38 l/m.
- Volume de trou open hole 8'' 1/2= 36,60 l/m.
- Volume annulaire entre 9 5/8 (intérieur) et 5 1/2 extérieur =20,80 l/m.
- Volume annulaire entre 9 5/8 (intérieur) et 7''extérieur =12,04 l/m.
- Volume annulaire entre 8 1/2 (intérieur) et 7''extérieur =11,73 l/m.

(Avec une majoration de 15% de volume)

- La longueur des tiges 5 1/2 (de 0 m à 2783m) est 2783m
- La longueur entre la fin de 5 1/2 et le top liner est de 842 m (de 2783 m à 3625m)
- La longueur de liner 32 lb/ft (3625m à 3709m) est 84 m

On a :

V_1 : le volume de laitier entre le spacer et le top liner 7" .

V_2 : le volume de laitier entre le top liner et le sabot de casing 8^{1/2}" .

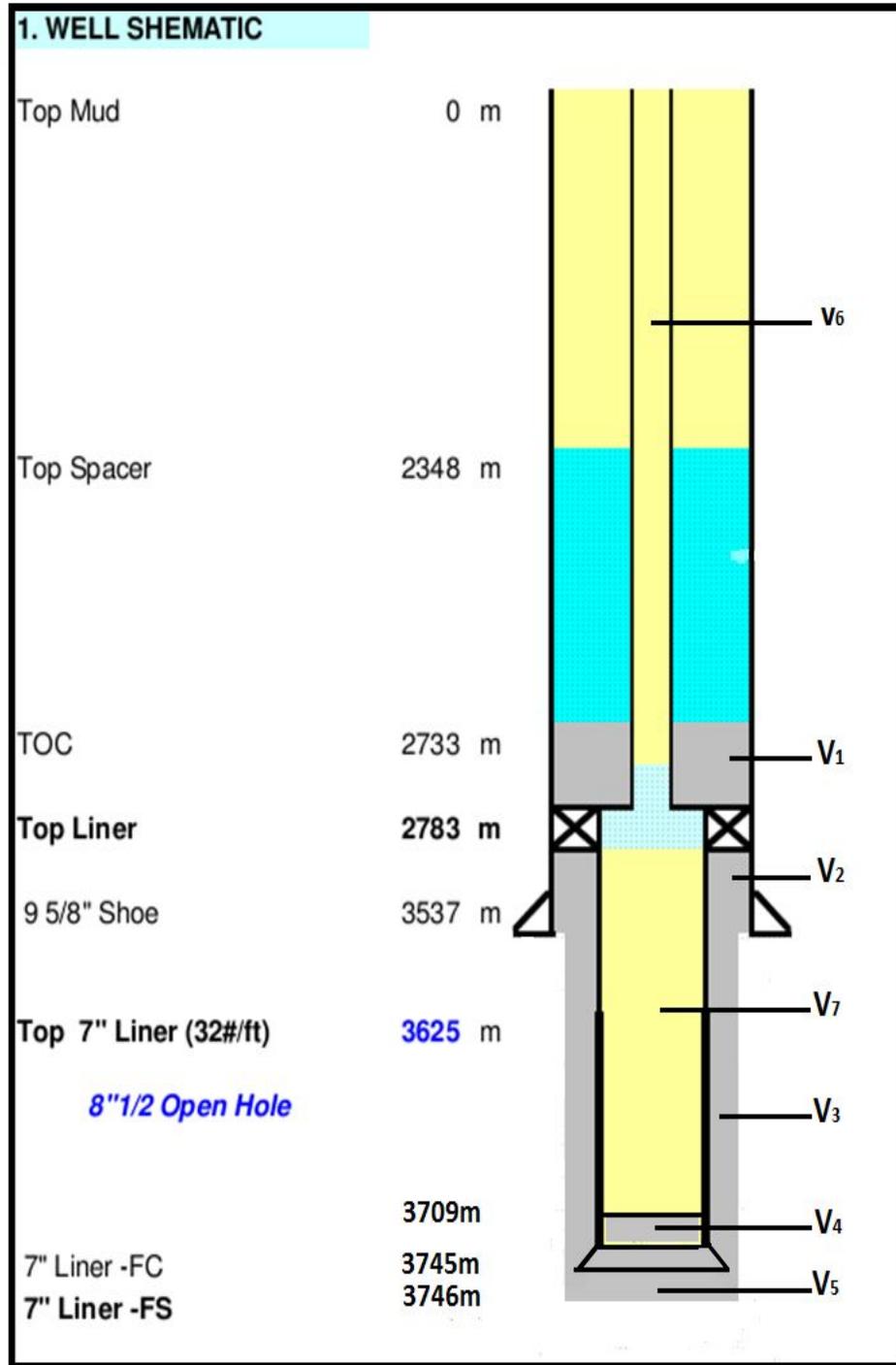
V_3 :le volume de laitier entre le sabot de casing 8^{1/2}" et le sabot de liner 7" .

