

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA



Faculté des sciences appliquées
Département de Génie Civil et Hydraulique

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En Vue De L'obtention Du Diplôme de Master

Option : forage d'eau

THEME

**Étude de la cimentation de la colonne de tubage 13^{3/8}
du puits champ de Hassi-Messaoud. Utilisation du
CRETE Lite laitier de**

Soutenu publiquement par :

**DRISSI NOURREDDINE
DJOUKHRAB ABD ELBASSET**

Le : 28 - 06 - 2017

Devant le jury :

Président :	<i>Manseri ziena</i>	M. A. A Univ. Ouargla
Examineur:	NETTARI Kamel	M. A. A Univ. Ouargla
Promoteur :	<i>ZEGAIT RACHID</i>	M. A. A Univ. Ouargla

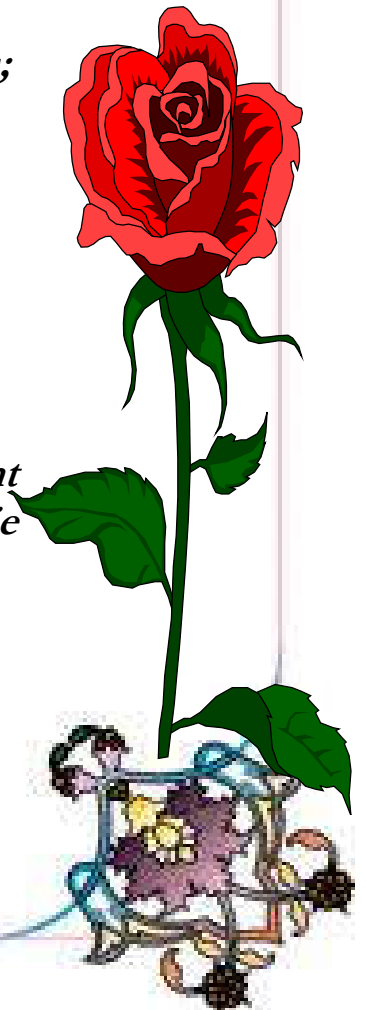
Année Universitaire : 2016/2017



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à:

- ❖ *Mes très chers parents
qui ont beaucoup sacrifié à
mon bonheur;*
- ❖ *Mes très chers frères et sœurs;*
- ❖ *Tous mes amis; et mes
enseignants durant toute ma
vie ;*
- ❖ *Et à tous ceux qui m'ont
encouragé durant ma vie
estudiantine.*



INTRODUCTION

INTRODUCTION :

L'opération de cimentation représente une part importante dans l'industrie de forage pétrolier. Sa réussite est un facteur déterminant pour la poursuite de la phase suivante. Selon le programme forage tubage du puits, on adapte un type de cimentation, simple ou étagée, pour chaque phase. Le champ de Hassi Messaoud qui a un programme de cinq phases, présente une lithologie spéciale.

Cette spécification géologique a causée d'énormes problèmes. Parmi lesquels, la difficulté de pomper le laitier à des cotes voulues pour l'isolation des couches.

Le choix du laitier qui répond à ces exigences, a poussé les spécialistes du domaine à construire une technologie de cimentation moderne.

Ce document présente une étude sur l'utilisation de la nouvelle technologie LiteCRETE pour la cimentation de la colonne de tubage 13^{3/8} du puits OMPZ362 du champ de Hassi Messaoud.

Chapitre 1

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

CHAPITRE 02

LA PHASE 16''

Chapitre 3

DESCENTE ET IMENTATION DE LA COLONNE 13 "3/8

CHAPITRE 4

DEROULEMENT DES

OPERATIONS

CHAPITRE 5

CIMENT LITECRETE

Chapitre 6

CALCUL DE CIMENTATION

Chapitre 1

PRESENTATION DE LA ZONE

1-1-Situation Et Historique Du Champ Hassi Messaoud :

Le champ de Hassi Messaoud est situé dans le bassin Oued Mya 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 1600 Km²

En janvier 1956, la SN-REPAL a amorcé 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.

Le réservoir se situe dans le combro-ordovicien entre 3300 et 3500m de profondeur. Il constitue les horizons Ri, Ra, R1, R2 dont le réservoir principal est le Ra, constitué de grès hétérogène anisométrique d'épaisseur allant de 100 à 200m. La couverture est formée d'argile gréseuse et sel du trias. La porosité varie de 5% à 10%. La perméabilité est de 0.1. La pression initiale du gisement est de l'ordre de 480bars, mais après les années d'exploitation elle a chuté à 260bars pour une température de gisement de 118C°.

1-2-Description Lithologique :

MIO-PLIOCENE: 11-235m

ROP=8.23 m/h

Sable: jaunâtre, blanc à translucide, fin à très fin parfois grossier, subarrondi à arrondi, Moyennement classe, siliceux dur avec intercalation de calcaire : blanc, massif, micro cristallin, dur et de marnes : brun rouge, gris clair, sableux.

EOCENE : 235-338m

ROP=10.68 m/h

Sable: blanc à translucide, fin à moyen subarrondi, dur calcaire : blanc à beige, micro cristallin, dur.

SENONIEN CARBONATE : 338-437m

ROP=7.13 m/h

Calcaire Dolomitique, blanc à beige, microcristallin, moyennement dur.

Anhydrite : blanche, pulvérulente avec passage de Gypse transparent et translucide.

Dolomie : grise à gris blanc, micro cristalline, moyennement dure à dure.

SENONIEN ANHYDRITIQUE: 437-642 m

ROP=14.41 m/h

ANHYDRITE : blanche, beige, transparent, pulvérulente, dure.

DOLOMIE : grise à gris claire, micro cristalline, moyennement dure.

ARGILE : grise à gris verdâtre, carbonatée, tendre à indurée.

SENONIEN SALIFERE: 642-762m

ROP=13.72 m/h

SEL : blanc à rosâtre, translucide, massif, friable.

ARGILE : grise à gris noire, induré.

TURONIEN : 762-885m

ROP=28.60 m/h

ANHYDRITE : blanche à beige, pulvérulente, dure.

CALCAIRE : blanc a gris blanc, beige, tendre, micro cristallin.

ARGILE : grise à gris sombre, parfois brun rouge, induré, carbonaté.

CENOMANIEN : 885-1050m

ROP=18.17 m/h

ANHYDRITE: blanche, pulvérulente, dure parfois tendre.

DOLOMIE CALCAIRE : grise à gris clair, micro cristalline, dure

ARGILE : gris sombre, rarement brun rouge, carbonatée tendre a indurée.

ALBIEN : 1050-1348m

ROP=59.12 m/h

GRES : gris blanc, fin à très fin à ciment argileux, friable.

ARGILE : gris-verdatre, brun rouge, tendre a indurée, siliceuse.

DOLOMIE : beige, micro cristalline, moyennement dure.

APTIEN : 1348-1373m

ROP=11.36 m/h

CALCAIRE : blanc à gris blanc, crayeux, tendre

DOLOMIE : beige, cristalline, dure.

ARGILE : brun rouge, gris clair à gris-verdatre, induré, dolomitique.

GRES : gris blanc, parfois brun rouge, fin à très fin, friable, argileux.

BARREMIEN : 1373-1617m

ROP=35.15 m/h

GRES : blanc, brun rouge, fin à très fin friable arrondi à subarrondi, siliceux.

ARGILE : gris-verdatre, brun rouge, tendre a indurée, siliceuse.

NEOCOMIEN: 1617-1827m

ROP=22.17 m/h

ARGILE : gris-verte, parfois brun rouge, indurée, siliceuse.

DOLOMIE : beige à blanche, cristalline à micro cristalline, dure.

MARNE : grise a gris-verdatre, indurée à pâteuse.

GRES : blanc a gris blanc, friable à moyennement dur, fin, argileux.

MALM : 1827-2071m

ROP=5.86 m/h

ANHYDRITE: blanche à beige, pulvérulente, tendre à moyennement dur.

DOLOMIE : grise à gris clair, micro cristalline, moyennement dure.

ARGILE : grise, brun rouge, tendre a indurée.

GRES : blanc a gris blanc, parfois beige, fin, friable.

DOGGER ARGILEUX : 2071-2170m

ROP=10.05 m/h

ANHYDRITE: blanche, beige, pulvérulente, tendre

DOLOMIE : grise à gris clair, cristalline, moyennement dure.

ARGILE : brun rouge, grise a gris-verdatre, carbonatée dolomitique, moyennement dure.

GRES: blanc transparent, gris blanc, fin, friable, à ciment silico-argileux.

DOGGER LAGUNAIRE : 2170-2410m

ROP=4.20 m/h

ANHYDRITE: blanche, pulvérulente, dure

DOLOMIE : grise à gris clair, cristalline, moyennement dure.

ARGILE : brun rouge, grise a gris-verdatre, carbonatée dolomitique, moyennement dure.

MARNE : grise a gris-verdatre, tendre à indurée.

LIAS LD1 : 2410-2498m

ROP=5.38 m/h

DOLOMIE : grise à gris clair, parfois beige, cristalline, moyennement dure a dure.

ANHYDRITE: blanche, parfois grise, pulvérulente, dure.

ARGILE : grise à gris sombre, dolomitique, indurée.

LIAS LS1 : 2498-2581m

ROP=5.38 m/h

SEL : blanc, rosâtre, transparent, moyennement dur.

ANHYDRITE ; blanche, pulvérulente, dure

ARGILE : grise, tendre à indurée.

LIAS LD2 : 2581-2625m

ROP=5.38 m/h

CALCAIRE : dolomitique, gris blanc, a gris claire, microcristallin, friable à moyen dur.

ANHYDRITE : blanche à beige, pulvérulente, dur avec trace de DOLOMIE.

ARGILE : grise à gris blanc, parfois brun rouge, tendre, légèrement carbonaté.

LIAS LS2 : 2625-2696m

ROP=32.27 m/h

SEL: blanc à rosâtre, translucide, amorphe argileux.

ARGILE : brun-rouge, parfois gris vert indurée, salifère.

LIAS LD3 : 2696-2722m

ROP=15.29 m/h

CALCAIRE : grise à gris blanc, parfois gris vert, microcristallin, à amorphe, moyennement dur, à friable, argileux a argilo-dolomitique.

ANHYDRITE : blanche, pulvérulente, avec intercalation d'Argile brun-rouge, parfois grise, tendre a indurée.

TRIAS SALIFERE TS 1 : 2722-2778m

ROP=19.04 m/h

ARGILE : grise à gris blanc, parfois brun rouge, tendre a indurée.

ANHYDRITE : blanche à beige, pulvérulente à légèrement dure avec des passées de dolomie grise a gris clair, microcristallin, dure.

TRIAS SALIFERE TS 3 : 2778-3209m

ROP=5.68 m/h

SEL: blanc à rosâtre cristallin, transparent, translucide, massif, avec intercalation d'Argile brun-rouge tendre à légèrement pâteuse.

ARGILE : brun-rouge, pâteuse, parfois grise à gris noire, indurée

TRIAS ARGILEUX G10 : 3210-3393m (MD) ,3209-3378(TVD) ROP=5.66 m/h

ARGILE : brun-rouge à gris claire, parfois verdâtre, pâteuse tendre a indurée avec passées de Sol blanc, translucide, parfois rosâtre.

SEL: blanc, translucide.

SILT : blanc a blanc beige, tendre a légèrement dur

GRIS : gris agris clair fin à très fin friable a moyennement dur à ciment argileux.

TRIAS ARGILEUX-GRESEUX : 3393-3473 m (MD) ,3378-3418 m (TVD)

ROP = 1.94 m/h

ARGILE : brun rouge, brun chocolaté, indurée, silteuse, parfois ferrugineuse.

SILT : gris blanc, légèrement dur.

GRES : gris à gris claire, fin à très fin, friable à moyennement dur, argileux à silico- argileux devenant vers la base, fin à moyen, siliceux, moyennement dur, parfois bitumineux.

ERUPTIVE : 3473-3481m(MD) ,3418-3421m(TVD) ROP = 1.24 m/h

Roches alternées, brunâtre, moyennement dures, associées parfois a des éléments verdâtres.

Argile brune chocolatée, légèrement dure, ferrugineuse.

CAMBRIEN RI : 3481-4173m (MD),3421-3444m(TVD) ROP = 1.24 m/h

GRES QUARTZITIQUE : blanc a gris blanc parfois beige , sub-anguleux à subarrondi, isométriques fin a moyen, localement bitumineux, quartzique à silico-quartzique devenant silteux vers la base, siliceux ,compact dur à très dur avec fines passées de siltstone gris noire ,parfois gris blanc, dur à très dur.

Coupe Lithologique :

Stratigraphy		Top s m	Lithology	Description	Drilling Hazards	
SYS	SERIES					
TERTIARY	Mio-Pliocene	0		Sand, Calcareous & Sandy marl	Potential risk of complete loss in surface unconsolidated formations, Mud Weight to be kept at a minimum. Control ROP and maintain YP > 40	
	Eocene	243		Dolomite & Clay		
CRETACEOUS	SENONIAN	CARB SEN	363	AAAAA	Calcareous, Dolomite & Clay	Possible losses and differential sticking in the permeable sandstone of the Albian & the Barremian. Tight hole in Cenomanian formation & the Senonian Salt which can be avoided by using the proper Mud Weight and the maintenance of rheological properties.
		Lagunar SEN	466	AAAAA	Anhydrite, Dolomite & Salt	
		Saifere	651	AAAAA		
	TURONIAN	826	+++++	Limestone & Dolom.		
	CENOMANIAN	915	AAAAA	Anhydrite		
	ALBIAN	1080	----	Sandstone w/ Claystone Alternating		
	APTIAN	1398		Dolomite		
	BARREMIAN	1424		Sand & Sandstone		
	NEOCOMIEN	1667		Dolomite		
	JURASSIC	MALM	1856	----	Clay, Sandstone w/ Traces of Anhydrite	
DOGGER		Argilleux	2079	----	Clay, Anhydrite, Dolomite w/ fine passages of Sandstone	
		Lagunaire	2180	AAAAA		
LIAS		LD1	2399	+++++	Dolom. & Anhyd.	
		LS1	2478	+++++ ^	Salt & Anhydrite	
		LD2	2568	----	Dolomite	
		LS2	2617	+++++	Salt	
TRIAS	TS1	2725	+++++	Dolomite		
	TS2	2772	+++++	Anhydrite & dolomite		
	TS3	2964 KOP	+++++	Salt & Anhydrite		
	Argilleux	3050	----	Salt w/ traces of Clay		
	Trias ARG G35	3164	----			
	ARGILO-GRESEUX & CARBONATE	3271	----	Clay w/ Sandstone & Dolomite		
	ANDESITIQUE	3309	<<< / / / / / / / /	Complexe volcano-sedimentaire		
ORDOVICIEN	QUARTZITES DE HAMRA			Quartzite	Possible losses in the Triassic series inferior. Use proper LCM such as BARACARB to cure formation losses.	
	GRES D'EL ATCHANE			Sandstone		
	ARGILES D'EL GASSI		----	Clay		
	ZONE DES ALTERNANCES		----	Clay+Sandstone		
	RESERVOIR RI		----	Sandstone/Quartz		
CAMBRIEN	R1		----		Possibility for incurring losses. Cleaning sweeps must be used to ensure good hole cleaning.	
	Ra	3336	----			
	R2	3352	----	Sand & Clay		
	INFRACAMBRIEN		----			
	TD	3395				
	OVC	3442				



NB: Les côtes des formations figurant sur la coupe stratigraphique sont celles correspondant à la verticale de la tête de puits.

figure01 : Coupe Lithologique de la couche

1-3-But Du Sondage :

Le puits horizontal OMPZ362 est situé à la périphérie ouest de la zone 8 de Hassi Messaoud. Ce puits sera foré en UBD dans la phase réservoir.

Le puits a pour objectif le drain R2ab de 997m de section, selon un azimut de N 120°.

Le sabot 7'' sera posé à 3339mTVD à une distance de 178 m de la plateforme.

La côte d'arrêt du puits est à 4483 ,39m MD / 3395mTVD.

Les coordonnées LSA « Lambert Sud Algérie » de la plate forme sont les suivantes :

X (m)	Y (m)	Z. Sol(m)	Z. Table (m)
823401 .985	138230.265	137.656	147

UTM

X	Y	Zone
794869.406	3521369.035	32

GEOG : Latitude = 31° 47' 32',272N- Longitude = 6° 06' 50'' ,385^E

L'appareil de forage TP137 de type OIL WELL 2000 est désigné pour forer ce puits.

La hauteur de la table de rotation est de 9.18 m par rapport au sol.

1-4-Objectif Du Puits :

OMPZ362 a pour objectif le drain R2ab du réservoir, qu'il traversera sur une longueur de 997m suivant un azimut 120° avec un diamètre de trou 6 ».Le forage se fera en UBD.

Il sera réalisé comme suit :

- Pose du casing 7 » à 3mVD dans la D1 soit à 3339mTVD
- Forage en UBD de 73,39 m en build dans le D1 et de 998 m dans le R2ab en hold, inc=87.53° et un azimut de 120°.
- Arrêt du forage à 3395m TVD, 4483 ,39 MD.

1-5-Objectifs Opérationnels :

- Zéro accident.
- Pas d'atteinte à l'environnement, nettoyage permanent de la plateforme.
- Pose du Casing point de la colonne 7'' à 3m en VD dans le Cambrien.
- 3412 m MD en 35,49 Jours. (Références Incentive 4 bis).
- ROP général de 96 m/ Jour.
- NPT global < 5%.
- Collecte des informations (données de forage) pour une optimisation future.

1-6-Programme De Forage :



Engineering Cellule forage Horizontal
DRMD

Hauteur Table TP137 9,18 m
Zsol = 137,66 m
Ztable = 147 m
X= 823401,99 m
Y= 138230,27 m
Az= 120°

SONATRACH
HASSI MESSAOUD FIELD
HORIZONTAL DEVELOPMENT WELL OMPZ362 UBD
PROPOSED TD: 4483 mMD - 3395 mVD
GEOLOGICAL PROGNOSIS le: 27/07/06

Stratigraphy		Top s m	Lithology	Description	Drilling Hazards	CASINGS	Bits	dboue sg	Diagraphie
SYS	SERIES								
TERTIARY	Mio-Pliocene	0		Sand, Calcareous & Sandy marl	Potential risk of complete loss in surface unconsolidated formations. Mud Weight to be kept at a minimum. Control ROP and maintain YP > 40	18 5/8" CSG 26"	L115	Bentonitique 1,05 sg	
	Eocene	243		Dolomite & Clay					
CRETACEOUS	SENONIAN	CARB SEN	363	Calcareous, Dolomite & Clay	Possible losses and differential sticking in the permeable sandstone of the Albian and the Barremian. Tight hole in Cenomanian formation & the Senonian Salt which can be avoided by using the proper Mud Weight and the maintenance of rheological properties.	13 3/8" CSG 506 m 0,00 °	SX913S-FTX [a l'essai]	EMULSION INVERSE D=1,18-1,25	GR - Caliper CBLVDL (1/200 et 1/500)
		Lagunar SEN	466	Anhydrite, Dolomite & Salt					
		Salifère	651						
		TURONIAN	826	Limestone & Dolom.					
	CENOMANIAN	915	Anhydrite						
	ALBIAN	1080	Sandstone w/ Claystone Alternating						
	APTIAN	1398							
	BARREMIAN	1424	Sand & Sandstone						
	NEOCOMIEN	1667	Dolomite						
	JURASSIC	MALM		1856					
Argileux			2079	Clay, Anhydrite, Dolomite w/ fine passages of Sandstone					
Lagunaire		2180							
DOGGER		LD1	2399	Dolom. & Anhyd.					
		LS1	2478	Salt & Anhydrite					
		LD2	2568	Dolomite					
LIAS		LS2	2617	Salt					
		LD3	2688	Dolomite					
		TS1	2725	Anhydrite & dolomite					
		TS2	2772	Salt & Anhydrite					
TRIAS	TS3	2964	Salt w/ traces of Clay						
	KOP	3050							
	Trias ARG G35	3050							
	Argileux	3164							
	ARGILO-GRESEUX & CARBONATE	3271	Clay w/ Sandstone & Dolomite						
	LD3	3309							
ORDOVICIEN	ANDESITIQUE		Complexe volcano-sedimentaire	Possible losses in the Triassic series inferior. Use proper LCM such as BARACARB to cure formation losses.	8 3/8" CSG 34°	SE384TI	EMULSION INVERSE D=1,40	GRAY - Caliper CBLVDL (1/200 et 1/500)	
	QUARTZITES DE HAMRA		Quartzites						
	GRES D'EL ATCHANE		Sandstone						
	ARGILES D'EL GASSI		Clay						
	ZONE DES ALTERNANCES RESERVOIR RI		Clay+Sandstone						
CAMBRIEN	RI		Sandstone/Quartz	Possibility for incurring losses. Cleaning sweeps must be used to ensure good hole cleaning.	3339 m VD 3412,00 m MD 72,00 °	XR40YD2PD	Ppore-de 200kg/cm ²	GR/ Neutron / Résistivité / Densité/magéri e	
	Ra	3336							
	R2	3352	Sand & Clay						
	INFRACAMBRIEN								
	TD	3395							
OWC	3442								



NB: Les côtes des formations figurant sur la coupe stratigraphique sont celles correspondant à la verticale de la tête de puits.

Figure02 : Programme De Forage

- Phase 26"**-Réalisation De La Section : 506 M**

- Forage de la surface jusqu'à la cote 506m (40m dans le Sénonien Anhydritique).
- Boue Bentonitique d=1.05 (densité la plus faible possible), anti-bourrant à titre préventif.
- Tubage 18 5/8" J55 87,5# à cette côte, avec accessoires reforables au PDC.

- Phase 16"**-Réalisation De La Section : 1784 m**

- Reforage sabot casing 18 5/8" avec PDC bit.
- Boue à l'huile EI d=1,25sg (densité boue 1,25 avant le top du Turonien)
- Forage de 506m à 2290m (110m dans le Dogger Lagunaire)
- Descente d'une colonne 13" 3/8.
- Cimentation en un seul étage.