V_4 :le volume de laitier entre l'anneau et le sabot .

V_5 :le volume de laitier entre le sabot de liner 7" et le fond de puits.

V_6 : le volume de boue de chasse à l'intérieur de drill pipe 5^{1/2}" .

V_7 :le volume de boue de chasse à l'intérieur de liner 7" .



Fig(IV. 25) : Schéma des volume de laitier

1.1. Calcul du volume de spacer à injecter et leur formulation :

Le volume total de spacer est 8m^3 et de densité de 1,7 et les additifs sont :

L'eau douce, defoamer, gelling agent, surfactant et la barite.

➤ **Le volume de l'eau douce :**

$$\begin{array}{l} 1 \text{ m}^3 \text{ de spacer} \longrightarrow 0,752\text{m}^3 \text{ d'eau douce en volume} \\ 8 \text{ m}^3 \longrightarrow V_{\text{eau}}? \end{array}$$

- On aura : $V_{\text{eau}} = 6,02\text{m}^3$

➤ **le volume de defoamer :**

$$\begin{array}{l} 1 \text{ m}^3 \text{ de spacer} \longrightarrow 1\text{L de defoamer en volume} \\ 8 \text{ m}^3 \longrightarrow V_{\text{def}}? \end{array}$$

- On aura : $V_{\text{def}} = 8 \text{ L}$

➤ **La masse de gelling agent :**

$$\begin{array}{l} 1 \text{ m}^3 \text{ de spacer} \longrightarrow 1,5\text{Kg de gelling agent en masse} \\ 8 \text{ m}^3 \longrightarrow Q_{\text{gel}}? \end{array}$$

- On aura : $Q_{\text{gel}} = 12\text{Kg}$

➤ **La masse de barite :**

$$\begin{array}{l} 1 \text{ m}^3 \text{ de spacer} \longrightarrow 920\text{Kg de barite en masse} \\ 8 \text{ m}^3 \longrightarrow Q_{\text{gel}}? \end{array}$$

- On aura : $Q_{\text{gel}} = 7360\text{Kg}$

➤ **Le volume de surfactant :**

$$\begin{array}{l} 1 \text{ m}^3 \text{ de spacer} \longrightarrow 25 \text{ L de surfactant en volume} \\ 8 \text{ m}^3 \longrightarrow V_{\text{sur}}? \end{array}$$

- On aura : $V_{\text{sur}} = 200 \text{ L}$

▪

Tab(IV.5) : les pourcentages et valeurs de s additif de spacer

Les additifs	l'eau douce	defoamer	Gelling	barite	surfactant
pourcentage	$0,752 \text{ m}^3$	$1\text{L}/\text{m}^3$	$1,5 \text{ Kg}/\text{m}^3$	$920 \text{ Kg}/\text{m}^3$	$25 \text{ L}/\text{m}^3$
Les valeurs	$6,02 \text{ m}^3$	8 L	12 Kg	7360 Kg	200 L

1.2. Calcul du volume de laitier à injecter et leur formulation :

- Volume de recouvrement entre casing 9^{5/8}" et DP 5" :

$$V=V_1 \times H \quad [1]$$

Avec :

V_1 : volume intérieur de drill pipe ou casing .