-La phase 12 1/4" verticale**-Réalisation De La Section : 760 m**

- Reforage du float collar et ciment jusqu'à 3m du sabot
- Boue à l'huile EI d : 2.02 sg
- Reforage ciment et sabot casing 13 3/8" et forage d'un mètre dans la formation.
- Forage vertical de la section de 2290m à 3050m (côte du KOP).

-La phase 12 1/4" Build Up**-Réalisation De La Section : 213 m**

- Forer en Build Up de 3050m à 3263 m MD (3251m VD)
- Descendre le tubage 9 5/8" 53.5# P110 BTC

-La Phase 8 3/8"**-Réalisation De La Section : 149 m**

- Boue à l'huile EI d= 1.40 sg. Préserver les caractéristiques de la boue.
- Reforer les accessoires casing 9 5/8" avec la BHA directionnelle.
- Forer en Build Up de 3263m MD à 3412 m MD (3339m VD) avec 7,65°/30m à 72°Inc, AZ= 120° (TOP Cambrien à 3336m VD).
- Descendre et cimenter la colonne complète de CASING 7" 32# - P110 BTC.

- Classification de la roche géologique et profondeur et ROP

TABLEAU 01: CLASIFICATION DE ROCHE ET PROFONDEUR

CLASSIFICATION	PROFONDEUR	ROP
MIO PLIOCENE	11 / 235 m	8.23 m/h
EOCENE CARBONATE	235/338 m	10.68 m/h
SENONIEN CARBONATE	338/487 m	7.13 m/h
SENONIEN ANHYDRITE	437/642 m	14.41 m/h
SENONIEN SALIFER	642 / 762 m	13.72 m/h
TURONIEN	762 /885 m	28.60 m/h
CENOMANIEN	885/1050 m	18.17 m/h
ALBIEN	1050 /1348 m	59.12 m/h
APTIEN	1348/1373 m	11.36 m/h
BAREMIEN	1373/1617 m	35.15 m/h
NEOCOMIEN	1617/1827 m	22.17m/h
MALM	1827/2071 m	5.86 m/h
DOGGER ARGILEUX	2071 / 2170 m	10.05m/h
DOGGER LACUNAIRE	2170/2410 m	4.20 m/h
LIAS LD1	2410/2498m	5.38m/h
LIAS LS1	2498/2551m	5.38m/h
LIAS LD2	2581/2625m	5.38m/h
LIAS LS2	2625/2696m	32.27m/h
LIAS LD3	2696/2722m	15.29m/h
TRIAS SALIFERE TS1	2722/2778 m	19.04 m/h
TRIAS SALIFERE TS3	2778/3209m	5.68m/h
TRIAS ARFILEUX G10	3210/3393m	1.94m/h
ERUPTIVE	3473/3481m	1.24m/h
CAMBRIENE/RI	3481/4173m	1.24m/h

CHAPITRE 02

LA PHASE 16"

- Introduction :

La phase 16" est la phase la plus profonde sur le champ de Hassi Messaoud, son découvert peut dépasser 2000m. La boue utilisée pour le forage de cette phase est à l'huile de densité (de 1,18 à 1,25sg).

2-1-Spécifications De La Phase 16'':

L'objectif de cette phase intermédiaire est de traverser en 13"3/8 les formations du crétacé et une partie du jurassique (l'Argileux et le lagunaire).

Ces formations ne supporteraient pas la densité requise pour continuer dans le lias en dessous.

La cote d'arrêt a été fixée à environ 110 mètres dans le dogger lagunaire en fonction de l'anhydrite s'y trouvant. On essaiera de positionner le sabot après avoir observé un ralentissement sur au moins 4 mètres.

Dans cette section, une attention particulière doit être portée à la formation du sénonien salifère ainsi qu'à l'Albien (d'équivalente maximum=1,17). En effet si une production d'eau douce de l'Albien est permise vers le sel du sénonien alors une érosion et dissolution importante peuvent engendrer des cavages dans le puits.

On pourra s'attendre à un ralentissement de l'avancement dans l'Albien à cause de la dolomie, et à des tirages dans les zones à sel, notamment lors des éventuelles manœuvres. C'est une phase longue généralement de 1880 mètres et foré idéalement avec un seul outil PDC.

La spécification de la phase est la présence des nappes aquifères et la formation salifère du sénonien.

Turonien aquifère :

Eau salée, sa salinité à Hassi Messaoud varie de 164 à 240 g/l, elle est non potable. La porosité de l'aquifère est d'environ 24%, l'eau en place est estimée à $2586,7 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ et la densité de contrôle de la pression de pores est d'environ 1,03.

Albien aquifère :

Eau douce, la salinité varie de 0,24 à 9,5 g/l elle est moyennement potable. La porosité de l'aquifère est estimée à 20,99% les réserves en places sont estimées à $5,508 \cdot 10^{13} \text{ m}^3$.

La densité au toit de l'Albien à Hassi Messaoud est estimée à environ 123 bars ($d_{eq}=1,17$).

Tableau 02: pourcentage d'argile de chaque couche

COUCHES	% D'ARGILE
SEN SALIFERE	/
TURONIEN	26,60
CENOMANIEN	10,40
ALBIEN	4,00
APTIEN	14,40
NEOCOMIEN	87,80
MALM	55,00
DOGG ARGILEUX	95,00
DOGG LAGUNAIRE	5,00

2-2-Objectifs De La Phase 16" :

Les principaux objectifs de cette phase sont les suivants :

- I- Forage de la section en un seul run.
- II- Zéro lost time accident (LTA).
- III- Poser et cimenter le 13"3/8 110mDV dans le dogger lagunaire.
- IV- Assurer un bonne isolation des terrains albien et barrémien.
- V- Pas d'atteinte à l'environnement.

2-3-BHA Utilisée :

Tableau03 : Valeur de BHA

ELEMENTS	Jts	Longueur (m)	ID (in)	OD (in)
16" PDC Bit	1	0.40	0.00	16,00
Near bit stabilizer 16"	1	2.00	3.00	15,88
9"1/2 Short Drill Collar	1	3.62	3.00	9,50
String Stabilizer 16"	1	2.23	3.00	15,88
9" 1/2 Drill Collar	1	9.16	3.00	9,50
String Stabilizer /16"	1	2.23	3.00	15,88
9" 1/2 Drill Collar	2	18.12	3.00	9,50
XOS	1	1.12	3.00	9,50
8" Drill Collar	9	81.79	2.81	8,00
Hydraulic Jar 8"	1	9.90	2.81	8,00
8" Drill Collar	2	18.17	2.81	8,00
XOS	1	1.09	2.81	8,00
5 1/2" HWDP	12	110.84	3.63	5,50
Longueur totale		260.67		

2-4-Paramètres de forage :

WOB = 5 -20 tonnes

RPM = 80 - 150 rpm

Q = 2800 - 3200 lpm

d= 1.18 – 1.25 sg

2-5- Performance de la phase 16:

Tableau 04: paramètres de forage

Formation	Drill performance						Drill paramètre				
	OUT (m)	IN (m)	MT R	HRS (h)	ROP (m/h)	W OB	RPM (rpm)	TR Q	F L	SP P	
Sénonien	668	468	200	18.3	17.5	15-	120	N	30	160	
Sénonien	832	668	164	11.5	21.4	18-	120	N	32	170	
Turonien	928	832	96	10.9	21.7	18-	110-	N	29	144	
Cénomani	1071	928	143	13.8	25.9	14-	90-	N	32	190	
Albien	1439	1071	368	16.9	40.5	12-	110	N	32	200	
Aptien	1464	1439	25	6.5	8.01	18-	110	N	32	200	
Barrémien	1707	1464	243	10.5	28.6	7-	75-	N	19	315	
Néocomie	1903	1707	196	15	22.1	5-	75-	N	32	215	
Malm	2136	1903	233	36.5	11.7	5-	90-	N	32	221	
Dogger	2241	2136	105	13	19.5	8-	90-	20	32	230	
Dogger	2351	2241	110	26.6	7.94	10-	100-	40	32	225	
ROP (m/h)	19										
HRS	217.56										
MTR (m)	1804										
Depth	Out	2292									
	In	488									
JETS/32 TFA	9*12										
SERIAL N°											
TYPE	TFX913S_A1										

2-6- Réalisation De La Phase :

La section est 1804 m de longueur, sa réalisation se fait comme suit:

- A- Reforage du shoe casing 18^{5/8} avec un PDC bit.
- B- Utiliser une boue à l'huile de densité d=1.18 à 1.25 sg(densité 1.25 avant le top du turonien).
- C- Forage de 488 m a 2292m.
- D- Tubage 13^{3/8} 68# N-80 et 13^{3/8} 54.5# K-55, avec accessoires reforables au PDC.
- E- Cimentation en un seul étage et test casing à 3250psi (d=1.25 sg)
- F- La gaine de ciment est composée d'un laitier allégé de tête .

BOP annulaire

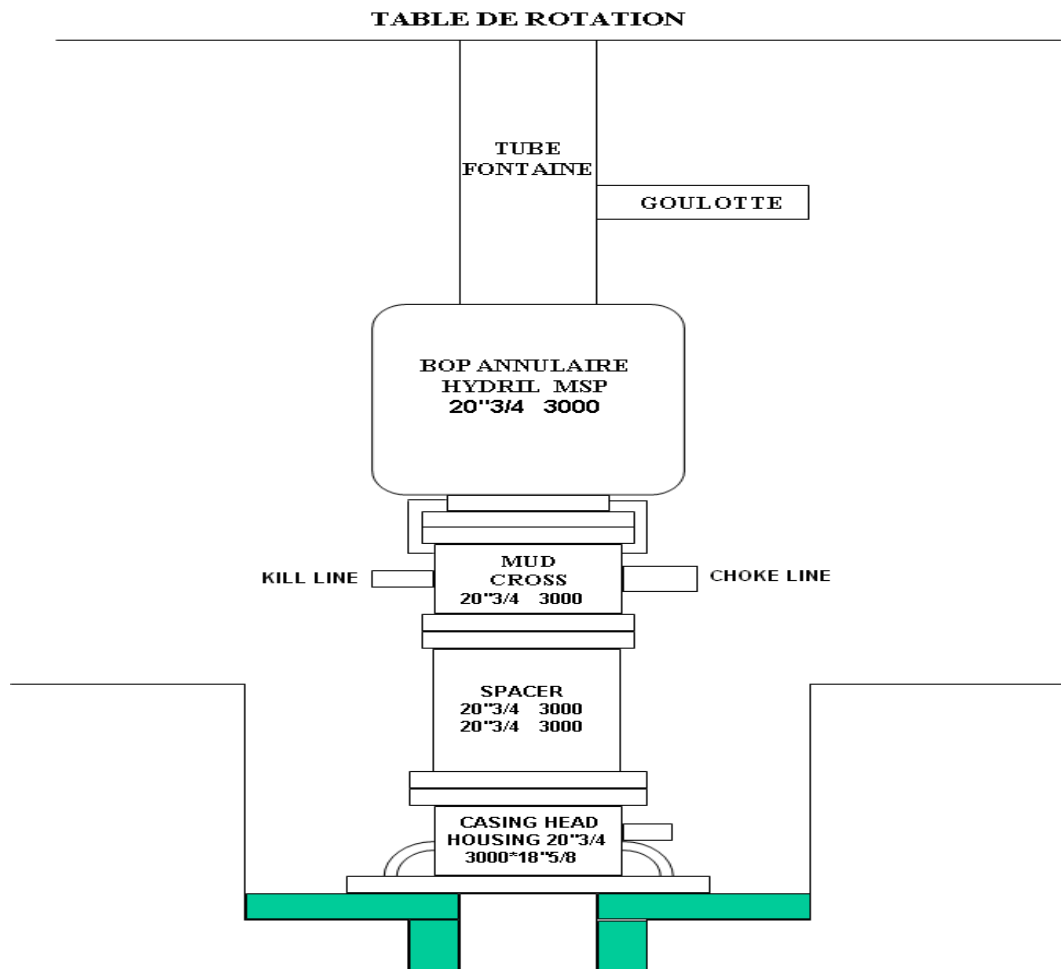


Figure02 : BOP annulaire

Chapitre 3
Descente et cimentation de la
Colone 13 "3/8

3-1- Préparation du Tubage:

3-1-1- Calibrage des Tubes :

Les tubes doivent être aussi mesurés et numérotés dans un cahier, les protecteurs des filetages ôtés et les joints nettoyés et graissés. Les protecteurs de l'extrémité male doivent remis en place pour protéger le filetage pendant la manutention.

3-1-2- Habillage de la Colonne :

La préparation de la colonne comporte en outre la mise en place des accessoires :

➤ Le Sabot (shoe):

Facilite la descente et le guidage de la colonne.

-Sabot à canal (guide shoe): " le cas de notre colonne "

Il permet la pénétration directe de la boue dans le tubage lors de la descente.



Figure03 :Guide shoe

➤ L'anneau de retenue (landing collar) :

Servir un siège au bouchon de cimentation

-Float collar : " le cas de notre colonne "



FIGURE03 :Float collar

➤ **Les centreurs (centraliser):** Il y a deux types :

▪ **Centreurs rigides :**

Avec lames en "U", ils sont utilisés aux espaces annulaires (tubage-tubage).

▪ **Centreurs souples** (droits et spiralé) :

Sont utilisés aux espaces annulaires (tubage-trou).



FIGURE05 : Les centreurs

3-2- Caractéristiques du tubage utilisé:

Les tubes utilisés sont de 2 grades différents.

1- grade : N80

- Diamètre extérieur = 13 3/8" (339,725 mm).
- Masse nominale = 68 lb/ft.
- Filetage : Buttress.
- Résistance à l'écrasement = 2262 Psi.
- Résistance à l'éclatement = 5078 Psi.
- Tension à la limite élastique = 705 TON

2- grade : k55

- Diamètre extérieur = 13 3/8" (339,725 mm).
- Masse nominale = 54.5 lb/ft.
- Filetage : Buttress.
- Résistance à l'écrasement = 1131 Psi.
- Résistance à l'éclatement = 2740 Psi.
- Tension à la limite élastique = 386 TON

3-3-Composition de la colonne :

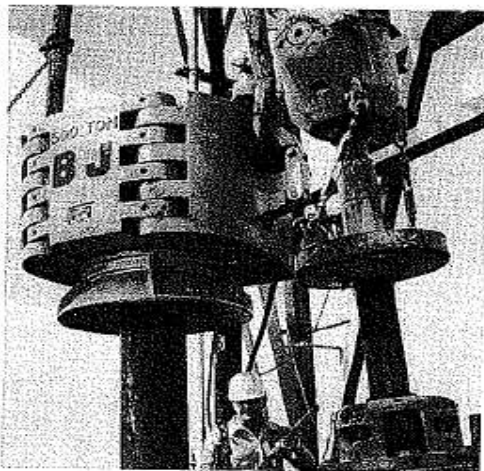
- Sabot 13 3/8 - 48/86# Buttress, reforable au PDC.
- 2 joints casing 13 3/8,68#, N80, Buttress.
- Anneau 13 3/8 – 48/72# Buttress, reforable au PDC.
- 95 joints casing 13 3/8,68#, N80, Buttress
- 98 joints casing 13 3/8,54.5#, K55, Buttress

3-4- Descente de la colonne:

3-4-1-Vissage et serrage des joints :

Le sabot est vissé et serré sur le walk way par l'équipe de chantier a l'aide de clés de grande capacité .pour avoir une bonne adhérence. On utilise un produit spécial appelé Baker-Lock .C'est une graisse spéciale que l'on étale sur le filetage du tube avant de visser le sabot.

Le principe de manipulation des tubes est le même que celui des tiges de forage mais l'équipement est adapté aux diamètres des casing et à leur résistance plus faible à l'écrasement. L'emploi d'une table de cimentation et d'élévateur à coins est fréquent.



Tête de tubage et spider de levage
(Source : BJ Hughes).

FIGURE06: tete de tubage et spider de levage

-Le vissage des tubes entre eux se fait à l'aide de clés hydrauliques.

Une société de service est souvent employée pour cette opération délicate.

3-4-2-La vitesse de descente :

Il faut faire cette descente le plus rapidement possible car comme toute manœuvre, cela représente un temps improductif, mais la vitesse de descente de la colonne doit être contrôlée en fonction de la surpression (surge) qu'elle procure sur le fond et les parois du trou. Le travail doit être bien organisé car tout arrêt en cours de descente, suit à un incident, signifie un grand danger de coincement du casing à cette cote.

La vitesse de descente est exprimée comme suite:

Tableau 05: Temps de la descent de tubage

tubage	Vitesse de descente (m/h)	Nombre de tubes/heure
18" 5/8	50	6
13" 3/8	80-100	10
9" 5/8	130	15
7"	180-240	20

3-4-3-Remplissage et Circulations:

Le chef de poste doit veiller au remplissage de la colonne, si nécessaire, et surveiller le niveau hydrostatique dans le puits. Le tubage étant au fond, on peut reconditionner la boue.

La circulation ne sera arrêtée que lorsque :

- la boue ne remonte plus de déblais,
- le fond gazeux est faible et constant,
- il n'y a pas de perte ni de venue,
- tout le volume de boue en circulation est homogène,

La colonne étant équipée de la tête de cimentation et des bouchons, la cimentation proprement dite peut démarrer.

3-5- Opération De Cimentation :

Les cimentations consistent en la mise en place d'un laitier de ciment approprié à une cote donnée du puits ou dans l'espace annulaire entre le trou foré et le cuvelage en place.

Il existe différents type de cimentation répondant chacun à un problème particulier.

3-5-1-Buts De L'Opération De Cimentation :

Les buts de la cimentation des cuvelages ou du casing sont multiples :

- isoler une couche productrice des couches adjacentes,
- assurer mécaniquement les tubages dans la formation.
- protéger ces tubages contre la corrosion due aux fluides contenus dans les couches traversées,
- fournir une base étanche aux équipements de contrôle et de sécurité installés en tête de puits,
- les cimentations en pressions appelées squeezes ou esquichages, en trous tubés perforés ont pour buts :
 - d'injecter du ciment complémentaire, à travers les orifices des perforations pratiquées dans les tubages, pour consolider ou réparer la cimentation primaire de ces tubages,
 - d'obturer une couche productrice épuisée,
 - d'isoler une couche des zones adjacentes dans le but de limiter la proportion d'eau ou de gaz accompagnant la production d'huile,
 - pose de bouchons de ciment en trou ouvert, en cours de forage
 - de colmater des venues d'eau.
 - d'obturer des zones à pertes de bous de forage.
 - de servir de point d'appui à une déviation du forage (side track)
 - de respecter des séquences d'abandon de puits.

3-5-2-Généralités Sur Les Ciments :**-Hydratation et prise du ciment :**

Il y a trois étapes principales successives :

- Le mouillage.
- La prise
- Le durcissement.

- Classification Des Ciments:**- Les ciments portland brut :**

- Class A, B, C, D, E, F, G, H et J.

- Les ciments spéciaux :

- Ciments allégés
- Ciments à la bentonite.
- Ciments denses.

- Ciments pour températures élevées.

- Ciment a basse température.

-Caractéristiques des laitiers de ciments :

-Densité des laitiers : la densité du laitier influe sur :

-la pression hydrostatique encours de cimentation.

-le temps de pompabilité.

-la résistance à la compression du ciment durci.

-la perméabilité du ciment.

-Filtration : influe sur les caractéristiques mécanique de ciment durci.

-Eau libre : peut former un anneau d'eau à la partie supérieur de la gaine de ciment.

-Temps de pompabilité : c'est le temps pendant le quel le laitier reste pompable.

-Résistance a la compression: le ciment doit supporter les contraintes mécanique et thermique et les vibrations pendant tout la durée de vie de puits.

-Perméabilité : l'aptitude d'un ciment durci à laisser traverser par les fluides.

-Les Laitiers De Ciment : eau de gâchage +additifs+ciment pur.

-Eau De Gâchage : on peut fabriquer le ciment avec eau douce, eau salée, eau salée saturée, ou eau de chantier.

Additifs :

- Fluidifiants
- Réducteurs de Filtrat
- Retardateurs
- Accélérateurs
- Allégeant
- Anti-mousse
- Dispersent.

3-5-3- Matériels De Cimentation :

L'équipement de cimentation primaire est standard, comme :

➤**La Tête De Cimentation :**

Vissée au sommet du tubage, contient les deux bouchons, elle doit permettre la circulation de boue, l'injection du laitier après le largage du bouchon inférieur, la chasse du bouchon supérieur avec la boue initiale.

➤ **Les Bouchons De Cimentation :**

On distingue deux types:

- **Bouchon inférieur** (*bottom plug*) :
 - Séparer les fluides.
 - Racler les parois du tubage, évitant le plus possible la contamination
- **Bouchon supérieur** (*top plug*) :
 - ❖ Etudier pour être étanche et résistant aux hautes pressions.
 - ❖ Sert à chasser le laitier.
 - ❖ Vient se mettre en place normalement sur le bouchon inférieur dispositif
 - ❖ Permet de réaliser un test en pression de la colonne.