H : la hauteur .

$$V_1 = 20.80 \times 50 = 1040 \text{ L}$$

$$V_1 = 1040 \text{ lt}$$

$$V_1 = 1,04 \text{ m}^3$$

- **Volume de l'espace annulaire casing-casing (9^{5/8}" 53,5# x 7" 32#) :**

$$V_2 = 12,04 \times 754 = 9078.16 \text{ L}$$

$$V_2 = 9078.16 \text{ L}$$

$$V_2 = 9.08 \text{ m}^3$$

- **Volume de l'espace annulaire trou-casing (8^{1/2}" x 7" 32#) :**

$$V_3 = V' + (V' \times 0.15)$$

$$V' = 11.73 \times 208$$

$$V' = 2439.84 \text{ lt}$$

$$V_3 = 2439.84 + (2439.84 \times 0.15)$$

$$V_3 = 2805.816$$

$$V_3 = 2.806 \text{ m}^3$$

- **Volume intérieur du casing entre le sabot et landing collar (Intérieur 7" 32#) :**

$$V_4 = 18.82 \times 36$$

$$V_4 = 677.52 \text{ L}$$

$$V_4 = 0.7 \text{ m}^3$$

- **Volume enter le fond et la cote de sabot :**

$$V_5 = V'' + (V'' \times 0.15)$$

$$V'' = 36.60 \times 1$$

$$V'' = 36 \text{ lt}$$

$$V_5 = 36 + (36 \times 0.15)$$

$$V_5 = 42 \text{ L}$$

$$V_5 = 0.42 \text{ m}^3$$

- **Volume total :**

$$V_t = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5$$

$$V_t = 14.04 \text{ m}^3$$

Tab(IV.6) : les valeurs de volume de laitier

Les volumes	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V _T
Les valeurs	1,04 m ³	9,08 m ³	2,806 m ³	0,7 m ³	0,42 m ³	14,04 m ³

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

Ils dépendent de la densité du laitier.

Connaissant la densité (généralement de 1,55 à 2) et le volume du laitier obtenu, on peut déterminer :

- La quantité de ciment ;
- Le volume d'eau nécessaire ;

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

➤ **La quantité de ciment : Q_C**

$$Q_C = \frac{V_{tot}}{R} \quad [1]$$

$$Q_C = \frac{14.04}{1.046} = 13422.56 \text{ Kg}$$

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

1 T de ciment → 35% de silica en masse
 13.42 T → Q_{silica} ?

On aura : Q_{silica} = 4.69 T

➤ **le volume de defoamer :**

1 T de ciment → 1L de defoamer
 13.42 T → V_{def} ?

▪ On aura : V_{def} = 13.42 L

➤ **La masse de bonding agent :**

1 T de ciment → 12Kg de bonding en masse
 13.42 T → Q_{bond}

▪ On aura : Q_{bond} = 161.04 Kg

➤ **La masse de dispersant :**

1 T de ciment → 8Kg de dispersant en masse
 13.42T → Q_{disp}

On aura : $Q_{disp} = 107.36 \text{ Kg}$

➤ **Le volume de retardateur :**

1 T de ciment → 8,25L de retardateur en volume
 13.42 T → V_{ret} ?

On aura : $V_{ret} = 110.71 \text{ L}$

➤ **Le volume d'eau douce: V_E**

Avec d_c : densité du ciment $d_c = 3,17$

Tab.IV.7 la desite des additif de ciment

Les additive	silicaflour	Defoamer	bonding	dispersant	retardateur
La densité(d)	2.17	1	1.17	1.07	1.25

➤ $V_E = V_{tot} - V_C - V_{silica} - (V_{additif})$

$$V = V_{tot} - \frac{Q_c}{d_c} - \frac{Q_{cilica}}{d_{cilica}} - (V_{defoamer} + V_{RETARDATEUR} + \frac{Q_{bonding}}{d_{bonding}} + \frac{Q_{dispersant}}{d_{dispersant}})$$

➤ $V_E = 14.04 - 13.42 / 3,17 - 4.69 / 2,65 - (0.013 + 0.11 + 161.04 / 1.17 + 107.36 / 1.07)$
 $V_E = 7.68 \text{ m}^3$

Tab(IV.8) : les valeurs des additifs de ciment

Les additifs	Silicaflour	defoamer	bonding	dispersant	retardateur
Pourcentage	35%/T	1 L/ T	12 Kg/T	8 Kg/T	8,25 L/T
Les valeurs	4,69 T	13,42 L	161,04 Kg	107,36 Kg	110,71 L

1.3. Calcule le volume de la boue de chasse à injecter et leur formulation :

Le volume total de chasse : V_{CH}

$$V_c = V_{IT} + V_{IC}$$

➤ $V_6 = V_{IT}$: représente le volume intérieur des tiges, il est calculé comme suit :

$$V_{IT} = V_{DP} \times H_{DP}$$

- U_{DP} : volume linière de drill pipe
- H_{DP} : hauteur de drill pipe

$$V_{IT}=11,26 \times 2783=31,34\text{m}^3 \text{ (DP5 } \frac{1}{2}\text{)}$$

➤ $V_7=V_{IC}$: représente le volume intérieur des casings, il est calculé comme suit :

$$V_{IC}=V_{DC} \times H_C$$

- V_{DC} : volume linière de casing
- H_C : hauteur de casing

$$V_{DC1}=19,38 \times 842=16,32\text{m}^3 \text{ (7'' 29lb/ft)}$$

$$V_{DC2}=18,82 \times 84=1,58\text{m}^3 \text{ (7'' 32 lb/ft)}$$

$$\text{Volume de chasse total égale } V_{CH}=49,24\text{m}^3$$

Tab(IV.9) les volume chasse

Les volumes	V_6	V_7	V_T
Les valeurs	$31,34 \text{ m}^3$	$17,9 \text{ m}^3$	$49,24 \text{ m}^3$

1.4. Calcul du nombre de Reynolds pour déterminer le régime d'écoulement de laitier:

Parmi ses inconvénients :

-La durée de l'opération qui devient très longue si on sait que la vitesse doit être inférieure à 90ft/min.

L'endommagement des couches productives ceci du au taux de filtration qui est plus grand avec un déplacement lent au endroit de la formation.

Calcul du nombre de Re :

Avec :

$$R_e = \frac{\rho V D_e}{\mu} \quad [1]$$

ρ = masse volumique du laitier (Kg /m³)

V : vitesse d'écoulement du laitier. (m /s)

D_e : diamètre équivalent d'écoulement. (m)

μ : viscosité du laitier en Pa.S

$$\rho_L = d_L \times \rho_{eau}$$

$$\rho_L = 1,9 \times 1000 = 1900 \text{ kg /m}^3.$$

$V=Q /S$; S =section d'écoulement du laitier.

$$S=\pi (D_{trou}^2 - D_{tube}^2) /4.$$

$$S=3,14(8,5^2 - 7^2) /4.$$

$$S=0,0117\text{m}^2.$$

$$Q=0,01 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$V=0,85 \text{ m/s}.$$

$$\mu=0,0081 \text{ Pa.S}.$$

$$De=0,8165 (D_{\text{trou}} - D_{\text{tube}}) = 0,0311 \text{ m}.$$

$Re=6200,80 > 2100$ donc le régime est turbulent .on peut faire la cimentation sans problème

2. Calcul le temps de cimentation : [1]

2.1. Le temps de mixage :

Le temps de mixage dépanade de la procédure de préparation.

$$T_m : 40 \text{ mn}$$

2.2. Calcul du temps d'injection du laitier et le fluide intermédiaire : T_I

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

$$T_I = T_{IL} + T_{IP} + T_{IS}$$

T_{IL} : temps d'injection du laitier

T_{IP} : temps d'injection du preflush

T_{IS} : temps d'injection du spacer

$$T_i = V_i / Q_{\text{cimentation}}$$

Q_i : est le débit d'injection

V_i : le volume à injecter

- On a utilisé pas le preflush dans cette opération.

$$T_I = ((14.04/600) + (8/600)) \times 1000 = 37,13 \text{ min}.$$

2.3. Calcul du temps de chasse : T_{CH}

La chasse est effectuée par 3 m³ d'eau suivie par la boue de forage à défient débits

Donc le temps total de la chasse est : $T_C = 82 \text{ mn}$

3. Calcul de la durée totale de cimentation : T

$$T = T_I + T_C + T_{TL} + T_{CD}$$

$$T_C = V_{CH} / Q_{CH}$$

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

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

$$T_{CD} = (U_{CD} \times H_{IT}) / Q$$

Q : débit de circulation de l'excès de ciment qui est égale à 600 l/mn

$$T_{CD} = (1013 \times 12,04) / 600$$

$$T_{CD} = 20,32 \text{ mn}$$

$$T = 37,13 + 20,32 + 10 + 82 = 2 \text{ h et } 30 \text{ min.}$$

On ajoute le temps de mixage et le temps des tests : $T = 2 \text{ h et } 20 \text{ min.}$

-Donc le temps total de la cimentation est 4 h50 mn.