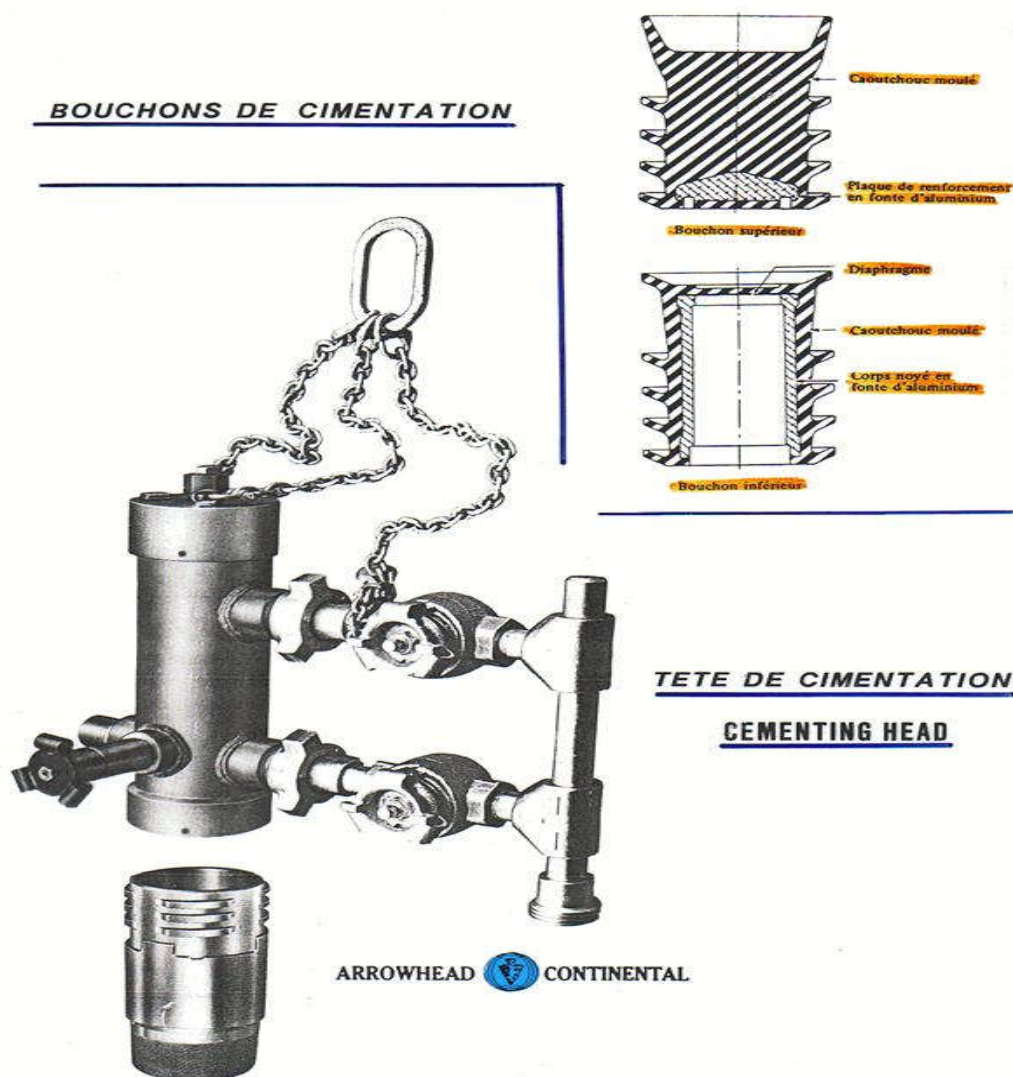


FIGURE06 : tete cimentation et bouchons

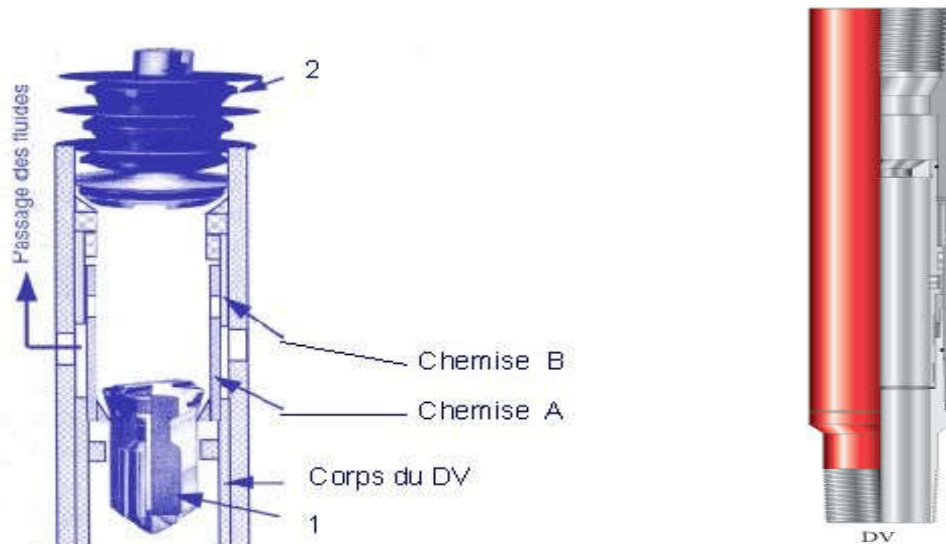
- Cimentations étagées:➤ **L'anneau de cimentation étagé « DV » (Diverter Valve) :**

FIGURE07 : illustrations dessin buchon

Pour la cimentation à deux étages, il faut incorporer un anneau de cimentation étagé « **DV** » (Diverter Valve). Cet équipement joue le rôle d'un by-pass entre l'intérieur de casing et l'annulaire afin de pouvoir circuler et chasser du ciment dans cet annulaire à la côte choisie.

Mode d'emploi : Lorsque la cimentation primaire est effectuée, on ouvre la DV par action de pression sur la pompe (1) obturant la chemise inférieure (A). La cimentation du deuxième étage peut alors avoir lieu. Puis l'envoi du bouchon de fermeture (2) déplace la chemise supérieure (B) en fin de chasse et referme les by-pass.

3-5-4- Principes De La Méthode De Cimentation:

Il s'agit de forcer un laitier de ciment dans l'espace annulaire existant entre l'extérieur du tubage en place et la paroi du trou, en l'injectant directement à l'intérieur du tubage à cimenter ou à travers les tiges de forage, de façon à le faire ensuite remonter dans cet annulaire jusqu'à une hauteur prédéterminée.

Ce laitier est généralement mixé en surface de façon continue au moyen de deux éducteurs d'eau sous pression qui mouillent et entraînent le ciment pulvérulent jusqu'à un petit bac tampon où ce laitier, dont la densité est contrôlée en permanence. Il est ensuite repris par des pompes à pistons haute pression pour être injecté dans le puits.

Le réglage de la densité du laitier est obtenu par les variations d'un débit d'eau se déversant en aval du point de rencontre ciment et eau de mixage.

L'alimentation en ciment sec se fait par gravité à partir d'un silo. Les équipements modernes comportent une alimentation de ciment en conduite sous pression d'air jusqu'au contact avec l'eau de mixage.

3-5-4-1- Cimentation Primaire:

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

Un à-coup de pression perfore le bouchon inférieur pour laisser circuler le laitier qui pousse directement la boue en place et lave à la fois les parois du trou et l'extérieur du casing au cours de son écoulement. Lorsque tout le laitier est injecté, on libère le bouchon supérieur déplacé par circulation de la boue de forage. Cette opération est appelée chasse. Le volume de chasse est le volume de boue entrez l'anneau et la tête de cimentation. En fin de chasse on doit remarquer une montée en pression qui signifie l'arrêt du bouchon supérieur.

La maintien d'une surpression pendant quelques minutes permet de faire en même temps un test d'étanchéité de la colonne.

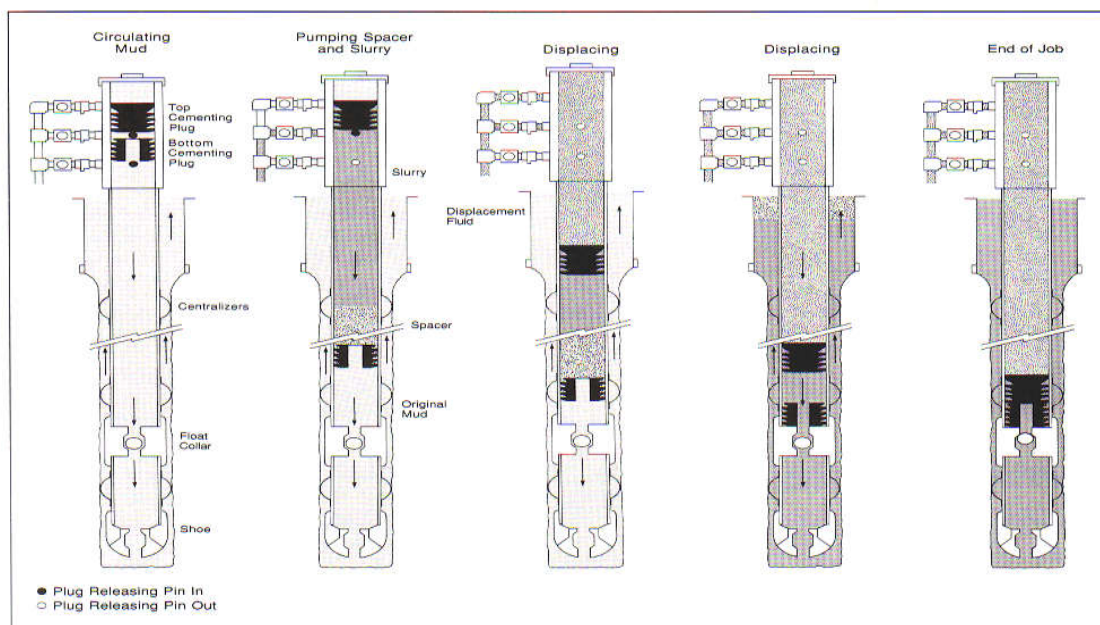


FIGURE08 : les etapes operation de cimentation

3-5-4-2- Cimentation A Deux Etages :

La colonne est équipée de la DV à la côte désirée. La cimentation primaire est effectuée d'une manière classique avec toutefois l'utilisation de bouchons devant passer à travers le rétrécissement procuré par la DV. Après l'à-coup de pression, on laisse tomber la bombe (50 à 60 m/min suivant la déviation) ; la pression d'ouverture cisaille des goupilles et déplace la chemise (de l'ordre de 10 MPa). On peut alors injecter le laitier, mais on n'utilise pas de bouchon de tête. en fin d'injection, on libère le bouchon de queue que l'on chasse jusqu'à la DV par déplacement d'une seconde chemise.

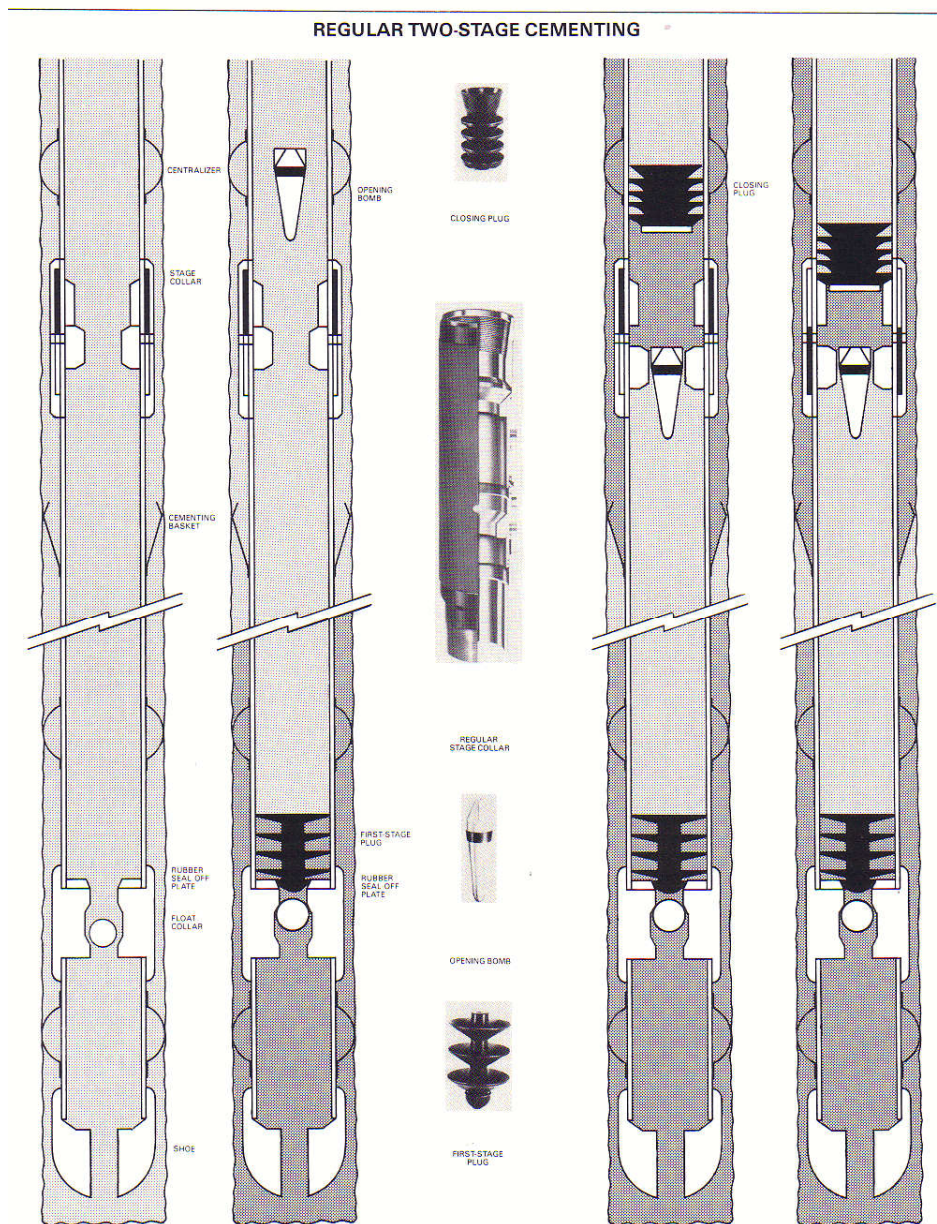


FIGURE09 : controle de cimentation

3-6-Contrôle De Cimentation :

Après cimentation 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.

3-6-1-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 thermométrie sur la courbe du diamètreur effectué avant la descente du tubage.

Contrôle de la qualité de la cimentation :

Si la thermométrie donne quelques renseignements sur la présence ou non de zones polluées dans la cimentation, elle ne précise pas si le ciment adhère correctement aux parois du tubage.

L'enregistrement (cement bond log) (CBL) permet de déterminer les zones de bonnes et mauvaises cimentations.

Le principe de l'appareil est le suivant : on a constaté que l'amplitude d'un signal acoustique donné subissait une atténuation notable lorsque l'onde sonore était transmise à travers le ciment, ce qui se produit lorsque ce dernier est adhérent au métal des tubes et à la formation. Dans le cas contraire, la totalité de l'onde est transmise par l'acier sans diminution d'amplitude.

L'appareil comporte donc un émetteur acoustique et un organe récepteur qui enregistrent les variations d'amplitude du signal reçu.

3-6-2-Contrôle de l'étanchéité du tubage et de la cimentation du sabot :

Il est bon, après cimentation, de vérifier l'étanchéité de la colonne.

Cet essai se fait, soit :

- Peu après l'arrivée du bouchon supérieur sur l'anneau de retenue.

Une fois l'à-coup de pression obtenu, on branche à nouveau les pompes haute pression de cimentation sur la tête de cimentation et on pompe jusqu'à ce que la pression atteigne la pression d'essai (de l'ordre de 80% de la pression d'éclatement du tubage).

-Après reforger d'une partie du ciment et forage de 1 ou 2 m au dessous du sabot.

3-7-Préparation des matières :

Préparation la quantité de ciment suffisante bien avant l'opération de cimentation. L'approvisionnement au chantier se fait par des silos de capacité variant de 20 à 50 tonnes. Préparer le volume d'eau de mixage nécessaire.

3-8-Préparation du matériel:

- Table de tubage : mettre en place les spiders correspondant au diamètre de la colonne.

- Elévateur de tubage : pour manipuler tout la colonne

- Collier de tubage : c'est un petit élévateur pour manipuler un seul tube

- Passerelle de tubage: c'est une petite plate-forme réglable en hauteur

En fonction de la longueur du tube. Elle permet à l'accrocheur de maintenir le tube pendant son vissage.

- Protecteurs en caoutchouc de tubage

- Clés de serrage.

-Faire un filage et coup du câble si nécessaire.

-Préparer les pompes en mettant en place chemisage correspondant.

-Préparation du volume suffisant de boue dans les bacs

-Préparer la conduite de cimentation

-Tête de cimentation : Elle es vissée sur le dernier tube de la colonne. Elle permet de loger les bouchons de cimentation.

- Une unité de cimentation équipées de:

-Force motrice.

-Moyens de pompage.

-Mélangeur.

-Bacs de 3 m³ de volume.

3-9-Circulation avant la cimentation :

Il est recommandé de circuler deux fois le volume de puits pour bien le nettoyer. Cette circulation se fait en trois étapes:

1-Circulation au sabot précédent.

2-Circulation intermédiaire.

3-Circulation finale.

Respecter les paramètres de circulation du programme de cimentation. En effet ces paramètres ont une influence sur la température et sur le temps de pompabilité des laitiers.

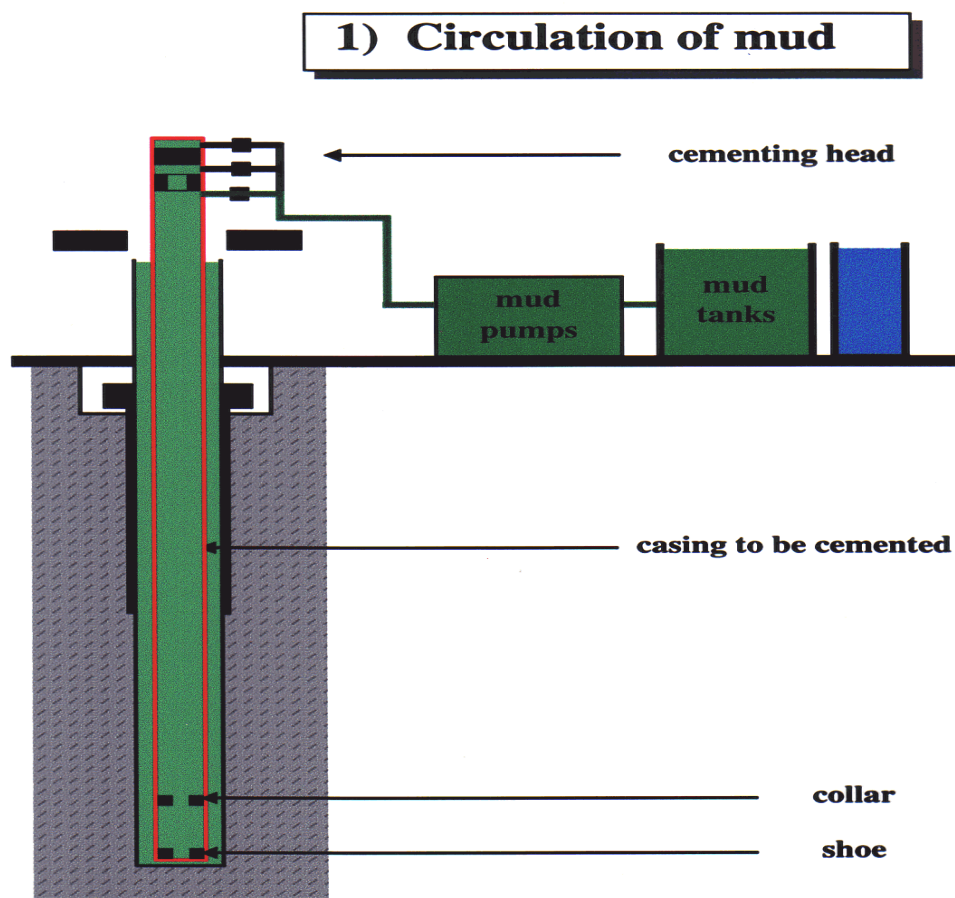


FIGURE10 :circulation of mud

CHAPITRE 4

Deroulement des operation

4-Deroulement De L'opération :**4-1-Préparation :**

- prélever des échantillons de boue (à TD) et d'eau du chantier,
- effectuer les tests des caractéristiques des laitiers et spacers (préparés avec un échantillon d'eau du chantier),
- effectuer les tests de compatibilité boue / laitiers / spacers (avec un échantillon de boue du chantier).

Vérifier :

- Sabot à canal,
- Anneau muni d'un dispositif anti-retour (s'assurer de la reforabilité au PDC)
- Bouchons de tête et queue (pas d'anomalies apparentes)
- Bacs Cimentation ouverts et propres.

4-2-Characteristiques Des Laitiers Et Spacers :

Suivant le programme de cimentation.

Programme type:

2.1 Pompage avant les laitiers :

Tableau07 : Le volume pompe :

Description	Densité	Volume m3
Chemical wash	1.10	10
Spacer	1,11	3

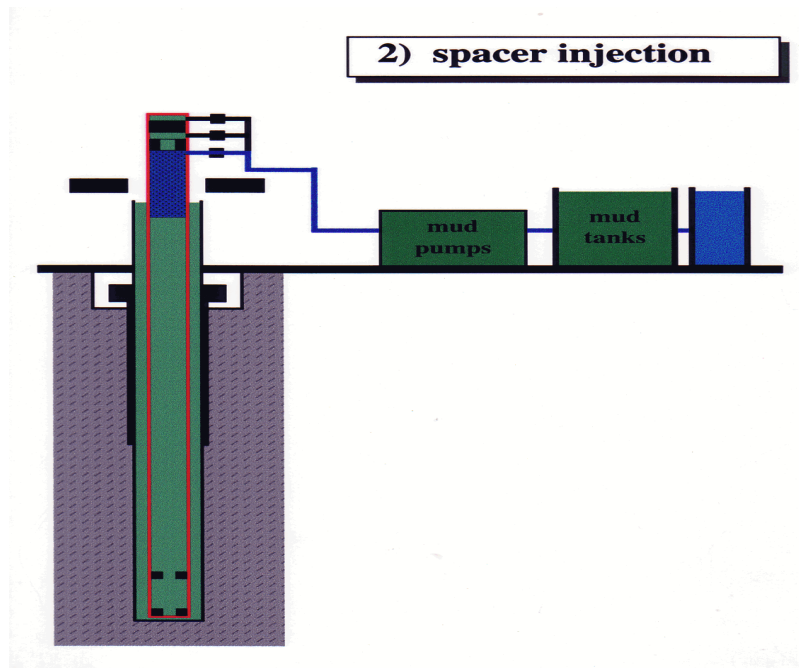


FIGURE11 : spacer injection

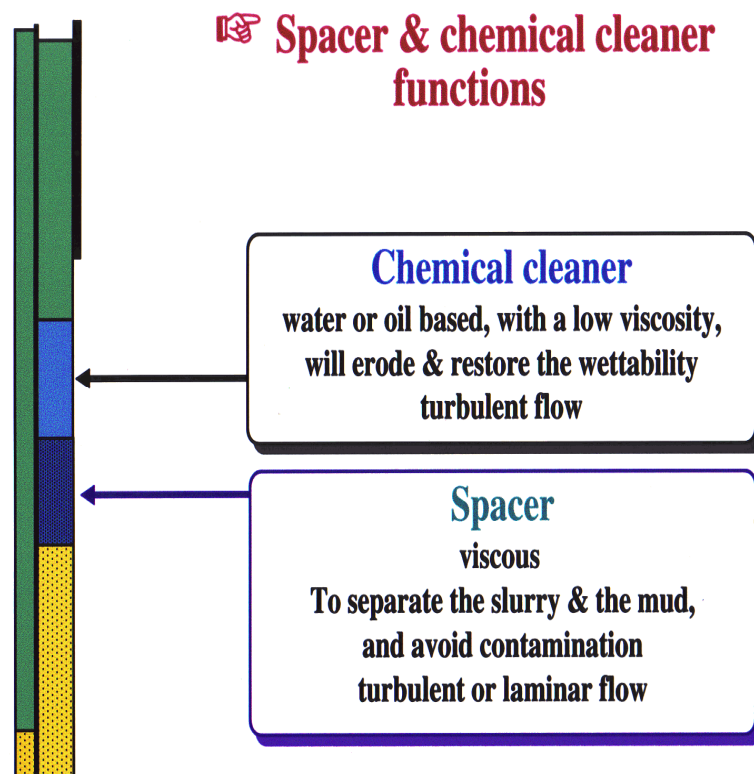


FIGURE12 : les etape de produit injection el la boue

- Suivant le programme de cimentation de l'Ingénierie.
- Le programme a été établi de façon à assurer dans l'annulaire une **densité équivalente supérieure à la densité 1,20 requise** au dessus de l'Albien.