CHAPITRE V

*Évaluation et analyse de la
cimentation*

1. Interprétation de diagraphie de puits RDC12:[8]

1.1. Présentation de la diagraphie CBL et VDL utilisé dans le cas de puits RDC12 :

Lors d'une évaluation du ciment les deux principales questions cherchent des réponses sont:

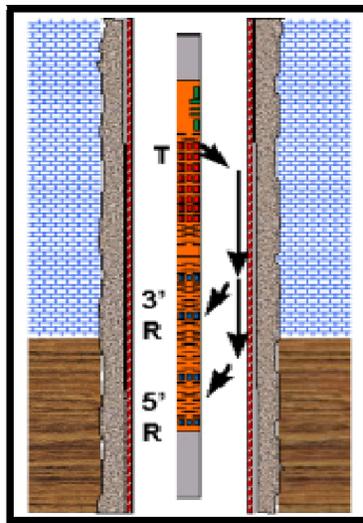
- Est-ce qu'une isolation hydraulique existe ?
- Si non, est-ce qu'un squeeze est possible ?

1.2. Le Cément Bond Log (CBL) et le Variable Density Log (VDL) :

Le transmetteur émet une pulse sonore omni directionnelle.

Le but de la diagraphie de cimentation est de vérifier le bon adhérence du ciment sur les parois du tubage ainsi face à la formation, sinon il est indispensable de connaître les causes conduisant au défauts enregistrés pour les éviter dans les futures jobs de cimentation .et pour ce la , on utilise

Les log CBL et VDL .



Fig(V.26) : Outil de diagraphie CBL et VDL

1.3. Principe du CBL-VDL :

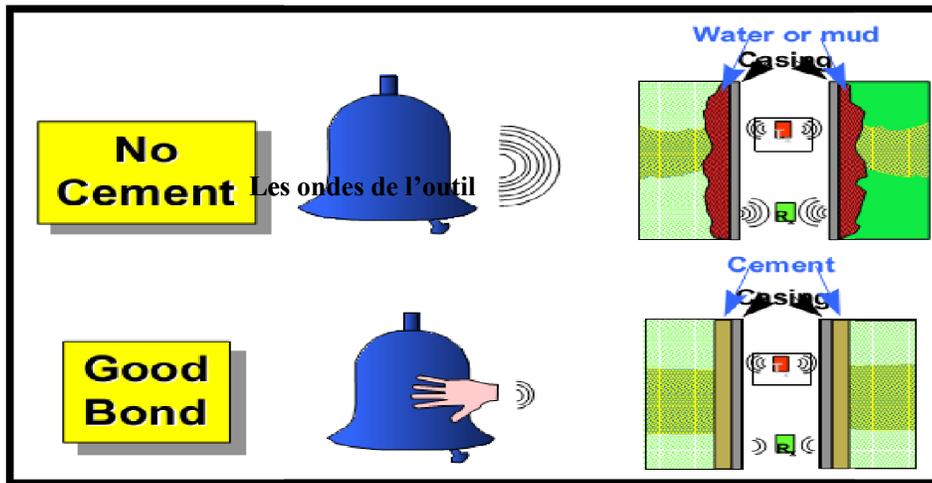
L'outil comporte un émetteur des ondes acoustique omnidirectionnels de fréquence entre 15 et 30 KHz.

Un récepteur CBL placé généralement à 3ft au-dessous de l'émetteur.

Un récepteur VDL placé 5ft au-dessous de l'émetteur

L'onde émet se propage à travers le tubage, la gaine de ciment et la formation (si ces milieux sont couplés acoustiquement) avant d'être recevez par le récepteur, l'amplitude enregistrée est fonction des caractéristique des milieux traversés

- ❖ Lorsque le casing est bien lié au ciment, les vibrations sont atténuées proportionnellement à:
 - L'aire de la surface liée (bonded)
 - Le compressive strength du ciment.



Fig(V.27) principe de contrôle de ciment

2. Problèmes de cimentation de liner 7 ‘ puits RDC12 :

2.1. Description des opérations effectuées et les incidents rencontrés :

Après la cimentation de liner ils ont reforé le sabot et pénétrer un mètre dans le réservoir

Le chef de post a noté un gain important de 13,5 m³ de boue avec un avancement rapide ces deux signes indique automatiquement une venue.

Ils ont évacué cette venue avec la procédure driller’s méthode puis ils ont procédé à la weight and wait.