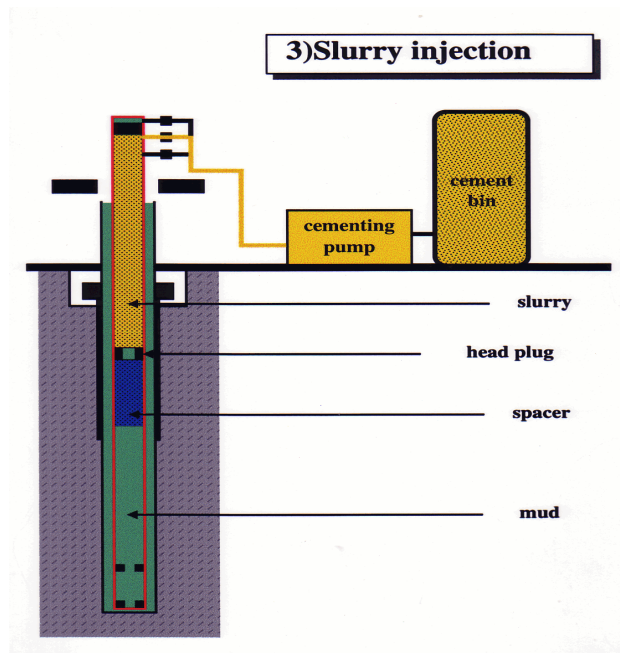


FIGURE13 : slurry injection

4-3-Chasse De Laitier :

Le déplacement du laitier ou la chasse se fait avec de la boue pompée par les pompes du chantier. Elle est composée des volumes suivants:

- 1 m³ d'eau pompé par l'unité de cimentation avec un débit de 1000 l/min.
- 150 m³ de boue pompé par les pompes du chantier avec un débit de 1000 l/min.
- 20 m³ de boue pompé par les pompes du chantier avec un débit de 1000 l/min.
- 10.69m³ de boue pompé par les

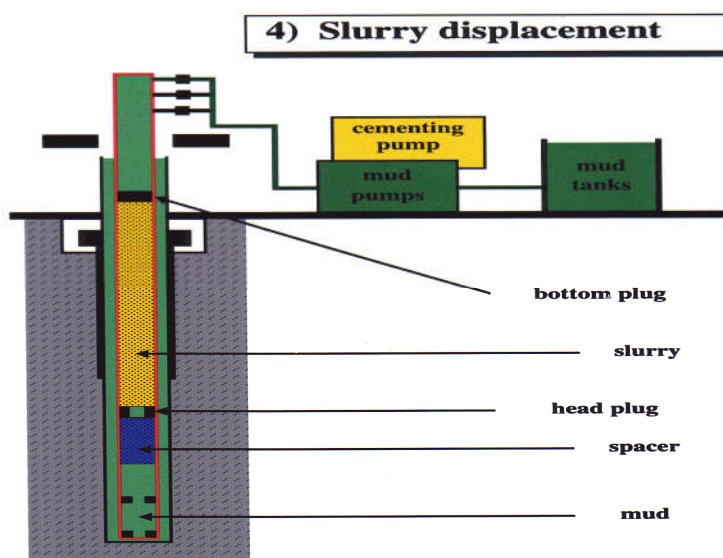


FIGURE14 : SLURRY DISPLACEMENT

Après avoir pompé tout le volume de chasse le deuxième bouchon arrive a l'anneau et se pose sur le premier bouchon .Le laitier sera entre le tubage et la formation dans le découvert et de 200 m dans l'entrefèr.

4-4-DETAIL DES OPERATIONS :

Tableau08 : OPERATIONS DE cimentation

Etape	Cimentation 13''3/8	Remarques
1	Tester l'unité de cimentation dès son arrivée sur site. Vérifier silos, tête de circulation et de cimentation. Vérifier les quantités d'additifs et ciment disponibles pour la cimentation. Mettre en place les volumes d'eau et de chemical wash pour les spacers et les laitiers.	Suivant procédure générale de cimentation. Tenir compte du volume des impompables. L'utilisation de bacs ouverts est impérative.
2	Introduire les bouchons dans la tête de cimentation.	
3	Une fois tubage au fond et circulation établie: Monter la tête de cimentation. Tester les lignes.	
4	Circuler selon le programme de cimentation. Mélanger les additifs à l'eau de gâchage.	
5	Prélever 10 kg de ciment et 10 l d'eau de gâchage de chaque laitier.	
6	Pomper le chemical wash et spacer (s).	Vérifier le retour à la goulotte
7	Larguer le bouchon de tête. Mixer et injecter les laitiers.	Faire un suivi permanent de la densité des laitiers uniquement à la balance pressurisée. Prélever les échantillons de laitier.
8	Larguer le bouchon de queue. Déplacer avec les pompes du rig.	Vérifier le retour à la goulotte.
9	A l'à-coup de pression tester la colonne 10 mn (pression 3250 psi ou selon fiche puits). Purger (en cas de retour, repomper le volume retourné et attendre le séchage du laitier).	Regrouper les échantillons de surface. Faire le bilan des volumes (pertes / gains).

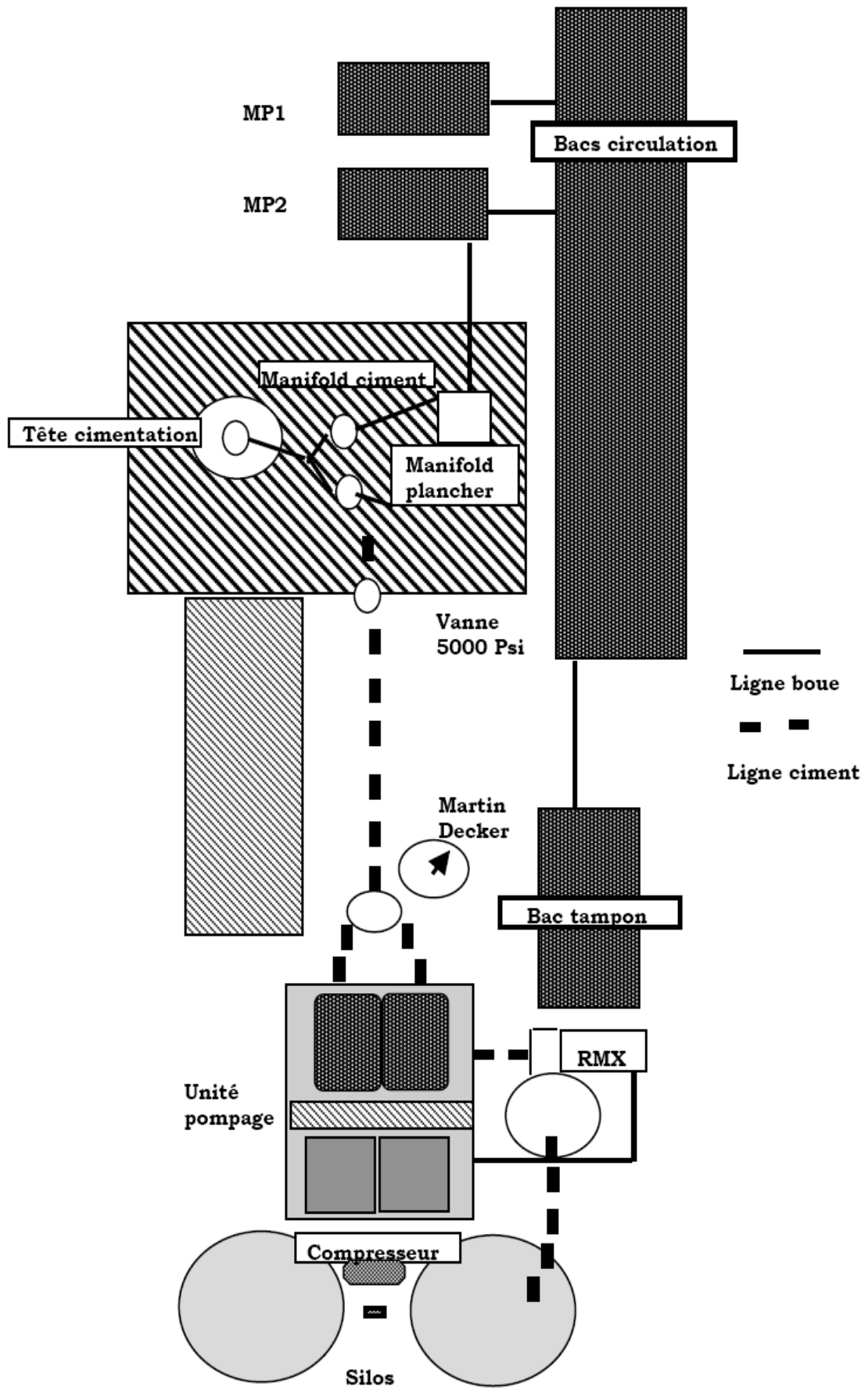


FIGURE15 : Implantation de l'unité de cimentation

Exemple de demande de formulation de laitier

Tableau 09 : formulation de laitie

SH FOR DRMD ING.FC.	DEMANDE DE FORMULATION CSG 13 3/8	PUITS : APP :		
Date :	PHASE: 16"			
Societe :	Tubage <input checked="" type="checkbox"/> Liner <input type="checkbox"/> Bouchon <input type="checkbox"/> Etage 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> Squeeze <input type="checkbox"/>			
DERNIER TUBAGE :	DIA : 18 5/8" SABOT m : 484 Poids lbs/ft: 87,5			
DECOUVERT				
Diametre	16" in	CASING PREVU :		
Deqv fract.	1,75 s.g	Diametre Ext.		
Deqv pore ALB.	1,16 s.g	Diametre Int.		
	m	Poids		
Cote anneau	2302 m	Nuance		
Cote sabot	2326 m	Volume Int.		
		Filetage		
TEMPERATURES :				
PROFONDEUR	2326	m		
GRADIENT	2,9	°C/100m		
BHST	96	°C		
BHCT	62	°C		
SCHEDULE		API		
BOUE DE CIRCULATION :				
TYPE : OBM	DENSITE : 1,25	VP/YV : 25/10		
	FILTRAT : 4/6	GELS : 5/10		
CARACTERISTIQUES DES LAITIERS:				
	Laitier 1	Laitier 2	Laitier 3	
Profondeur	2326	2242	1433	
Densite	2,00	1,90	1,42	
Pompabilite à 40UC	4 à 5	4 à 5	6 à 7	
Filtrat	ND	ND	80	
RC à 24hres	3500	3500	2500	
RHEOLOGIE				
300	90	90	80	
VP - YV	60 - 30	60 - 30	60 - 25	
Excès en %	0	15	25	
TOP de ciment	2246	1433	284	
Eau de gachage	douce	douce	douce	
COMMENTAIRES :				
.Caractéristiques boue et cotes peuvent évoluer en cours de forage de cette phase .				
.Le volume du shoe slurry (laitier 1) est de 5m3.				

Tableau10 :programme de cimentation

SH - FOR - DRMD ING.F.C.		PROGRAMME DE CIMENTATION CASING 13" 3/8		PUITS : APP :				
Date : Société :		BHST = 95 °C BHCT = 62 °C		Temps de prise à 40°C : d = 1,42 7hrs 03 mn d = 1,90 7hrs 00mn d = 2,00 6hrs 50mn				
Diesel	37 m	DIESEL						
		Densité	0.85		s.g			
		VOLUME	5.00		m ³			
		Hauteur	73		m			
		Débit injection	1000		lt/mn			
		Spacer	110 m	SPACER				
				Densité	1.30		s.g	
				VOLUME	12.00		m ³	
				Hauteur	174		m	
				Débit injection	1000		lt/mn	
Eau	851			lt/m ³	10212	lt Eau chantier		
Agent gélifiant	1.5	kg/m ³	18	kg				
Alourdissant	396	kg/m ³	4752	kg				
Anti-mousse	2	lt/m ³	24	lt				
Surfactant	50	lt/m ³	600	lt				
Top ciment	284 m	LEAD SLURRY						
		Densité	1.42		s.g			
18 5/8	484 m	VOLUME THEORIQUE	36.84		m ³			
		VOLUME CALIPER						
		Excès	25%	9.2		m ³		
		VOLUME CSG x CSG	13.8		m ³			
		VOLUME TOTAL	59.84		m ³			
		Débit injection	900		lt/mn			
		Ciment	1	t	35	t G.HSR		
		Eau	837	lt/t	29.3	m ³		
		Anti-mousse	2	lt/t	69.9	lt		
		Chlorure Potassium	25.1	kg/t	877.9	kg		
Réducteur Filtrat	10	kg/t	350	kg				
Agent adhérent	200	lt/t	6995	lt				
Retardateur	21	lt/t	734	lt				
Agent allégeant	250	kg/t	8744	kg				
RENDMENT	1711		lt/t					
Lead Slurry Fond d = 1,45	1427 m	TAIL SLURRY						
		Densité	1.90		sg			
		VOLUME THEORIQUE	32.5		m ³			
		VOLUME CALIPER						
		Excès	15%	4.9		m ³		
		VOLUME TOTAL	37.4		m ³			
		Débit injection	800		lt/mn			
		Ciment	1	t	49	t G.HSR		
		Eau	402	lt/t	20	m ³ Eau chantier		
		Anti-mousse	2	lt/t	98	lt		
Réducteur Filtrat	30	kg/t	1473	lt				
Retardateur	8.25	lt/t	405	lt				
RENDMENT	761		lt/t					
Tail Slurry d = 1,90	2247 m	SHOE SLURRY						
		Densité	2.00		sg			
		VOLUME THEORIQUE	3.1		m ³			
		Vol. int. CSG	1.9		m ³			
		VOLUME TOTAL	5.0		m ³			
		Débit injection	800		lt/mn			
		Ciment	1	t	7	t		
		Eau	326	lt/t	2	m ³ Eau chantier		
		Anti-mousse	2	lt/t	14	lt		
		Réducteur Filtrat	30	kg/t	210	lt		
Retardateur	8.5	lt/t	60	lt				
RENDMENT	685		lt/t					
Shoe Slurry d = 2,00	2303 m	DEPLACEMENT						
		Type d'écoulement						
		Densité de la boue	1.25		s.g.			
		VOLUME DE DEPLACEMENT	177.9		m ³			
		VOLUMES M3		Débits lt/mn				
		120	1400					
		50	1000					
		7.9	500					
		13 3/8	2327 m	DUREE OPERATION				
				Fabrication	113		mn	
Déplacement	152			mn				
Divers	30			mn				
TOTAL	295		mn					
COMMENTAIRES :								
. Tubage au fond circuler 4hrs à raison de 1400lt/mn								
. Respecter l'ordre du passage des produits (Spacer & Laitier)								
. Chasse avec pompe du Rig et à-coup avec unité.								
. Densité à contrôler en surface pour le laitier allégé est de 1.42 s.g avec densimètre pressurisé								

CHAPITRE 5

CIMENT LITECRETE

5-1-HISTORIQUE :

Le ciment Portland est un matériau hydraulique utilisé depuis un siècle pour cimenter les puits. En effet, son mélange avec de l'eau forme une suspension (coulis ou laitier) adaptée à la mise en oeuvre. Les réactions chimiques entrent en jeu et cette suspension "prend" et devient un solide costaud et imperméable, remplissant donc les fonctions souhaitées de supporter le tubage et d'étanchéifier et d'isoler les différentes couches.

Le rapport eau/ciment gouverne toutes les propriétés du mélange final durci, et en particulier la résistance à la compression et la perméabilité.

Historiquement, cette résistance à la compression a été la seule mesure faite de manière à peu près routinière sur le ciment durci. Les propriétés mécaniques de la gaine de ciment dépendent donc directement de la densité du coulis. Mais cette densité n'est jamais ou rarement choisie en fonction d'une propriété à atteindre car elle est le plus souvent imposée par d'autres conditions de puits comme par exemple le fait d'éviter toute perte en cours d'opération.

Avant on utilisait des ciments allégés par la mousse qui a pris naissance en 1989 (foamed cement) pour pouvoir pomper les volumes importants à des profondeurs très longues et éviter de cracker la formation, mais ce ciment a des mauvaises caractéristiques mécaniques ce qui a obligé les spécialistes du domaine à chercher un autre laitier plus performant et en 1997 un laitier de meilleurs caractéristiques mécaniques et de densité requise a apparaît au monde de cimentation des puits pétroliers. C'est le *LiteCRETE*.

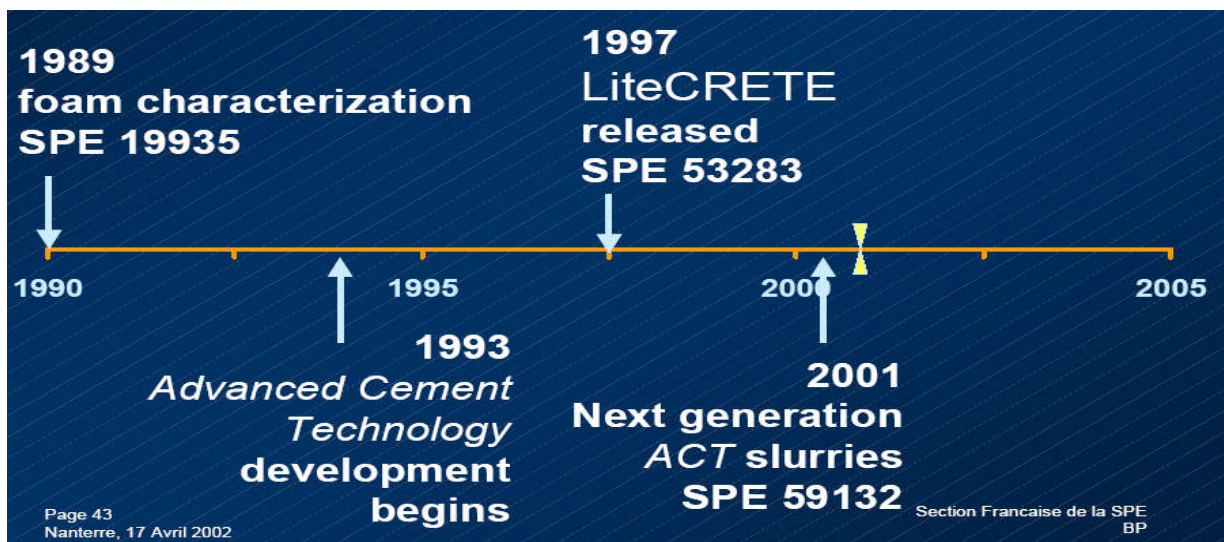


Figure16 : les stades de developpement de ciment

Les champs de l'Afrique du nord dont les zones d'eau sont critiques ont exigés une cimentation étagée.

Lorsque le programme prévoit une cimentation étagée, il est indispensable d'incorporer une DV (differential valve) dans la colonne d tubage. Une cimentation étagée est programmée lorsque la colonne doit être cimentée sur un long découvert avec un grand risque de fracturer les terrains.

5-2-LES PROBLEMES LIES À L'UTILISATION DE LA DV :

Bien que beaucoup d'avances et technologies aient été appliquées pour améliorer la cimentation des longs découverts .l'utilisation de la DV a causée d'énormes problèmes lors de la cimentation étagée d'une colonne, parmi lesquelles on peut citer :

1. ENDOMMAGEMENT DES JOINTS :

Des joints peuvent être endommagés pendant l'opération d'ouverture et de fermeture, l'effet des tensions de pliage, et l'en raison de l'exposition aux gaz/aux produits chimiques nocifs de boue.

2. PROBLEMES MECANIQUES :

Entre d'autres, les problèmes mécaniques incluent :

- 1) Le manque d'ouvrir l'outil avec de la pression maximale permise laissant la partie supérieure de la colonne de tubage sans ciment.
- 2) Le manque de fermer l'outil avec de la pression maximale permise laissant des ports de DV s'ouvre.

5-3-LA TECHNOLOGIE LITECRETE :

Le programme de tubage a été remodelé en utilisant la technologie de LiteCRETE pour remplacer le tubage intermédiaire à deux étages avec un seul tubage en une seule étape exigeant seulement un laitier de ciment. Ceci nous a permet de gagner le temps de fonctionnement de la DV et des coûts associés d'installation, et à éliminer le risque lié à une DV.

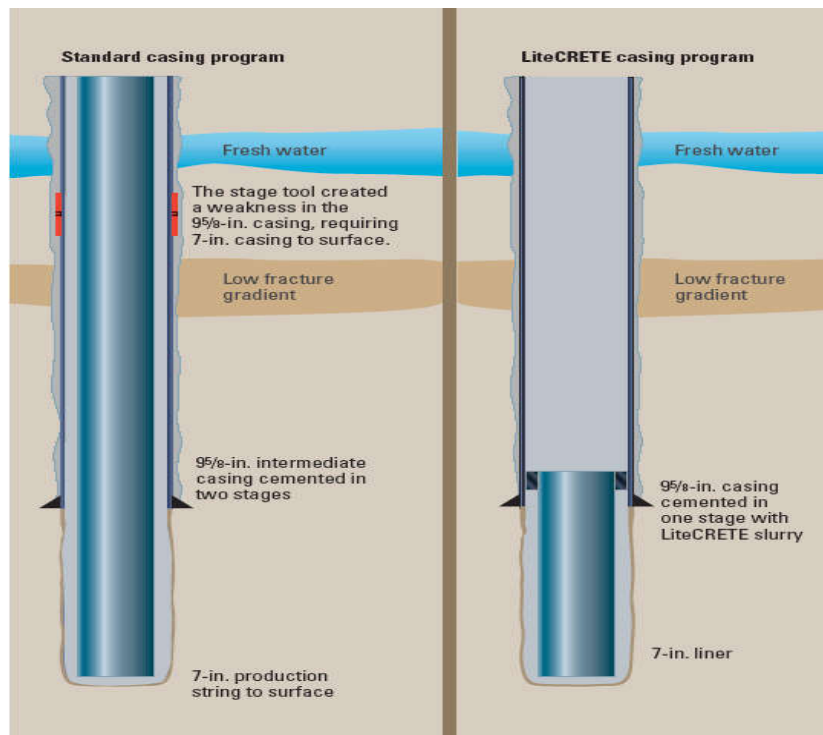


FIGURE17 :Remplacement de la cimentation étagée par une cimentation a un seul étage.

La technologie de LiteCRETE offre une solution pour la construction des puits avec moins de perméabilité et à faible densité. Des colonnes de ciment de qualité supérieure peuvent être pompées plus haut dans l'annulaire ce qui a rendu la cimentation étagée inutile.

En forant des formations peu solides, il peut être difficile de placer suffisamment de ciment derrière le tubage sans utiliser des laitiers de ciment prolongés de densité basse.

5-4-DESCRIPTION DU LiteCRETE.

Aujourd'hui les besoins se limitent à demander d'une part une faible perméabilité de façon à obtenir l'isolation requise et à minimiser les attaques chimiques éventuelles, et d'autre part une bonne résistance à la compression. Ces deux propriétés vont d'ailleurs de pair pour la plupart des coulis de ciment Portland traditionnel.

Le ciment Portland est la plus ancienne technologie utilisée dans la cimentation des puits. Le ciment durci, à toujours plus ou moins les mêmes propriétés mécaniques qui sont directement liées à son contenu en eau c'est à dire à la densité du coulis. En effet, plus il y a d'eau (plus le coulis est léger), plus les résistances mécaniques et chimiques sont faibles, tout en augmentant

légèrement sa flexibilité. Inversement, moins il y a d'eau ou plus le coulis est lourd, plus les résistances mécaniques et chimiques sont généralement fortes, et sa flexibilité diminuée.

Or l'on recherche maintenant à obtenir un matériau performant, c'est à dire ayant à la fois des fortes résistances et une flexibilité importante, quelle que soit la densité initiale du coulis de ciment. On ne peut donc pas utiliser le ciment Portland brut, et il faut inventer un nouveau matériau.

La première question est de comprendre la relation entre composition du coulis et performance du ciment durci. Pour simplifier, nous allons considérer le ciment comme un matériau de taille à peu près homogène. Ce matériau à taille unique et à fonction unique est transporté et modifié par l'eau de gâchage. La quantité d'eau donne accès aux propriétés du coulis, tandis que la quantité de ciment contrôle les propriétés du solide.

Les laitiers standard de ciment exigent un haut rapport d'eau pour le mixage et la mise en place.

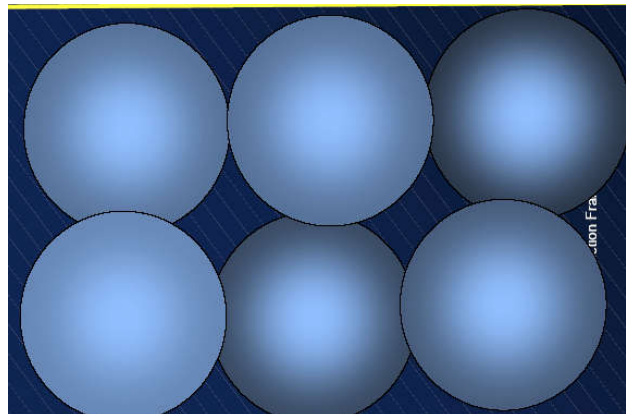


FIGURE18 :Distribution des particules d'un ciment conventionnel

UNE NOUVELLE CLASSE DE MATERIAU :

Il faut donc construire un nouveau matériau qui utiliserait l'eau uniquement pour la fonction transport, et se composerait de différents solides qui contrôlraient à la fois la densité (propriétés du coulis) et les propriétés mécaniques du solide final. Pour construire ce matériau il faut tout d'abord utiliser des solides de taille et répartition de taille très contrôlées. Ensuite il faut choisir et ajuster la nature des différents solides en fonction de la densité du coulis et des propriétés mécaniques du solide final. Ceci permet d'avoir un rapport eau/solide très faible, et toujours le même, quelle que soit la densité. Cette technologie, appelée CemCRETE, permet donc de

construire un solide à la demande, en fonction des propriétés exactes requises pour l'application, car pour la première fois dans l'industrie pétrolière, les propriétés du coulis et du matériau durci sont totalement ajustables indépendamment de la densité.

Les laitiers de CemCRETE remplissent l'espace vide par des petits solides, permettant le mélange et le placement avec des concentrations inférieures de l'eau et des propriétés supérieures de placement.

Les systèmes de CemCRETE fournissent l'isolement zonal supérieur dû à la perméabilité très basse et excellente résistance à la force, même aux densités très faibles.

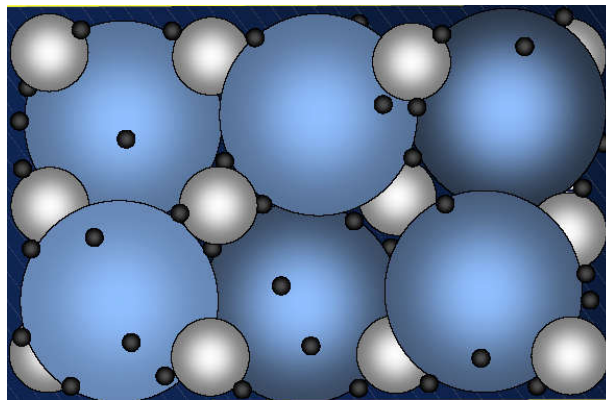


FIGURE19 :Distribution des particules du ciment LiteCRETE

Cette technologie permet par exemple de fabriquer des ciments plus légers que l'eau sans utiliser un gaz quelconque. De tels ciments plus légers que l'eau ont été utilisés pour cimenter des réservoirs ayant un gradient de fracture très faible. Cependant, les techniques actuelles pour contrôler sur chantier la qualité des coulis basées sur la mesure de densité ne sont pas du tout adaptées à ces coulis de densité aussi faible.

5-5-CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DE CemCRETE :

- Plus de solides en votre ciment.
- Une plus grande résistance à la compression
- Perméabilité réduite à travers le ciment.
- Une plus grande résistance aux fluides corrosifs.

5-5-1- POURCENTAGE DE SOLIDES DANS LE LAITIER.

Le pourcentage des solides dans le laitier influe sur les propriétés mécaniques du ciment durcis, plus le laitier contient un pourcentage élevé de solides plus il possède de bonnes caractéristiques mécaniques.

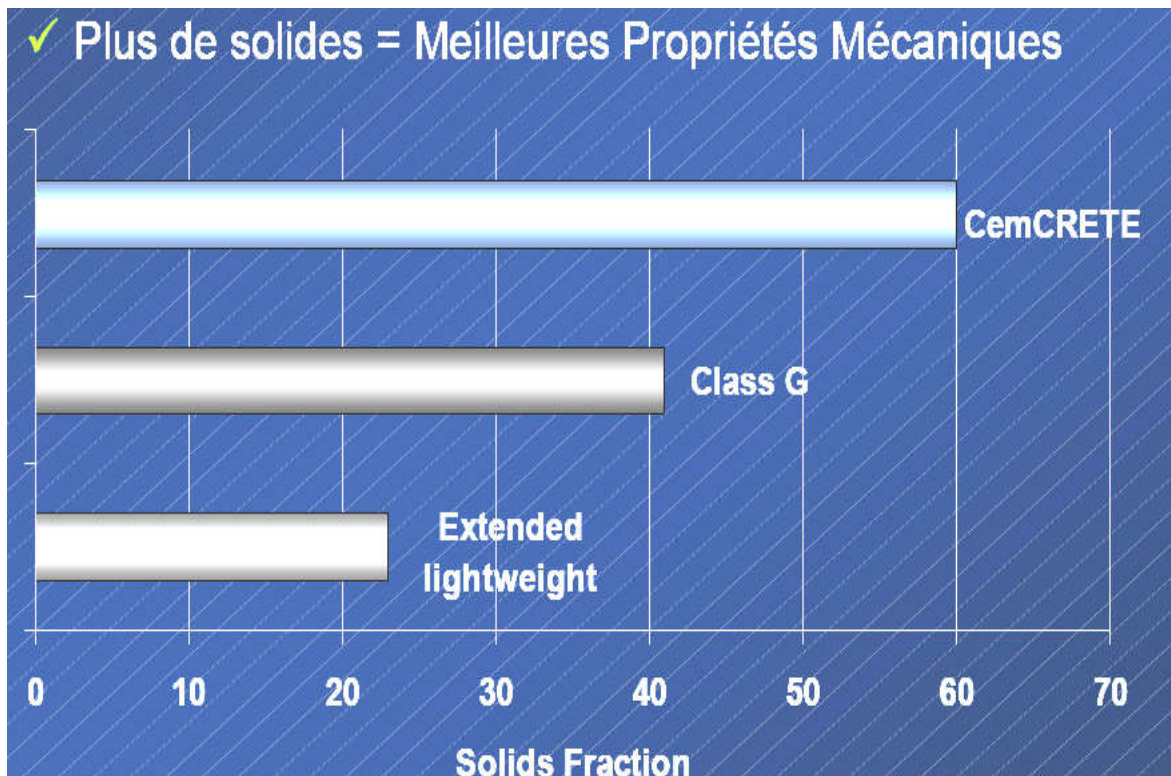


Figure20 : pourcentage de solide fraction

5-5-2-RESISTANCE A LA COMPRESSION.

La technologie de LiteCRETE fournit au ciment durcis, dans le temps, une résistance à la compression plus élevée par rapport aux autres types de laitier. Cette résistance à la compression est obtenue grâce à la distribution et la nature des grains des solides dans le laitier.

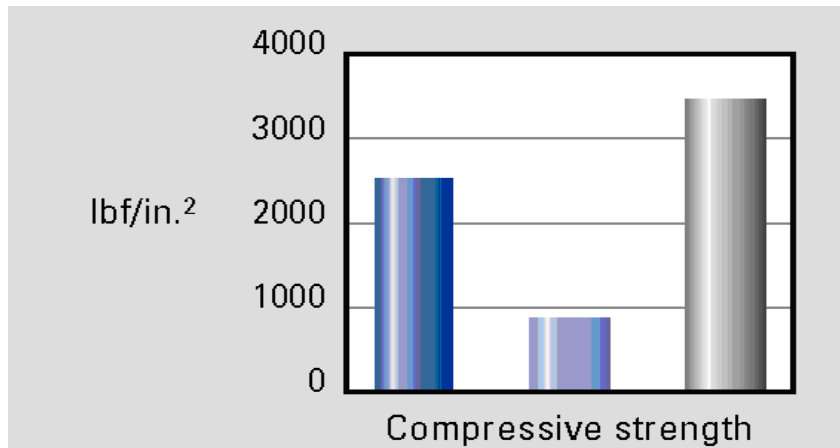


Figure21 : compressive strength

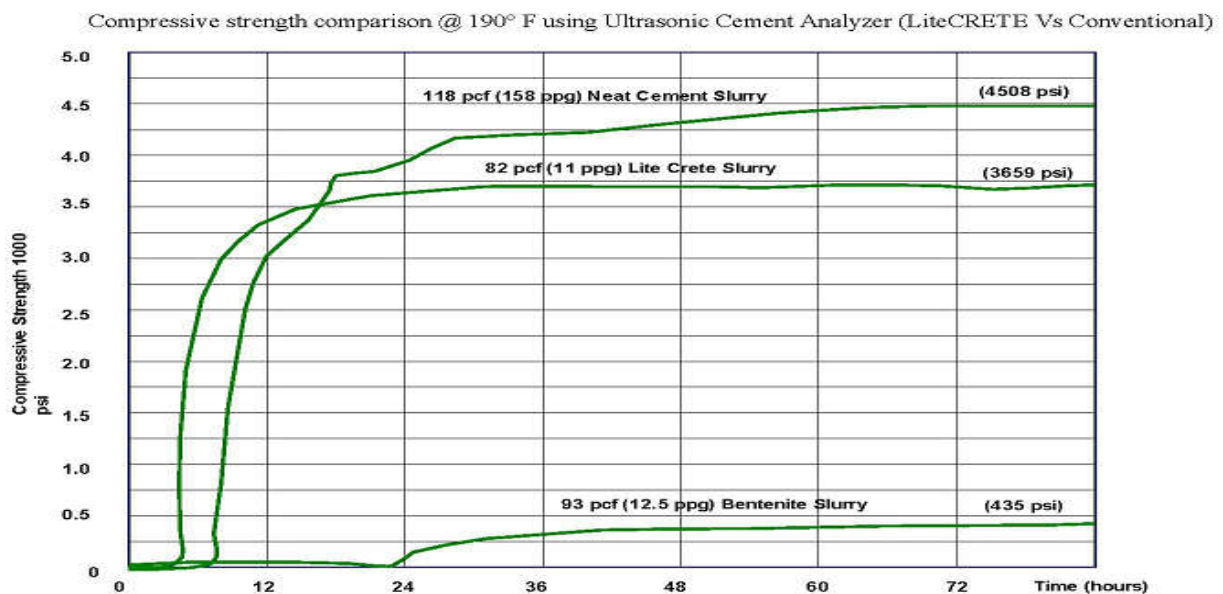


Figure22 :AUGMENTATION DE LA RESISTANCE A LA COMPRESSION
EN FONCTION DU TEMPS

5-5-3-PERMEABILITE REDUITE.

La perméabilité est parmi les caractéristiques les plus exigées afin d’empêcher le passage des fluides indésirables à travers le ciment et d’assurer une bonne isolation des zones d’eau. Le ciment LiteCRETE présente une perméabilité réduite et par conséquent une très bonne isolation des aquifères et une grande protection du tubage contre les fluides corrosifs.

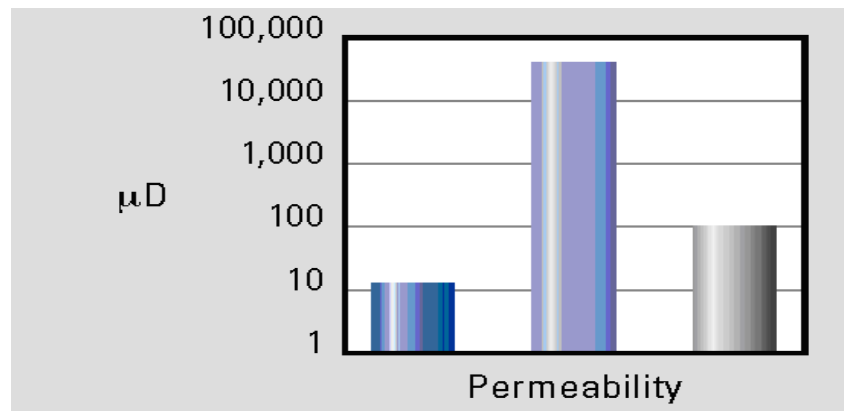


Figure23 : different de permeability

5-6-CARACTERISTIQUE DU LAITIER LITECRETE

C'est un laitier simple à faible densité fonctionnant comme un ciment de densité conventionnelle. Peut éliminer ces restrictions et nous permettre de placer des colonnes de tubage plus longues et peut-être éliminer des rangs de tubage.

La technologie de LiteCRETE est le nouveau système à rendement élevé qui pourrait remodeler notre programme de tubage.

La technologie de LiteCRETE (un système de CemCRETE) fournit des propriétés de qualité de production de ciment aux laitiers de basse densité.

Les laitiers de LiteCRETE peuvent être mélangés à des densités de 0.96 à 1.5 sg et sont ainsi mis en place facilement à travers des zones faibles.

Ces ciments fournissent des propriétés de résistance à la compression et de perméabilité supérieures en comparaison avec tout autre système léger et même aux laitiers de densité 1,90 sg

Au-delà de 230°F [110°C], les mélanges de LiteCRETE souvent n'exigent pas la silice additionnelle pour la rétrogression de force.

Avec le laitier LiteCRETE, on peut fréquemment éliminer la cimentation étagée dans des intervalles longs, et nous pouvons obtenir une qualité exceptionnelle de perforation sans réduire l'intégrité de ciment.

Les systèmes de LiteCRETE sont même assez forts pour des traitements de rupture hydrauliques ou pour placer des kickoff plugs.

5-7-AVANTAGES :

- Élimination potentielle de la cimentation étagée
- Isolement des zones productrices à travers des formations de fracturation facile
- De plus longues colonnes de ciment sans pertes dues aux pressions hydrostatiques
- Cimentation de liner avec un seul laitier de faible densité.
- Bouchons de Whipstock à de plus faibles densités
- Opération sûres et sans risques et logistique simple une fois comparé au ciment à la mousse.

5-8-SYSTEME DE CONTROLE DE FRACTION L/S :

Un système simple et fiable, appelé SFM ou “Solid Fraction Monitor”, a été mis au point afin de mesurer en continu le rapport liquide/solide et donc contrôler la qualité du coulis au fur et à mesure de sa fabrication. Ce type de contrôle est toujours plus précis qu’une simple mesure de densité sur toute la gamme de densité allant de 3 à des valeurs inférieures à 1. Il est le système de contrôle recommandé pour toute densité de coulis inférieure à 1,5.

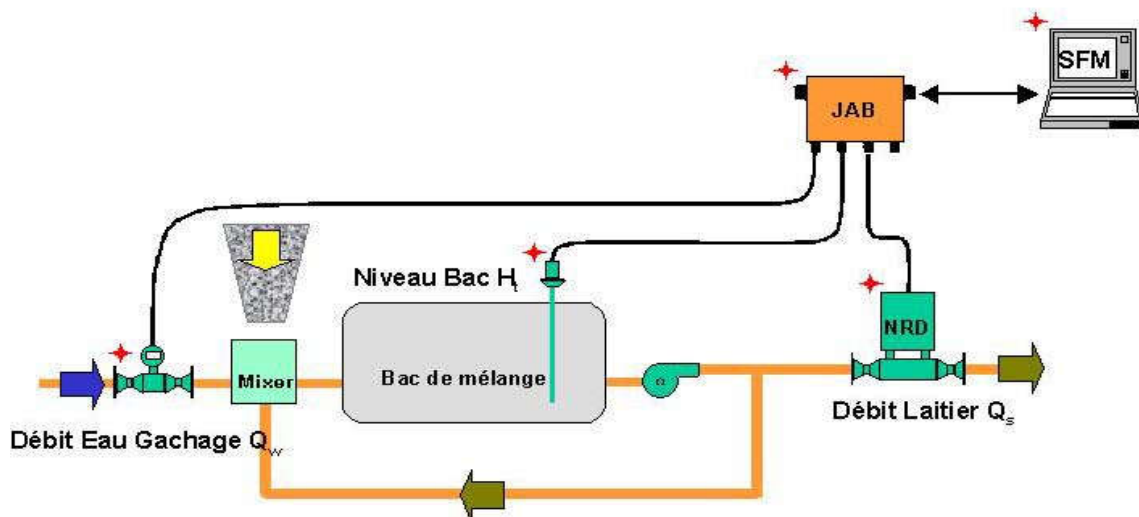


FIGURE24 : UNITE DE CIMENTATION

Chapitre 6

Calcul de cimentation

6-Calcul De Cimentation :**6-1-Les Données De Puits :**

Tubage utilise : 13"3/8 68# N80

13"3/8 54,5# k-55

Volume intérieur de casing 13"3/8 68# N80 = 78,08 l/m

Volume intérieur de casing 13"3/8 54,5# k-55 = 80,63 l/m

Volume annulaire 18 5/8 – 13 3/8 = 68,94 l/m

Volume annulaire 16 – 13 3/8 = 39,1 l/m

Volume de trou 16 = 129,72 l/m

TD = 2292 m

Float collar MD = 2265

Shoe MD = 2289 m

Distance anneau-sabot = 24

Distance fond-sabot = 3 m

Diamètre de l'outil = 16''