Après la cimentation de liner une société de service a fait de teste diagraphie pour vérifier la qualité de ciment ils ont descendu la diagraphie CBL et VDL se sont des diagraphies soniques qui servent à envoyer des ondes soniques à partir d’une source sonique.

Ils ont trouvé que la cimentation est très mauvaise.[8]

Alors on doit faire des perforations au niveau de zone mal cimenté on se basant sur la lecture de diagraphie sonique pour faire une liaison entre l'intérieure du casing et l'espace annulaire casing-open hole.

Après la descente de packer, on l'encre et on augmente la pression progressivement, on observe que la pression ne chute pas donc on conclue qu'on n'a pas un contact entre le sabot et le hinger.

Alors on fait la perforation de liner pour réaliser ce contact. Cette dernière est réalisée à la cote 3657 m

Après on fait le même test à partir de packer et on trouve qu'il n'a pas de contact entre la perforation faite et le hinger donc il faut faire une autre perforation .

Ils ont fait une autre (la cote 3610 m) et après le test ils ont trouvé qu'il y'a le contact perforo-hinger.

Alors on fait une restauration de ciment.

Donc il y'a un problème dans les paramètres rhéologiques de ciment pour que le régime de cimentation soit turbulent .

Pour éviter le retour de ciment on descend un plug qui va jouer le rôle d'un sabot et un clapet anti-retour au même temps.

Le plug à encrage électrique est descendu par câble car il a un dispositif de gonflage comme le packer et il est reforable comme le sabot pour assurer l'étanchéité entre l'intérieure de liner et l'open hole.

3. squeeze pour éviter une autre venue: [9]

Après avoir évacué la venue on doit faire un bouchon de ciment pour empêcher aucun effluent de remonter au surface

Ce bouchon est placé à la cote de 3537 m avec une hauteur de 209,3 m à partir de fond de puits.

Ils ont trouvé que un mauvaise bouchon ainsi que il y'a retour de ciment jus qu'au surface .

Chapitre V : évaluation et analyse de la cimentation

Après la fin de la descente des tiges jus qu'a (3610 m) on fait un test de pression de 3500psi pour s'assurer que les couches de formation résistent à cette pression.

On circule avec un débit de 400 L/m durant une période de 2 heures pour abaisser la température de réservoir.

On arrête la circulation et vérifier le retour de la boue.

Au même temps on prépare :

- Un volume de 3,79 m³ de spacer de densité 1,70 SG.
- Un volume de 4 m³ de laitier de ciment de densité 1,9 SG de classe G.

On arrête la circulation et on pompe les volumes suivants :

- 3 m³ de spacer avec un débit de 300 L/min
- 4 m³ de laitier de ciment avec un débit de 400L/min.
- 0,79 m³ de spacer avec un débit de 400 L/min.

On arrête les pompes et on observe le retour pour s'assurer que le laitier de ciment ne retourne pas.

On attente squeeze ciment 6 h .

On remonte la garniture lentement jusqu'à 3510 m au dessus du ciment.