Excès moyen = 20%

Densité de fracturation : $d_{frac} = 1,30$

Débit de forage : $Q_F = 2800-3200$ l/m

Débit d'injection : $Q_{inj} = 700-950$ l/m

Densité de la boue $d_b = 1,25$

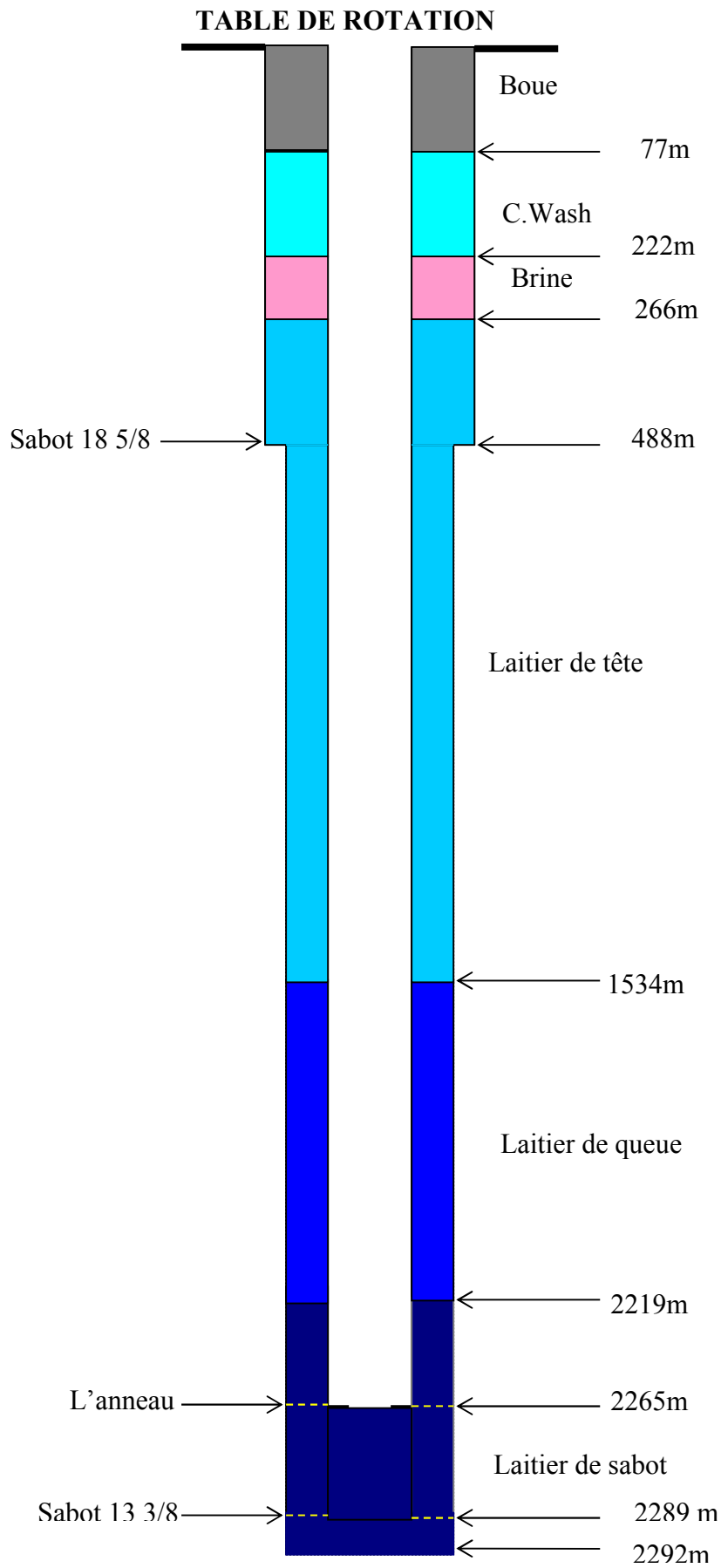


Figure 25 : profondeur de puit

6-2-Calcul De Descente De Tubage:**6-2-1- Calcul De Débit Maximum Autorisé Dans Le Découvert :**

Le débit de circulation doit créer la même vitesse annulaire que le débit de forage au droit des masse- tiges.

$$Q_{\max} = Q_{\text{forage}} \frac{V_{\text{trou-tubage}}}{V_{\text{trou-DC}}}$$

$$V_{\text{trou-tubage}} = 39.1 \text{ l/m}$$

$$V_{\text{trou-DC}} = 86.3 \text{ l/m}$$

$$Q_{\max} = 2800 \cdot \frac{39,1}{86,3}$$

$$Q_{\max} = 1268,6 \text{ l/m}$$

6-2-2- Calcul du temps minimum de la descente d'un tube dans le découvert :

Le tubage ne doit pas créer dans l'espace annulaire un débit supérieur au débit maximum autorisé pré-calculé.

$$T_{\min} = \frac{V_{\text{tube}} \cdot 60}{Q_{\max}}$$

Les tubes généralement sont de 12 m

Le volume extérieur est 90,80 l/m

Le volume d'un tube de 12 m : $V_t = 12 \times 90,80 = 1089,6 \text{ l}$

$$T_{\min} = \frac{1089,6 \cdot 60}{1268,61}$$

$$T_{\min} = 51.53 \text{ s}$$

6-2-3-Calcul du volume de boue a circuler lorsque le tubage atteint le fond :

On doit circuler au moins le volume annulaire

$$V_{\text{cir}} = V_{\text{entrefor}} + V_{\text{découvert}}$$

$$V_{\text{cir}} = 488.68,94 + 1804.39,1 = 104,2 \text{ m}^3$$

Le volume à circuler est : $V_{\text{cir}} = 104,2 \text{ m}^3$

6-2-4-Calcul du volume de boue a circuler au sabot de tubage précédent :

On doit circuler au moins le volume intérieure du tubage descendu dans le trou :

$$V_{\text{cir au sabot}} = H_s \cdot V_{\text{int.}}$$

$$V_{\text{cir au sabot}} = 488 \cdot 78,08$$

$$V_{\text{cir au sabot}} = 38,10 \text{ m}^3$$

6-3-Calcul De Cimentation :**6-3-1-Determination Du Top Laitier :**

-Calcul de la pression de fracturation :

$$P_{\text{frac}} = \frac{Z_s d_{\text{frac}}}{10,2}$$

$$P_{\text{frac}} = \frac{488 \times 1,55}{10,2}$$

$$P_{\text{frac}} = 74.15 \text{ bars}$$

La densité de laitier au dessus de sabot précédent 18'' 5/8 $d_{\text{lt}}=1.34$

(Laitier de tête).

6-3-2- Détermination du top théorique du Spacer :

La hauteur de spacer se calculé à partir du volume qui doit correspondre à 10 minutes de temps de contact avec la formation.

Il faut déterminer le volume du spacer correspondant à 10 minutes de contact $\frac{V_{\text{sp}}}{Q} =$

10min

$$V_{\text{sp}} = Q \cdot 10 = 1000 \cdot 10 = 10000 \text{ l}$$

$$H_{\text{sp}} = \frac{V_{\text{sp}}}{V_{\text{entrefer}}} = \frac{10000}{68,94} = 145 \text{ m}$$

$$H_{\text{sp}} = 145 \text{ m}$$

6-3-3- volume de laitier de tête :

$$V_{\text{lt}} = V_{\text{lt c-c}} + V_{\text{lt c-t}}$$

V_{lt} = volume de laitier de tête

$V_{\text{lt c-c}}$ = volume de laitier de tête casing-casing

$V_{\text{lt c-t}}$ = volume de laitier de tête casing-trou.

$$V_{\text{lt c-c}} = V_{\text{uni c-c}} \times \text{hauteur}$$

$$V_{lt\ c-c} = 68.94 \times 222 = 15,30 \text{ m}^3$$

$$\text{Excès} = 20\%$$

$$V_{lt\ c-t} = V_{uni\ c-t} \times \text{hauteur} \times 1.20$$

$$V_{lt\ c-t} = 39,1 \times 1046 \times 1.20 = 49,07 \text{ m}^3$$

$$V_{lt} = 15,30 + 49,07 = 64,37 \text{ m}^3$$

$$V_{lt} = 64,37 \text{ m}^3$$

6-3-4-2- volume de laitier de queue :

$$\text{Excès} = 15\%$$

$$V_{lq} = V_{uni\ c-t} \times \text{hauteur} \times 1.15$$

$$V_{lq} = 39.1 \times 685 \times 1.15 = 30,80 \text{ m}^3$$

$$V_{lq} = 30,80 \text{ m}^3$$

6-3-4-3- volume de laitier de sabot :

$$V_{ls} = V_{la-s} + V_{ls-f} + V_{lc-t}$$

V_{la-s} : volume de laitier sabot-anneau.

V_{ls-f} : volume de laitier sabot-fond.

V_{lc-t} : volume de laitier casing-trou.

$V_{la-s} = V_{int\ c} \times \text{distance anneau-sabot.}$

$$V_{la-s} = 78,08 \times 24 = 1,87 \text{ m}^3$$

$$V_{la-s} = 1,87 \text{ m}^3$$

$V_{ls-f} = V_{trou} \times \text{distance anneau-fond}$

$$V_{ls-f} = 129,72 \times 3 = 0,39 \text{ m}^3$$

$$V_{ls-f} = 0,39 \text{ m}^3$$

$V_{lc-t} = V_{uni\ c-t} \times \text{hauteur}$

$$V_{lc-t} = 39,1 \times 70 = 2,74 \text{ m}^3$$

$$V_{lc-t} = 2,74 \text{ m}^3$$

$$V_{ls} = 1,87 + 0,39 + 2,74 = 5 \text{ m}^3$$

$$V_{ls} = 5 \text{ m}^3$$

-Le volume total de laitier :

$$V_I = V_{lt} + V_{lq} + V_{ls}$$

$$V_I = 64,37 + 30,80 + 5$$

$$V_I = 100,17 \text{ m}^3$$

6-3-5-Calcul de quantité de ciment et volume d'eau de gâchage :

Tableau 11:quantite gachage

Laitier	Densité	Volume (m ³)	Volume d'eau	Rendement (l/t)
Laitier de tête	1,34	64,37	440,83	1180,41
Laitier de queue	1,90	30,80	424,17	765,34
Laitier de sabot	2,00	5,00	347,20	688,87

6-3-5-1- calcul de quantité de ciment :**- Quantité de ciment pour le laitier de tête :**

$$\begin{array}{l} 1180,41 \text{ L} \longrightarrow 1\text{t} \\ 64370 \text{ L} \longrightarrow Q_{ct} \end{array}$$

$$Q_{ct} = \frac{64370 \times 1}{1180,41} = 54,53 \text{ t}$$

$$Q_{ct} = 54,53 \text{ t}$$

- Quantité de ciment pour le laitier de queue :

$$\begin{array}{l} 765,34 \text{ L} \longrightarrow 1\text{t} \\ 30800 \text{ L} \longrightarrow Q_{cq} \end{array}$$

$$Q_{cq} = \frac{30800 \times 1}{765,34} = 40,24 \text{ t}$$

$$Q_{cq} = 40,24 \text{ t}$$

- Quantité de ciment pour le laitier de sabot :

$$\begin{array}{l} 688,87 \text{ L} \longrightarrow 1\text{t} \\ 5000 \text{ L} \longrightarrow Q_{cs} \end{array}$$

$$Q_{cs} = \frac{5000 \times 1}{688,87} = 7,26 \text{ t}$$

$$Q_{cs} = 7,26 \text{ t}$$

-La quantité de ciment totale :

$$Q_c = Q_{cs} + Q_{cq} + Q_{ct} = 102,02 \text{ t}$$

$$Q_c = 102,02 \text{ t}$$

6-3-5-2- calcul de volume d'eau de gâchage :

-Volume d'eau pour le laitier de tête :

$$440,83 \text{ L} \longrightarrow 1 \text{ t}$$

$$V_{et} \longrightarrow 54,53 \text{ t}$$

$$V_{et} = 440,83 \times 54,53 = 24,03 \text{ m}^3$$

$$V_{et} = 24,03 \text{ m}^3$$

-Volume d'eau pour le laitier de queue:

$$424,17 \text{ L} \longrightarrow 1 \text{ t}$$

$$V_{eq} \longrightarrow 40,24 \text{ t}$$

$$V_{eq} = 424,17 \times 40,24 = 17,07 \text{ m}^3$$

$$V_{eq} = 17,07 \text{ m}^3$$

-Volume d'eau pour le laitier de sabot:

$$347,20 \text{ L} \longrightarrow 1 \text{ t}$$

$$V_{es} \longrightarrow 7,26 \text{ t}$$

$$V_{es} = 347,20 \times 7,26 = 2,52 \text{ m}^3$$

$$V_{es} = 2,52 \text{ m}^3$$

Le volume totale d'eau: $V_e = 24,03 + 17,07 + 2,52$

$$V_e = 43,62 \text{ m}^3$$

6-3-6- Calcul du volume\ quantité des additifs pour chaque laitier :

a)- laitier de tête :

-Le type de ciment : liteCRETE

-Les additifs :

Tableau 12: quantite des additifs

Additifs	Code	Rendement	Volume\quantité
Antifoam	D175	2 lt/t	106 lt
Sel (BWOW 18%)	D044	79,35 kg/t	4206 kg
Dispersant	D604AM	50 lt/t	2650 lt

b)-laitier de queue :

- Le type de ciment : G

- Les additifs :

Tableau13: les additifs

Additifs	Code	Rendement	Volume\quantité
Antifoam	D175	1 lt/t	47 lt
Fluid loss	D168	15 lt/t	705 lt
Dispersant	D080A	6 lt/t	282 lt
Retarder Acc	D197	4,5 lt/t	212 lt

c)-laitier de sabot :

- Le type de ciment : Dyckerhoff

- Les additifs :

Tableau 14 : laitier de sabot

Additifs	Code	Rendement	Volume\quantité
Antifoam	D175	2 lt/t	15 lt
Fluid loss	D168	15 lt/t	110 lt
Dispersant	D080A	6 lt/t	44 lt
Retarder Acc	D197	4,5 lt/t	33 lt

6-3-7-Calcul De Temps D'injection :

$$T_{inj} = \frac{V_l}{Q_{inj}}$$

$$T_{inj} = \frac{V_{lt}}{Q_{inj-lt}} + \frac{V_{lq}}{Q_{inj-lq}} + \frac{V_{ls}}{Q_{inj-ls}}$$

$$T_{inj} = \frac{64370}{800} + \frac{30800}{800} + \frac{5000}{700} = 126,10 \text{ min}$$

$$T_{inj} = 126,10 \text{ min (Soit 2 heures et 6 min)}$$

6-3-8-Calcul De Volume de Chasse :

C'est le volume intérieur de casing compris entre la tête de cimentation et l'anneau

$$V_{ch} = V_1 + V_2$$

$$V_1 = \text{volume intérieur de casing } 13 \frac{3}{8}, 54,5\#, \text{ k-55 } (V_{int} = 80,63 \text{ l/m})$$

$$V_2 = \text{volume intérieur de casing } 13 \frac{3}{8}, 68\#, \text{ N-80 } (V_{int} = 78,08 \text{ l/m})$$

$$V_1 = (H_{tête} + L_{CSG \ 54,5\#}) \times V_{int}$$

$$V_1 = (2,5 + 1144) \times 80,63$$

$$V_1 = 92,44 \text{ m}^3$$

$$V_2 = L_{CSG \ 68\#} \times V_{int}$$

$$V_2 = L_{CSG \ 68\#} \times V_{int}$$

$$V_2 = 1145 \times 78,08$$

$$V_2 = 89,40 \text{ m}^3$$

$$V_{ch} = V_1 + V_2 = 92,44 + 89,40 = 181,84 \text{ m}^3$$

$$V_{ch} = 181,84 \text{ m}^3$$

6-4-Calcul Des Temps :**6-4-1-calcul du temps de chasse :**

$$T_{ch} = \frac{V_{ch}}{Q_{ch}}$$

$$T_{ch} = \frac{181410}{1000} = 181,41 \text{ min}$$

$$T_{ch} = 181,41 \text{ min}$$

6-4-2-Calcul de durée de Cimentation :

$$D_C = T_{inj} + T_{ch}$$

$$D_C = 126,10 + 181,41 = 307,51 \text{ min}$$

$$D_C = 126,10 + 181,41 = 307,51 \text{ min}$$

$$D_C = 307,51 \text{ min (Soit 5 heures et 8 min)}$$

6-4-3-Calcul de durée de l'opération :

Tableau 15 : temp de l'opération

Taches	Vol (m ³)	Débit (l/min)	Temps (min)
Montage de ligne			35
Teste de ligne a 3000 psi			15
Pompage de chemical Wash	10		10
Pompage de brine	3		3
Largage de bouchon inférieur			5
Mixage et pompage de laitier de tête	64,37	800	81
Mixage et pompage de laitier de queue	30,80	800	39
Mixage et pompage de laitier de sabot	5,00	700	8
Largage de bouchon supérieur			5
Chasse avec l'eau	1	1000	1
Chasse avec la boue	181,84	1000	182

Durée de l'opération : 6 heures 24 min

Tableau 16 : Calcul De Cimentation :

THEME	LES ECUATION	RESULTAT
Calcul De Débit Maximum	$Q_{\max} = Q_{\text{forage}} \frac{V_{\text{trou-tubage}}}{V_{\text{trou-DC}}}$	$Q_{\max} = 1268,61/m$
Calcul du temps minimum	$T_{\min} = \frac{V_{\text{tube}} \cdot 60}{Q_{\max}}$	$T_{\min} = 51.53s$
Calcul du volume de boue a circuler	$V_{\text{cir}} = V_{\text{entrefere}} + V_{\text{decouvert}}$	$V_{\text{cir}} = 104,2 \text{ m}^3$
volume de boue a circuler au sabot	$V_{\text{cir au sabot}} = H_s \cdot V_{\text{int.}}$	$V_{\text{cir au sabot}} = 38,10 \text{ m}^3$
Calcul de la pression de fracturation	$P_{\text{frac}} = \frac{Z_s \cdot d_{\text{frac}}}{10,2}$	$P_{\text{frac}} = 74.15 \text{ bars}$
volume de laitier de tête	$V_{\text{lt}} = V_{\text{lt c-c}} + V_{\text{lt c-t}}$	$V_{\text{lt}} = 64,37 \text{ m}^3$
volume de laitier de queue	$V_{\text{lq}} = V_{\text{uni c-t}} \times \text{hauteur} \times 1.15$	$V_{\text{lq}} = 30,80 \text{ m}^3$
volume de laitier de sabot	$V_{\text{ls}} = V_{\text{la-s}} + V_{\text{ls-f}} + V_{\text{lc-t}}$	$V_{\text{la-s}} = 1,87 \text{ m}^3$
-Le volume total de laitier	$V_{\text{l}} = V_{\text{lt}} + V_{\text{lq}} + V_{\text{ls}}$	$V_{\text{l}} = 100,17 \text{ m}^3$
Quantité de ciment pour le laitier de tête	$1180,41 \text{ L} \rightarrow 1\text{t}$ $64370 \text{ L} \rightarrow Q_{\text{ct}}$	$Q_{\text{ct}} = 54,53 \text{ t}$
Quantité de ciment pour le laitier de queue	$765,34 \text{ L} \rightarrow 1\text{t}$ $30800 \text{ L} \rightarrow Q_{\text{cq}}$	$Q_{\text{cq}} = 40,24 \text{ t}$
Quantité de ciment pour le laitier de sabot	$688,87 \text{ L} \rightarrow 1\text{t}$ $5000 \text{ L} \rightarrow Q_{\text{cs}}$	$Q_{\text{cs}} = 7,26 \text{ t}$
-La quantité de ciment totale	$Q_{\text{c}} = Q_{\text{cs}} + Q_{\text{cq}} + Q_{\text{ct}}$	$Q_{\text{c}} = 102,02 \text{ t}$

-Volume d'eau pour le laitier de queue	$424,17 L \longrightarrow 1t$ $V_{eq} \longrightarrow 40,24$ t	$V_{eq} = 17,07 m^3$
Volume d'eau pour le laitier de sabot	$347,20 L \longrightarrow 1t$ $V_{es} \longrightarrow 7,26t$	$V_e = 43,62 m^3$
Temps D'injection	$T_{inj} = \frac{V_l}{Q_{inj}}$	$T_{inj} = 126,10 \text{ min}$
Volume de Chasse	$V_{ch} = V_1 + V_2$	$V_{ch} = 181,84 m^3$
temps de chasse	$T_{ch} = \frac{V_{ch}}{Q_{ch}}$	$T_{ch} = 181,41 \text{ min}$
durée de Cimentation	$D_C = T_{inj} + T_{ch}$	$D_C = 307,51 \text{ min}$
Durée de l'opération	6 heures 24 min	

Conclusion

Conclusion :

De nouvelles recherches en cimentation de puits ont permis de redéfinir la performance du coulis de ciment et de mettre au point de nouveaux matériaux. En redéfinissant ces performances, on peut maintenant influencer l'architecture du puits, le coût et la viabilité de certains projets qui n'étaient pas sûrs de réussir avec l'emploi seul de ciment portland traditionnel.

Cette technologie basée sur l'optimisation des types, nombre et taille de particules dans ces nouveaux ciments est très versatile. Par exemple, des ciments plus légers et de bonne qualité d'isolation permettent de cimenter des réservoirs très déplétés ou d'effectuer des cimentations en un seul étage, des ciments denses très versatiles atteignent de très fortes résistances. Les ciments légers pour faibles températures prennent plus vite, et les ciments de réparation s'injectent plus facilement.

D'une manière générale avec le système LiteCRETE on peut avoir les avantages suivants :

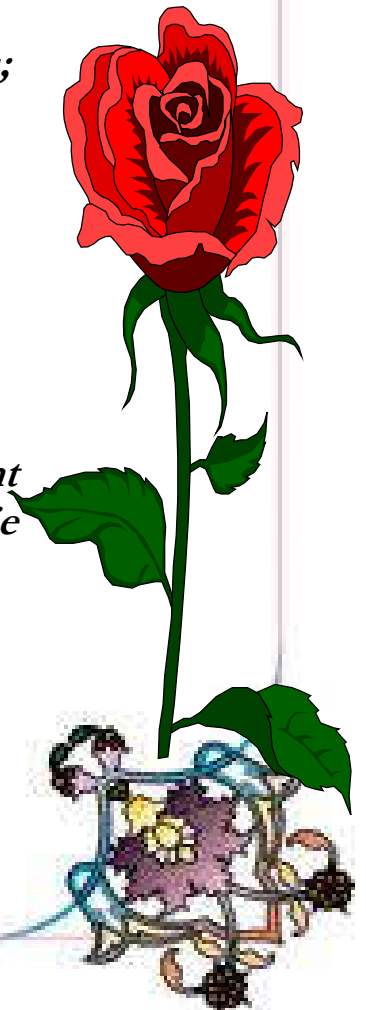
- Elimination du DV, signifie éliminant une source importante pour des fuites dans la colonne, de ce fait réduisant la fréquence de workover.
- Les propriétés de laitier de ciment LiteCRETE fournissent un cycle de vie bon accru si comparé aux systèmes prolongés conventionnels.
- Avoir la bonne intégrité de liaison de la colonne et de ciment réduira au minimum l'échec, par conséquent réduisant au minimum les dommages environnementaux à l'eau souterraine.
- Chaque travail devrait être conçu à basé sur des données réelles de pression de réservoir pour éviter des problèmes de stabilité.