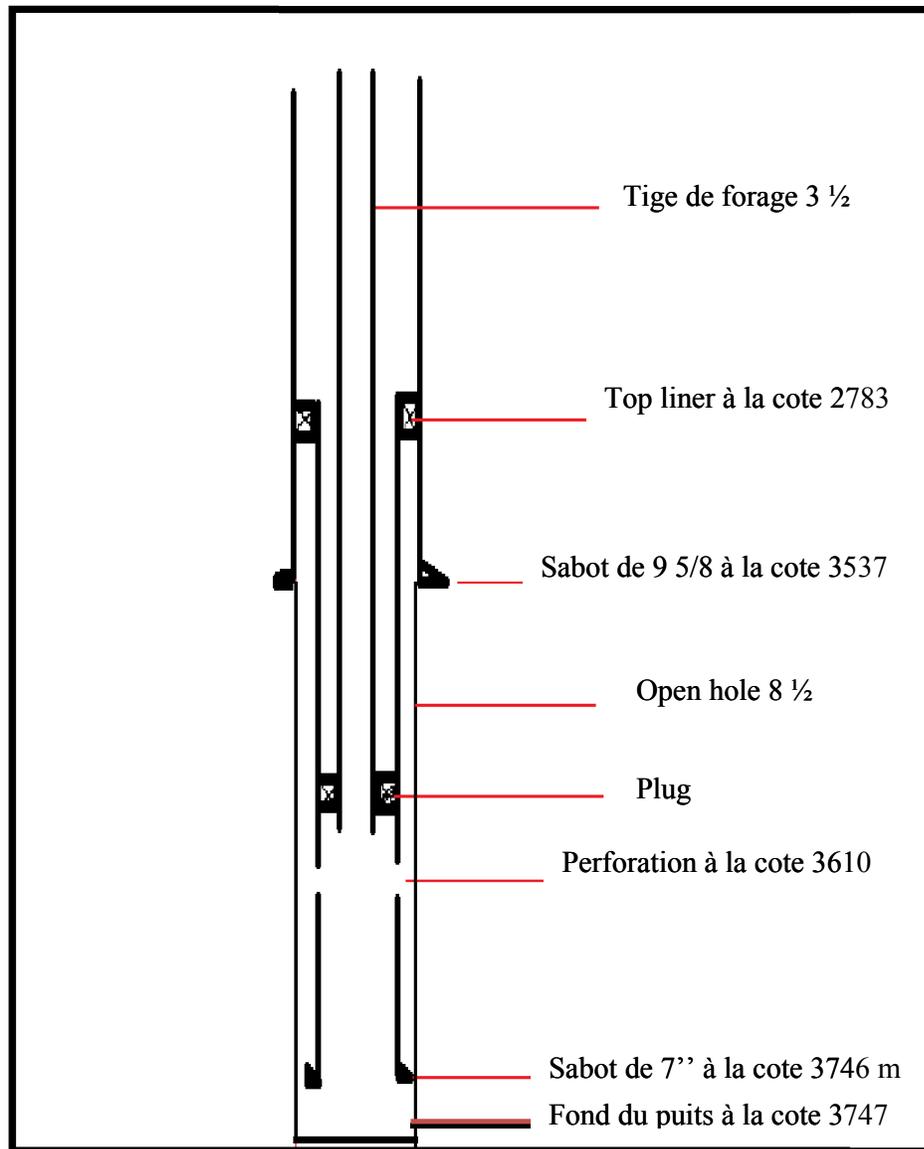
On fait une circulation avec un débit de 600 L/min durant 90 min.

On arrête la circulation et on observe le retour.

On ferme les BOP et commence le squeeze de ciment en se basant sur le test de la pression d'injection. [9]

Tab(V.10) tableau de temps de squeeze

Temps de chasse (min)	Le temps min de remonté (min)	Temps de circulation de boue (min)	Temps de Squeeze (min)	Temps de début de prise (min)	Temps total H : min
1 :37	20	90	60	120	6 :27



Fig(V. 28) : Programme de squeeze

Après la cimentation la société de service a fait un autre teste de diagraphie jusqu'à top liner pour vérifier la qualité de ciment .les testes se réalisent par CBL, VDL.

- ✓ A partir les testes et ses analyses ont trouvé que la qualité de la cimentation est très bon.

CONCLUSION

CONCLUSION

Dans ce travail, nous avons contribué à l'étude d'évaluation et analyse de la cimentation de liner 7 " .Application au puits RDC#12

Au début nous avons présenté quelques notions générales concernant le tubage et cimentation et un détail sur la colonne perdue (liner), puis nous avons présenté les différentes caractéristiques physicochimiques de ciment et laitier pétroliers.

Une description générale et les étapes de cimentation liner 7" et une série de calculs plus une évaluation et analyse de cimentation de liner 7" sont formés sur la base de notre partie pratique qui nous conduit avec satisfaction à des résultats réels donnés en plus à notre formation comme des foreurs.

Références
bibliographiques

BIBLIOGRAPHIE :

- [1] .Cours de forage (tubage et cimentation)-Pr MELLAK
ABDELRAHMANE 2011-2012.
 - [2]. Descente du liner hydraulique 7“avec setting sleeve (ZXPN packer et
LFC Plugs)-Halliburton, RDC#12.
 - [3] .SMITH liner hanger running procedures.
 - [4] .Le liner (SONATRCH module M4) A.SLIMANI
 - [5] .Formulaire du foreur (édition 89).
 - [6] .Programme de forage RDC #12(SONATRACH).
 - [7] .Programme de cimentation BJSP RDC#12.
 - [8] .Evaluation de la qualité du ciment CBL, VDL et USIT(Slumberger) .
 - [9] .Programme de squeeze du plug-3747 RDC#12(Slumberger).
-