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à:

- ❖ *Mes très chers parents
qui ont beaucoup sacrifié à
mon bonheur;*
- ❖ *Mes très chers frères et sœurs;*
- ❖ *Tous mes amis; et mes
enseignants durant toute ma
vie ;*
- ❖ *Et à tous ceux qui m'ont
encouragé durant ma vie
estudiantine.*



INTRODUCTION

INTRODUCTION :

L'opération de cimentation représente une part importante dans l'industrie de forage pétrolier. Sa réussite est un facteur déterminant pour la poursuite de la phase suivante. Selon le programme forage tubage du puits, on adapte un type de cimentation, simple ou étagée, pour chaque phase. Le champ de Hassi Messaoud qui a un programme de cinq phases, présente une lithologie spéciale.

Cette spécification géologique a causée d'énormes problèmes. Parmi lesquels, la difficulté de pomper le laitier à des cotes voulues pour l'isolation des couches.

Le choix du laitier qui répond à ces exigences, a poussé les spécialistes du domaine à construire une technologie de cimentation moderne.

Ce document présente une étude sur l'utilisation de la nouvelle technologie LiteCRETE pour la cimentation de la colonne de tubage 13^{3/8} du puits OMPZ362 du champ de Hassi Messaoud.

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA



Faculté des sciences appliquées
Département de Génie Civil et Hydraulique

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En Vue De L'obtention Du Diplôme de Master

Option : forage d'eau

THEME

**Étude de la cimentation de la colonne de tubage 13^{3/8}
du puits champ de Hassi-Messaoud. Utilisation du
CRETE Lite laitier de**

Soutenu publiquement par :

**DRISSI NOURREDDINE
DJOUKHRAB ABD ELBASSET**

Le : 28 - 06 - 2017

Devant le jury :

Président :	<i>Manseri ziena</i>	M. A. A Univ. Ouargla
Examineur:	NETTARI Kamel	M. A. A Univ. Ouargla
Promoteur :	<i>ZEGAIT RACHID</i>	M. A. A Univ. Ouargla

Année Universitaire : 2016/2017

Sommaire

Introduction

Chapitre 1 : PRESENTATION DE LA ZONE

1-1-Situation Et Historique Du Champ Hassi Messaoud.....	01
1-2-Description Lithologique.....	01
1-3-But Du Sondage.....	06
1-4-Objectif Du Puits.....	06
1-5-Objectifs Opérationnels.....	06
1-6-Programme De Forage.....	07

Chapitre 2 : Description De La Phase 16"

2-1-Spécifications De La Phase 16".....	11
2-2-Objectifs De La Phase 16".....	12
2-3-BHA Utilisée.....	13
2-4-Performance De La Phase 16".....	14
2-5-Paramètres De Forage.....	14
2-6-Tete De Puits De La Phase 16".....	15

Chapitre 3 : Descente Et Cimentation De La Colonne 13 3/8

3-1- Préparation du Tubage.....	16
3-2- Caractéristiques Du Tubage Utilise.....	17
3-3-Composition De La Colonne.....	18
3-4- Descente De La Colonne.....	18
3-5- Opération De Cimentation.....	19
3-6-Controle De Cimentation.....	26
3-7-Preparation Des Matières.....	27
3-8-Preparation Du Matériel.....	27
3-9-Circulation Avant La Cimentation.....	28

Chapitre 4 : Déroutement De L'Opération

4-1-Préparation.....	29
4-2-Characteristiques Des Laitiers Et Spacers.....	29
4-3-Chasse De Laitier.....	31
4-4-Detail Des Opérations.....	32

Chapitre 5 : Le LiteCRETE

5-1-Historique.....	36
5-2-les problèmes lies à l'utilisation de la DV.....	37
5-3-La Technologie LiteCRETE.....	37
5-4-Description Du Litecrete.....	38
5-5-Characteristiques Techniques De CemCRETE.....	40
5-6-Characteristique Du Laitier LiteCRETE.....	43
5-7-Les Avantages.....	44
5-8-Système De Contrôle De Fraction L/S.....	44

Chapitre 6 : Calcul De Cimentation

6-1-Les Données De Puits.....	45
6-2-Calcul De Descente De Tubage.....	47
6-3-Calcul De Cimentation.....	48
6-4-Calcul Des Temps.....	54

Conclusion

Bibliographie

Chapitre 1

PRESENTATION DE LA ZONE

1-1-Situation Et Historique Du Champ Hassi Messaoud :

Le champ de Hassi Messaoud est situé dans le bassin Oued Mya 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 1600 Km²

En janvier 1956, la SN-REPAL a amorcé 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.

Le réservoir se situe dans le combro-ordovicien entre 3300 et 3500m de profondeur. Il constitue les horizons Ri, Ra, R1, R2 dont le réservoir principal est le Ra, constitué de grès hétérogène anisométrique d'épaisseur allant de 100 à 200m. La couverture est formée d'argile gréseuse et sel du trias. La porosité varie de 5% à 10%. La perméabilité est de 0.1. La pression initiale du gisement est de l'ordre de 480bars, mais après les années d'exploitation elle a chuté à 260bars pour une température de gisement de 118C°.

1-2-Description Lithologique :

MIO-PLIOCENE: 11-235m

ROP=8.23 m/h

Sable: jaunâtre, blanc à translucide, fin à très fin parfois grossier, subarrondi à arrondi, Moyennement classe, siliceux dur avec intercalation de calcaire : blanc, massif, micro cristallin, dur et de marnes : brun rouge, gris clair, sableux.

EOCENE : 235-338m

ROP=10.68 m/h

Sable: blanc à translucide, fin à moyen subarrondi, dur calcaire : blanc à beige, micro cristallin, dur.

SENONIEN CARBONATE : 338-437m

ROP=7.13 m/h

Calcaire Dolomitique, blanc à beige, microcristallin, moyennement dur.

Anhydrite : blanche, pulvérulente avec passage de Gypse transparent et translucide.

Dolomie : grise à gris blanc, micro cristalline, moyennement dure à dure.

SENONIEN ANHYDRITIQUE: 437-642 m

ROP=14.41 m/h

ANHYDRITE : blanche, beige, transparent, pulvérulente, dure.

DOLOMIE : grise à gris claire, micro cristalline, moyennement dure.

ARGILE : grise à gris verdâtre, carbonatée, tendre à indurée.

SENONIEN SALIFERE: 642-762m

ROP=13.72 m/h

SEL : blanc à rosâtre, translucide, massif, friable.

ARGILE : grise à gris noire, induré.

TURONIEN : 762-885m

ROP=28.60 m/h

ANHYDRITE : blanche à beige, pulvérulente, dure.

CALCAIRE : blanc a gris blanc, beige, tendre, micro cristallin.

ARGILE : grise à gris sombre, parfois brun rouge, induré, carbonaté.

CENOMANIEN : 885-1050m

ROP=18.17 m/h

ANHYDRITE: blanche, pulvérulente, dure parfois tendre.

DOLOMIE CALCAIRE : grise à gris clair, micro cristalline, dure

ARGILE : gris sombre, rarement brun rouge, carbonatée tendre a indurée.

ALBIEN : 1050-1348m

ROP=59.12 m/h

GRES : gris blanc, fin à très fin à ciment argileux, friable.

ARGILE : gris-verdatre, brun rouge, tendre a indurée, siliceuse.

DOLOMIE : beige, micro cristalline, moyennement dure.

APTIEN : 1348-1373m

ROP=11.36 m/h

CALCAIRE : blanc à gris blanc, crayeux, tendre

DOLOMIE : beige, cristalline, dure.

ARGILE : brun rouge, gris clair à gris-verdatre, induré, dolomitique.

GRES : gris blanc, parfois brun rouge, fin à très fin, friable, argileux.

BARREMIEN : 1373-1617m

ROP=35.15 m/h

GRES : blanc, brun rouge, fin à très fin friable arrondi à subarrondi, siliceux.

ARGILE : gris-verdatre, brun rouge, tendre a indurée, siliceuse.

NEOCOMIEN: 1617-1827m

ROP=22.17 m/h

ARGILE : gris-verte, parfois brun rouge, indurée, siliceuse.

DOLOMIE : beige à blanche, cristalline à micro cristalline, dure.

MARNE : grise a gris-verdatre, indurée à pâteuse.

GRES : blanc a gris blanc, friable à moyennement dur, fin, argileux.

MALM : 1827-2071m

ROP=5.86 m/h

ANHYDRITE: blanche à beige, pulvérulente, tendre à moyennement dur.

DOLOMIE : grise à gris clair, micro cristalline, moyennement dure.

ARGILE : grise, brun rouge, tendre a indurée.

GRES : blanc a gris blanc, parfois beige, fin, friable.

DOGGER ARGILEUX : 2071-2170m

ROP=10.05 m/h

ANHYDRITE: blanche, beige, pulvérulente, tendre

DOLOMIE : grise à gris clair, cristalline, moyennement dure.

ARGILE : brun rouge, grise a gris-verdatre, carbonatée dolomitique, moyennement dure.

GRES: blanc transparent, gris blanc, fin, friable, à ciment silico-argileux.

DOGGER LAGUNAIRE : 2170-2410m

ROP=4.20 m/h

ANHYDRITE: blanche, pulvérulente, dure

DOLOMIE : grise à gris clair, cristalline, moyennement dure.

ARGILE : brun rouge, grise a gris-verdatre, carbonatée dolomitique, moyennement dure.

MARNE : grise a gris-verdatre, tendre à indurée.

LIAS LD1 : 2410-2498m

ROP=5.38 m/h

DOLOMIE : grise à gris clair, parfois beige, cristalline, moyennement dure a dure.

ANHYDRITE: blanche, parfois grise, pulvérulente, dure.

ARGILE : grise à gris sombre, dolomitique, indurée.

LIAS LS1 : 2498-2581m

ROP=5.38 m/h

SEL : blanc, rosâtre, transparent, moyennement dur.

ANHYDRITE ; blanche, pulvérulente, dure

ARGILE : grise, tendre à indurée.

LIAS LD2 : 2581-2625m

ROP=5.38 m/h

CALCAIRE : dolomitique, gris blanc, a gris claire, microcristallin, friable à moyen dur.

ANHYDRITE : blanche à beige, pulvérulente, dur avec trace de DOLOMIE.

ARGILE : grise à gris blanc, parfois brun rouge, tendre, légèrement carbonaté.

LIAS LS2 : 2625-2696m

ROP=32.27 m/h

SEL: blanc à rosâtre, translucide, amorphe argileux.

ARGILE : brun-rouge, parfois gris vert indurée, salifère.

LIAS LD3 : 2696-2722m

ROP=15.29 m/h

CALCAIRE : grise à gris blanc, parfois gris vert, microcristallin, à amorphe, moyennement dur, à friable, argileux a argilo-dolomitique.

ANHYDRITE : blanche, pulvérulente, avec intercalation d'Argile brun-rouge, parfois grise, tendre a indurée.

TRIAS SALIFERE TS 1 : 2722-2778m

ROP=19.04 m/h

ARGILE : grise à gris blanc, parfois brun rouge, tendre a indurée.

ANHYDRITE : blanche à beige, pulvérulente à légèrement dure avec des passées de dolomie grise a gris clair, microcristallin, dure.

TRIAS SALIFERE TS 3 : 2778-3209m

ROP=5.68 m/h

SEL: blanc à rosâtre cristallin, transparent, translucide, massif, avec intercalation d'Argile brun-rouge tendre à légèrement pâteuse.

ARGILE : brun-rouge, pâteuse, parfois grise à gris noire, indurée

TRIAS ARGILEUX G10 : 3210-3393m (MD) ,3209-3378(TVD) ROP=5.66 m/h

ARGILE : brun-rouge à gris claire, parfois verdâtre, pâteuse tendre a indurée avec passées de Sol blanc, translucide, parfois rosâtre.

SEL: blanc, translucide.

SILT : blanc a blanc beige, tendre a légèrement dur

GRIS : gris agris clair fin à très fin friable a moyennement dur à ciment argileux.

TRIAS ARGILEUX-GRESEUX : 3393-3473 m (MD) ,3378-3418 m (TVD)

ROP = 1.94 m/h

ARGILE : brun rouge, brun chocolaté, indurée, silteuse, parfois ferrugineuse.

SILT : gris blanc, légèrement dur.

GRES : gris à gris claire, fin à très fin, friable à moyennement dur, argileux à silico- argileux devenant vers la base, fin à moyen, siliceux, moyennement dur, parfois bitumineux.

ERUPTIVE : 3473-3481m(MD) ,3418-3421m(TVD) ROP = 1.24 m/h

Roches alternées, brunâtre, moyennement dures, associées parfois a des éléments verdâtres.

Argile brune chocolatée, légèrement dure, ferrugineuse.

CAMBRIEN RI : 3481-4173m (MD),3421-3444m(TVD) ROP = 1.24 m/h

GRES QUARTZITIQUE : blanc a gris blanc parfois beige , sub-anguleux à subarrondi, isométriques fin a moyen, localement bitumineux, quartzique à silico-quartzique devenant silteux vers la base, siliceux ,compact dur à très dur avec fines passées de siltstone gris noire ,parfois gris blanc, dur à très dur.

Coupe Lithologique :

Stratigraphy		Top s m	Lithology	Description	Drilling Hazards	
SYS	SERIES					
TERTIARY	Mio-Pliocene	0		Sand, Calcareous & Sandy marl	Potential risk of complete loss in surface unconsolidated formations, Mud Weight to be kept at a minimum. Control ROP and maintain YP > 40	
	Eocene	243		Dolomite & Clay		
CRETACEOUS	SENONIAN	CARB SEN	363	AAAAA	Calcareous, Dolomite & Clay	Possible losses and differential sticking in the permeable sandstone of the Albian & the Barremian. Tight hole in Cenomanian formation & the Senonian Salt which can be avoided by using the proper Mud Weight and the maintenance of rheological properties.
		Lagunar SEN	466	AAAAA	Anhydrite, Dolomite & Salt	
		Saifere	651	AAAAA		
	TURONIAN	826	+++++	Limestone & Dolom.		
	CENOMANIAN	915	AAAAA	Anhydrite		
	ALBIAN	1080	----	Sandstone w/ Claystone Alternating		
	APTIAN	1398		Dolomite		
	BARREMIAN	1424		Sand & Sandstone		
	NEOCOMIEN	1667		Dolomite		
	JURASSIC	MALM	1856	----	Clay, Sandstone w/ Traces of Anhydrite	
DOGGER		Argilleux	2079	----	Clay, Anhydrite, Dolomite w/ fine passages of Sandstone	
		Lagunaire	2180	AAAAA		
LIAS		LD1	2399	+++++	Dolom. & Anhyd.	
		LS1	2478	+++++ ^ AAAAA	Salt & Anhydrite	
		LD2	2568	+++++	Dolomite	
		LS2	2617	+++++	Salt	
	LD3	2688	+++++	Dolomite		
TRIAS	TS1	2725	+++++	Anhydrite & dolomite	Possible losses in the Triassic series inferior. Use proper LCM such as BARACARB to cure formation losses.	
	TS2	2772	+++++	Salt & Anhydrite		
	TS3	2964 KOP	+++++	Salt w/ traces of Clay		
	Argilleux	3164	----			
	Trias ARG G35	3271		Clay w/ Sandstone & Dolomite		
	ARGILO-GRESEUX & CARBONATE	3309		Complexe volcano-sedimentaire		
ORDOVICIEN	QUARTZITES DE HAMRA		<<< / / / / / / /	Quartzite		
	GRES D'EL ATCHANE			Sandstone		
	ARGILES D'EL GASSI		----	Clay		
	ZONE DES ALTERNANCES		----	Clay+Sandstone		
	RESERVOIR RI			Sandstone/Quartz		
CAMBRIEN	R1				Possibility for incurring losses. Cleaning sweeps must be used to ensure good hole cleaning.	
	Ra	3336	----			
	R2	3352	----	Sand & Clay		
	INFRACAMBRIEN		----			
	TD	3395				
	OVC	3442				



NB: Les côtes des formations figurant sur la coupe stratigraphique sont celles correspondant à la verticale de la tête de puits.

figure01 : Coupe Lithologique de la couche

1-3-But Du Sondage :

Le puits horizontal OMPZ362 est situé à la périphérie ouest de la zone 8 de Hassi Messaoud. Ce puits sera foré en UBD dans la phase réservoir.

Le puits a pour objectif le drain R2ab de 997m de section, selon un azimut de N 120°.

Le sabot 7'' sera posé à 3339mTVD à une distance de 178 m de la plateforme.

La côte d'arrêt du puits est à 4483 ,39m MD / 3395mTVD.

Les coordonnées LSA « Lambert Sud Algérie » de la plate forme sont les suivantes :

X (m)	Y (m)	Z. Sol(m)	Z. Table (m)
823401 .985	138230.265	137.656	147

UTM

X	Y	Zone
794869.406	3521369.035	32

GEOG : Latitude = 31° 47' 32',272N- Longitude = 6° 06' 50'' ,385^E

L'appareil de forage TP137 de type OIL WELL 2000 est désigné pour forer ce puits.

La hauteur de la table de rotation est de 9.18 m par rapport au sol.

1-4-Objectif Du Puits :

OMPZ362 a pour objectif le drain R2ab du réservoir, qu'il traversera sur une longueur de 997m suivant un azimut 120° avec un diamètre de trou 6 ».Le forage se fera en UBD.

Il sera réalisé comme suit :

- Pose du casing 7 » à 3mVD dans la D1 soit à 3339mTVD
- Forage en UBD de 73,39 m en build dans le D1 et de 998 m dans le R2ab en hold, inc=87.53° et un azimut de 120°.
- Arrêt du forage à 3395m TVD, 4483 ,39 MD.

1-5-Objectifs Opérationnels :

- Zéro accident.
- Pas d'atteinte à l'environnement, nettoyage permanent de la plateforme.
- Pose du Casing point de la colonne 7'' à 3m en VD dans le Cambrien.
- 3412 m MD en 35,49 Jours. (Références Incentive 4 bis).
- ROP général de 96 m/ Jour.
- NPT global < 5%.
- Collecte des informations (données de forage) pour une optimisation future.

1-6-Programme De Forage :



Engineering Cellule forage Horizontal
DRMD

Hauteur Table TP137 9,18 m
Zsol = 137,66 m
Ztable = 147 m
X= 823401,99 m
Y= 138230,27 m
Az= 120°

SONATRACH
HASSI MESSAOUD FIELD
HORIZONTAL DEVELOPMENT WELL OMPZ362 UBD
PROPOSED TD: 4483 mMD - 3395 mVD
GEOLOGICAL PROGNOSIS le: 27/07/06

Stratigraphy		Top s m	Lithology	Description	Drilling Hazards	CASINGS	Bits	dboue sg	Diagraphie
SYS	SERIES								
TERTIARY	Mio-Pliocene	0		Sand, Calcareous & Sandy marl	Potential risk of complete loss in surface unconsolidated formations. Mud Weight to be kept at a minimum. Control ROP and maintain YP > 40	18 5/8" CSG 26"	L115	Bentonitique 1,05 sg	
	Eocene	243		Dolomite & Clay					
CRETACEOUS	SENONIAN	CARB SEN	363	Calcareous, Dolomite & Clay	Possible losses and differential sticking in the permeable sandstone of the Albian & the Barremian. Tight hole in Cenomanian formation & the Senonian Salt which can be avoided by using the proper Mud Weight and the maintenance of rheological properties.	13 3/8" CSG 506 m 0,00 °	SX913S-FTX [a l'essai]	EMULSION INVERSE D=1,18-1,25	GR - Caliper CBLVDL (1/200 et 1/500)
		Lagunar SEN	466	Anhydrite, Dolomite & Salt					
		Salifère	651						
		TURONIAN	826	Limestone & Dolom.					
	CENOMANIAN	915	Anhydrite						
	ALBIAN	1080	Sandstone w/ Claystone Alternating						
	APTIAN	1398	Dolomite						
	BARREMIAN	1424	Sand & Sandstone						
	NEOCOMIEN	1667	Dolomite						
	JURASSIC	MALM		1856					
Argileux			2079	Clay, Anhydrite, Dolomite w/ fine passages of Sandstone					
DOGGER		Lagunaire	2180						
		LD1	2399	Dolom. & Anhyd.					
		LD2	2478	Salt & Anhydrite					
LIAS		LD1	2568	Dolomite					
		LD2	2617	Salt					
		LD3	2688	Dolomite					
		LD3	2688						
TRIAS		TS1		2725	Anhydrite & dolomite	Possible losses in the Triassic series inferior. Use proper LCM such as BARACARB to cure formation losses.	12 1/4" KOP= 3050 m 3251 m VD 3263 m MD 34°	SPH639 - HCM408	INVERMUL D=2,00 @ 2,02
	TS2		2772	Salt & Anhydrite					
	TS3		2964	Salt w/ traces of Clay					
		KOP	3050						
		MD	3263						
	Argileux	Trias ARG G35	3164	Clay w/ Sandstone & Dolomite					
		3271							
	ARGILO-GRESEUX & CARBONATE	3309							
	ANDESITIQUE		<<< 111111	Complexe volcano-sedimentaire					
	ORDOVICIEN	QUARTZITES DE HAMRA		Quartzites	Possibility for incurring losses. Cleaning sweeps must be used to ensure good hole cleaning.				
GRES D'EL ATCHANE			Sandstone						
ARGILES D'EL GASSI			Clay						
ZONE DES ALTERNANCES			Clay+Sandstone						
RESERVOIR RI			Sandstone/Quartz						
CAMBRIEN	RI			Possibility for incurring losses. Cleaning sweeps must be used to ensure good hole cleaning.	OH 3395 m VD 4483 m MD	XR40YD2PD	Ppore=de 200kg/cm²	GR/ Neutron / Résistivité / Densité/magéri e	
	Ra	3336							
	R2	3352	Sand & Clay						
	INFRACAMBRIEN								
	TD	3395							
OWC	3442								



NB: Les côtes des formations figurant sur la coupe stratigraphique sont celles correspondant à la verticale de la tête de puits.

Figure02 : Programme De Forage

- Phase 26"**-Réalisation De La Section : 506 M**

- Forage de la surface jusqu'à la cote 506m (40m dans le Sénonien Anhydritique).
- Boue Bentonitique d=1.05 (densité la plus faible possible), anti-bourrant à titre préventif.
- Tubage 18 5/8" J55 87,5# à cette côte, avec accessoires reforables au PDC.

- Phase 16"**-Réalisation De La Section : 1784 m**

- Reforage sabot casing 18 5/8" avec PDC bit.
- Boue à l'huile EI d=1,25sg (densité boue 1,25 avant le top du Turonien)
- Forage de 506m à 2290m (110m dans le Dogger Lagunaire)
- Descente d'une colonne 13" 3/8.
- Cimentation en un seul étage.

-La phase 12 1/4" verticale**-Réalisation De La Section : 760 m**

- Reforage du float collar et ciment jusqu'à 3m du sabot
- Boue à l'huile EI d : 2.02 sg
- Reforage ciment et sabot casing 13 3/8" et forage d'un mètre dans la formation.
- Forage vertical de la section de 2290m à 3050m (côte du KOP).

-La phase 12 1/4" Build Up**-Réalisation De La Section : 213 m**

- Forer en Build Up de 3050m à 3263 m MD (3251m VD)
- Descendre le tubage 9 5/8" 53.5# P110 BTC

-La Phase 8 3/8"**-Réalisation De La Section : 149 m**

- Boue à l'huile EI d= 1.40 sg. Préserver les caractéristiques de la boue.
- Reforer les accessoires casing 9 5/8" avec la BHA directionnelle.
- Forer en Build Up de 3263m MD à 3412 m MD (3339m VD) avec 7,65°/30m à 72°Inc, AZ= 120° (TOP Cambrien à 3336m VD).
- Descendre et cimenter la colonne complète de CASING 7" 32# - P110 BTC.

- Classification de la roche géologique et profondeur et ROP

TABLEAU 01: CLASIFICATION DE ROCHE ET PROFONDEUR

CLASSIFICATION	PROFONDEUR	ROP
MIO PLIOCENE	11 / 235 m	8.23 m/h
EOCENE CARBONATE	235/338 m	10.68 m/h
SENONIEN CARBONATE	338/487 m	7.13 m/h
SENONIEN ANHYDRITE	437/642 m	14.41 m/h
SENONIEN SALIFER	642 / 762 m	13.72 m/h
TURONIEN	762 /885 m	28.60 m/h
CENOMANIEN	885/1050 m	18.17 m/h
ALBIEN	1050 /1348 m	59.12 m/h
APTIEN	1348/1373 m	11.36 m/h
BAREMIEN	1373/1617 m	35.15 m/h
NEOCOMIEN	1617/1827 m	22.17m/h
MALM	1827/2071 m	5.86 m/h
DOGGER ARGILEUX	2071 / 2170 m	10.05m/h
DOGGER LACUNAIRE	2170/2410 m	4.20 m/h
LIAS LD1	2410/2498m	5.38m/h
LIAS LS1	2498/2551m	5.38m/h
LIAS LD2	2581/2625m	5.38m/h
LIAS LS2	2625/2696m	32.27m/h
LIAS LD3	2696/2722m	15.29m/h
TRIAS SALIFERE TS1	2722/2778 m	19.04 m/h
TRIAS SALIFERE TS3	2778/3209m	5.68m/h
TRIAS ARFILEUX G10	3210/3393m	1.94m/h
ERUPTIVE	3473/3481m	1.24m/h
CAMBRIENE/RI	3481/4173m	1.24m/h

CHAPITRE 02

LA PHASE 16"

- Introduction :

La phase 16" est la phase la plus profonde sur le champ de Hassi Messaoud, son découvert peut dépasser 2000m. La boue utilisée pour le forage de cette phase est à l'huile de densité (de 1,18 à 1,25sg).

2-1-Spécifications De La Phase 16'':

L'objectif de cette phase intermédiaire est de traverser en 13"3/8 les formations du crétacé et une partie du jurassique (l'Argileux et le lagunaire).

Ces formations ne supporteraient pas la densité requise pour continuer dans le lias en dessous.

La cote d'arrêt a été fixée à environ 110 mètres dans le dogger lagunaire en fonction de l'anhydrite s'y trouvant. On essaiera de positionner le sabot après avoir observé un ralentissement sur au moins 4 mètres.

Dans cette section, une attention particulière doit être portée à la formation du sénonien salifère ainsi qu'à l'Albien (d'équivalente maximum=1,17). En effet si une production d'eau douce de l'Albien est permise vers le sel du sénonien alors une érosion et dissolution importante peuvent engendrer des cavages dans le puits.

On pourra s'attendre à un ralentissement de l'avancement dans l'Albien à cause de la dolomie, et à des tirages dans les zones à sel, notamment lors des éventuelles manœuvres. C'est une phase longue généralement de 1880 mètres et foré idéalement avec un seul outil PDC.

La spécification de la phase est la présence des nappes aquifères et la formation salifère du sénonien.

Turonien aquifère :

Eau salée, sa salinité à Hassi Messaoud varie de 164 à 240 g/l, elle est non potable. La porosité de l'aquifère est d'environ 24%, l'eau en place est estimée à $2586,7 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ et la densité de contrôle de la pression de pores est d'environ 1,03.

Albien aquifère :

Eau douce, la salinité varie de 0,24 à 9,5 g/l elle est moyennement potable. La porosité de l'aquifère est estimée à 20,99% les réserves en places sont estimées à $5,508 \cdot 10^{13} \text{ m}^3$.

La densité au toit de l'Albien à Hassi Messaoud est estimée à environ 123 bars ($d_{eq}=1,17$).

Tableau 02: pourcentage d'argile de chaque couche

COUCHES	% D'ARGILE
SEN SALIFERE	/
TURONIEN	26,60
CENOMANIEN	10,40
ALBIEN	4,00
APTIEN	14,40
NEOCOMIEN	87,80
MALM	55,00
DOGG ARGILEUX	95,00
DOGG LAGUNAIRE	5,00

2-2-Objectifs De La Phase 16" :

Les principaux objectifs de cette phase sont les suivants :

- I- Forage de la section en un seul run.
- II- Zéro lost time accident (LTA).
- III- Poser et cimenter le 13"3/8 110mDV dans le dogger lagunaire.
- IV- Assurer un bonne isolation des terrains albien et barrémien.
- V- Pas d'atteinte à l'environnement.

2-3-BHA Utilisée :

Tableau03 : Valeur de BHA

ELEMENTS	Jts	Longueur (m)	ID (in)	OD (in)
16" PDC Bit	1	0.40	0.00	16,00
Near bit stabilizer 16"	1	2.00	3.00	15,88
9"1/2 Short Drill Collar	1	3.62	3.00	9,50
String Stabilizer 16"	1	2.23	3.00	15,88
9" 1/2 Drill Collar	1	9.16	3.00	9,50
String Stabilizer /16"	1	2.23	3.00	15,88
9" 1/2 Drill Collar	2	18.12	3.00	9,50
XOS	1	1.12	3.00	9,50
8" Drill Collar	9	81.79	2.81	8,00
Hydraulic Jar 8"	1	9.90	2.81	8,00
8" Drill Collar	2	18.17	2.81	8,00
XOS	1	1.09	2.81	8,00
5 1/2" HWDP	12	110.84	3.63	5,50
Longueur totale		260.67		

2-4-Paramètres de forage :

WOB = 5 -20 tonnes

RPM = 80 - 150 rpm

Q = 2800 - 3200 lpm

d= 1.18 – 1.25 sg

2-5- Performance de la phase 16:

Tableau 04: paramètres de forage

Formation	Drill performance						Drill paramètre				
	OUT (m)	IN (m)	MT R	HRS (h)	ROP (m/h)	W OB	RPM (rpm)	TR Q	F L	SP P	
Sénonien	668	468	200	18.3	17.5	15-	120	N	30	160	
Sénonien	832	668	164	11.5	21.4	18-	120	N	32	170	
Turonien	928	832	96	10.9	21.7	18-	110-	N	29	144	
Cénomani	1071	928	143	13.8	25.9	14-	90-	N	32	190	
Albien	1439	1071	368	16.9	40.5	12-	110	N	32	200	
Aptien	1464	1439	25	6.5	8.01	18-	110	N	32	200	
Barrémien	1707	1464	243	10.5	28.6	7-	75-	N	19	315	
Néocomie	1903	1707	196	15	22.1	5-	75-	N	32	215	
Malm	2136	1903	233	36.5	11.7	5-	90-	N	32	221	
Dogger	2241	2136	105	13	19.5	8-	90-	20	32	230	
Dogger	2351	2241	110	26.6	7.94	10-	100-	40	32	225	
ROP (m/h)	19										
HRS	217.56										
MTR (m)	1804										
Depth	Out	2292									
	In	488									
JETS/32 TFA	9*12										
SERIAL N°											
TYPE	TFX913S_A1										

2-6- Réalisation De La Phase :

La section est 1804 m de longueur, sa réalisation se fait comme suit:

- A- Reforage du shoe casing 18^{5/8} avec un PDC bit.
- B- Utiliser une boue à l'huile de densité d=1.18 à 1.25 sg(densité 1.25 avant le top du turonien).
- C- Forage de 488 m a 2292m.
- D- Tubage 13^{3/8} 68# N-80 et 13^{3/8} 54.5# K-55, avec accessoires reforables au PDC.
- E- Cimentation en un seul étage et test casing à 3250psi (d=1.25 sg)
- F- La gaine de ciment est composée d'un laitier allégé de tête .

BOP annulaire

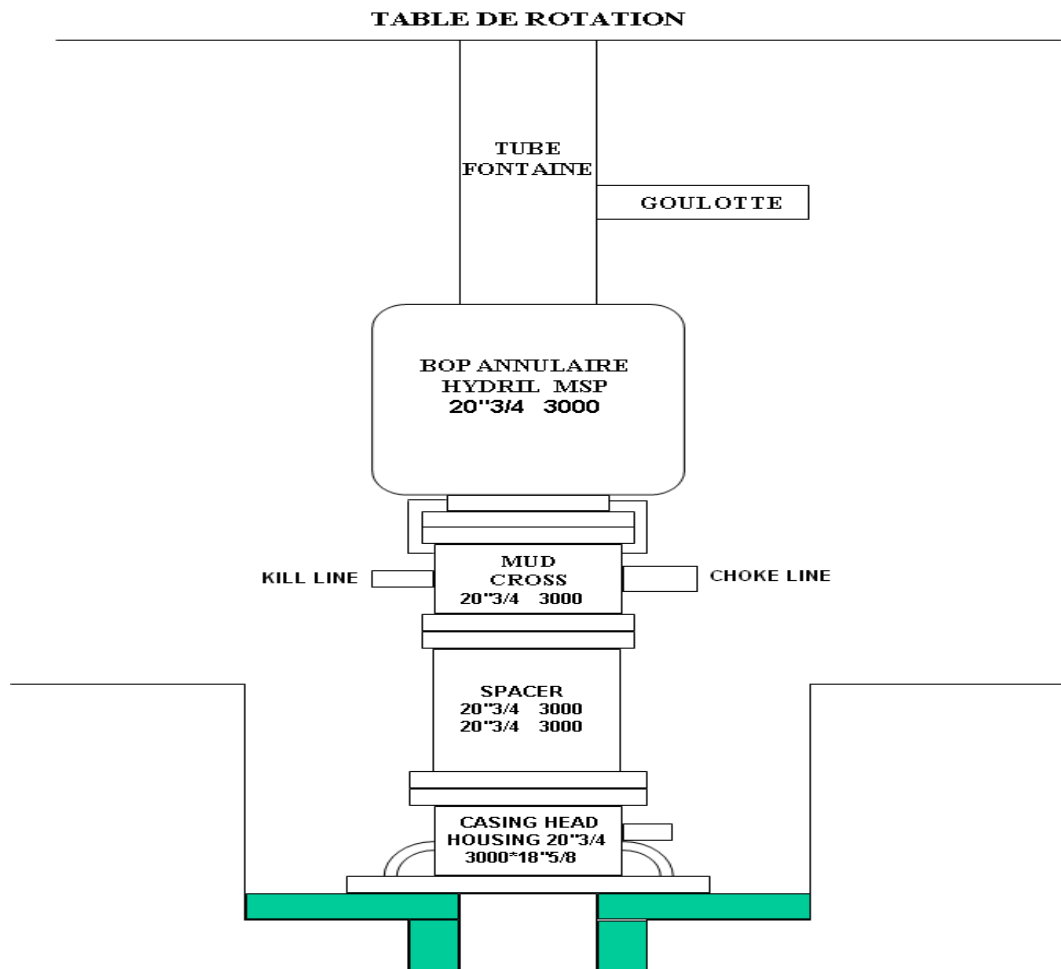


Figure02 : BOP annulaire

Chapitre 3
Descente et cimentation de la
Colone 13 "3/8

3-1- Préparation du Tubage:

3-1-1- Calibrage des Tubes :

Les tubes doivent être aussi mesurés et numérotés dans un cahier, les protecteurs des filetages ôtés et les joints nettoyés et graissés. Les protecteurs de l'extrémité male doivent remis en place pour protéger le filetage pendant la manutention.

3-1-2- Habillage de la Colonne :

La préparation de la colonne comporte en outre la mise en place des accessoires :

➤ Le Sabot (shoe):

Facilite la descente et le guidage de la colonne.

-Sabot à canal (guide shoe): " le cas de notre colonne "

Il permet la pénétration directe de la boue dans le tubage lors de la descente.



Figure03 :Guide shoe

➤ L'anneau de retenue (landing collar) :

Servir un siège au bouchon de cimentation

-Float collar : " le cas de notre colonne "



FIGURE03 :Float collar

➤ **Les centreurs (centraliser):** Il y a deux types :

▪ **Centreurs rigides :**

Avec lames en "U", ils sont utilisés aux espaces annulaires (tubage-tubage).

▪ **Centreurs souples** (droits et spiralé) :

Sont utilisés aux espaces annulaires (tubage-trou).



FIGURE05 : Les centreurs

3-2- Caractéristiques du tubage utilisé:

Les tubes utilisés sont de 2 grades différents.

1- grade : N80

- Diamètre extérieur = 13 3/8" (339,725 mm).
- Masse nominale = 68 lb/ft.
- Filetage : Buttress.
- Résistance à l'écrasement = 2262 Psi.
- Résistance à l'éclatement = 5078 Psi.
- Tension à la limite élastique = 705 TON

2- grade : k55

- Diamètre extérieur = 13 3/8" (339,725 mm).
- Masse nominale = 54.5 lb/ft.
- Filetage : Buttress.
- Résistance à l'écrasement = 1131 Psi.
- Résistance à l'éclatement = 2740 Psi.
- Tension à la limite élastique = 386 TON

3-3-Composition de la colonne :

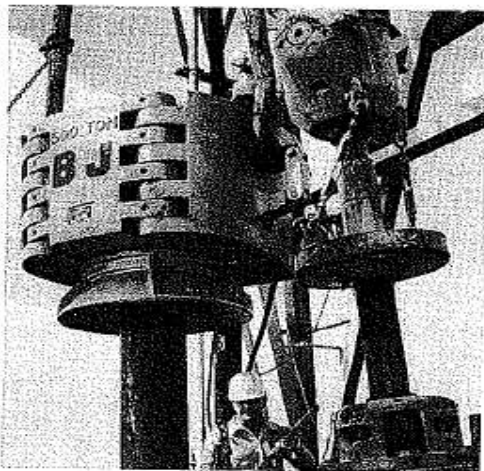
- Sabot 13 3/8 - 48/86# Buttress, reforable au PDC.
- 2 joints casing 13 3/8,68#, N80, Buttress.
- Anneau 13 3/8 – 48/72# Buttress, reforable au PDC.
- 95 joints casing 13 3/8,68#, N80, Buttress
- 98 joints casing 13 3/8,54.5#, K55, Buttress

3-4- Descente de la colonne:

3-4-1-Vissage et serrage des joints :

Le sabot est vissé et serré sur le walk way par l'équipe de chantier a l'aide de clés de grande capacité .pour avoir une bonne adhérence. On utilise un produit spécial appelé Baker-Lock .C'est une graisse spéciale que l'on étale sur le filetage du tube avant de visser le sabot.

Le principe de manipulation des tubes est le même que celui des tiges de forage mais l'équipement est adapté aux diamètres des casing et à leur résistance plus faible à l'écrasement. L'emploi d'une table de cimentation et d'élévateur à coins est fréquent.



Tête de tubage et spider de levage
(Source : BJ Hughes).

FIGURE06: tete de tubage et spider de levage

-Le vissage des tubes entre eux se fait à l'aide de clés hydrauliques.

Une société de service est souvent employée pour cette opération délicate.

3-4-2-La vitesse de descente :

Il faut faire cette descente le plus rapidement possible car comme toute manœuvre, cela représente un temps improductif, mais la vitesse de descente de la colonne doit être contrôlée en fonction de la surpression (surge) qu'elle procure sur le fond et les parois du trou. Le travail doit être bien organisé car tout arrêt en cours de descente, suit à un incident, signifie un grand danger de coincement du casing à cette cote.

La vitesse de descente est exprimée comme suite:

Tableau 05: Temps de la descent de tubage

tubage	Vitesse de descente (m/h)	Nombre de tubes/heure
18" 5/8	50	6
13" 3/8	80-100	10
9" 5/8	130	15
7"	180-240	20

3-4-3-Remplissage et Circulations:

Le chef de poste doit veiller au remplissage de la colonne, si nécessaire, et surveiller le niveau hydrostatique dans le puits. Le tubage étant au fond, on peut reconditionner la boue.

La circulation ne sera arrêtée que lorsque :

- la boue ne remonte plus de déblais,
- le fond gazeux est faible et constant,
- il n'y a pas de perte ni de venue,
- tout le volume de boue en circulation est homogène,

La colonne étant équipée de la tête de cimentation et des bouchons, la cimentation proprement dite peut démarrer.

3-5- Opération De Cimentation :

Les cimentations consistent en la mise en place d'un laitier de ciment approprié à une cote donnée du puits ou dans l'espace annulaire entre le trou foré et le cuvelage en place.

Il existe différents type de cimentation répondant chacun à un problème particulier.

3-5-1-Buts De L'Opération De Cimentation :

Les buts de la cimentation des cuvelages ou du casing sont multiples :

- isoler une couche productrice des couches adjacentes,
- assurer mécaniquement les tubages dans la formation.
- protéger ces tubages contre la corrosion due aux fluides contenus dans les couches traversées,
- fournir une base étanche aux équipements de contrôle et de sécurité installés en tête de puits,
- les cimentations en pressions appelées squeezes ou esquichages, en trous tubés perforés ont pour buts :
 - d'injecter du ciment complémentaire, à travers les orifices des perforations pratiquées dans les tubages, pour consolider ou réparer la cimentation primaire de ces tubages,
 - d'obturer une couche productrice épuisée,
 - d'isoler une couche des zones adjacentes dans le but de limiter la proportion d'eau ou de gaz accompagnant la production d'huile,
 - pose de bouchons de ciment en trou ouvert, en cours de forage
 - de colmater des venues d'eau.
 - d'obturer des zones à pertes de bous de forage.
 - de servir de point d'appui à une déviation du forage (side track)
 - de respecter des séquences d'abandon de puits.

3-5-2-Généralités Sur Les Ciments :**-Hydratation et prise du ciment :**

Il y a trois étapes principales successives :

- Le mouillage.
- La prise
- Le durcissement.

- Classification Des Ciments:**- Les ciments portland brut :**

- Class A, B, C, D, E, F, G, H et J.

- Les ciments spéciaux :

- Ciments allégés
- Ciments à la bentonite.
- Ciments denses.

- Ciments pour températures élevées.

- Ciment a basse température.

-Caractéristiques des laitiers de ciments :

-Densité des laitiers : la densité du laitier influe sur :

-la pression hydrostatique encours de cimentation.

-le temps de pompabilité.

-la résistance à la compression du ciment durci.

-la perméabilité du ciment.

-Filtration : influe sur les caractéristiques mécanique de ciment durci.

-Eau libre : peut former un anneau d'eau à la partie supérieur de la gaine de ciment.

-Temps de pompabilité : c'est le temps pendant le quel le laitier reste pompable.

-Résistance a la compression: le ciment doit supporter les contraintes mécanique et thermique et les vibrations pendant tout la durée de vie de puits.

-Perméabilité : l'aptitude d'un ciment durci à laisser traverser par les fluides.

-Les Laitiers De Ciment : eau de gâchage +additifs+ciment pur.

-Eau De Gâchage : on peut fabriquer le ciment avec eau douce, eau salée, eau salée saturée, ou eau de chantier.

Additifs :

- Fluidifiants
- Réducteurs de Filtrat
- Retardateurs
- Accélérateurs
- Allégeant
- Anti-mousse
- Dispersent.

3-5-3- Matériels De Cimentation :

L'équipement de cimentation primaire est standard, comme :

➤**La Tête De Cimentation :**

Vissée au sommet du tubage, contient les deux bouchons, elle doit permettre la circulation de boue, l'injection du laitier après le largage du bouchon inférieur, la chasse du bouchon supérieur avec la boue initiale.

➤ Les Bouchons De Cimentation :

On distingue deux types:

- ***Bouchon inférieur*** (*bottom plug*) :
 - Séparer les fluides.
 - Racler les parois du tubage, évitant le plus possible la contamination
- ***Bouchon supérieur*** (*top plug*) :
 - ❖ Etudier pour être étanche et résistant aux hautes pressions.
 - ❖ Sert à chasser le laitier.
 - ❖ Vient se mettre en place normalement sur le bouchon inférieur dispositif
 - ❖ Permet de réaliser un test en pression de la colonne.

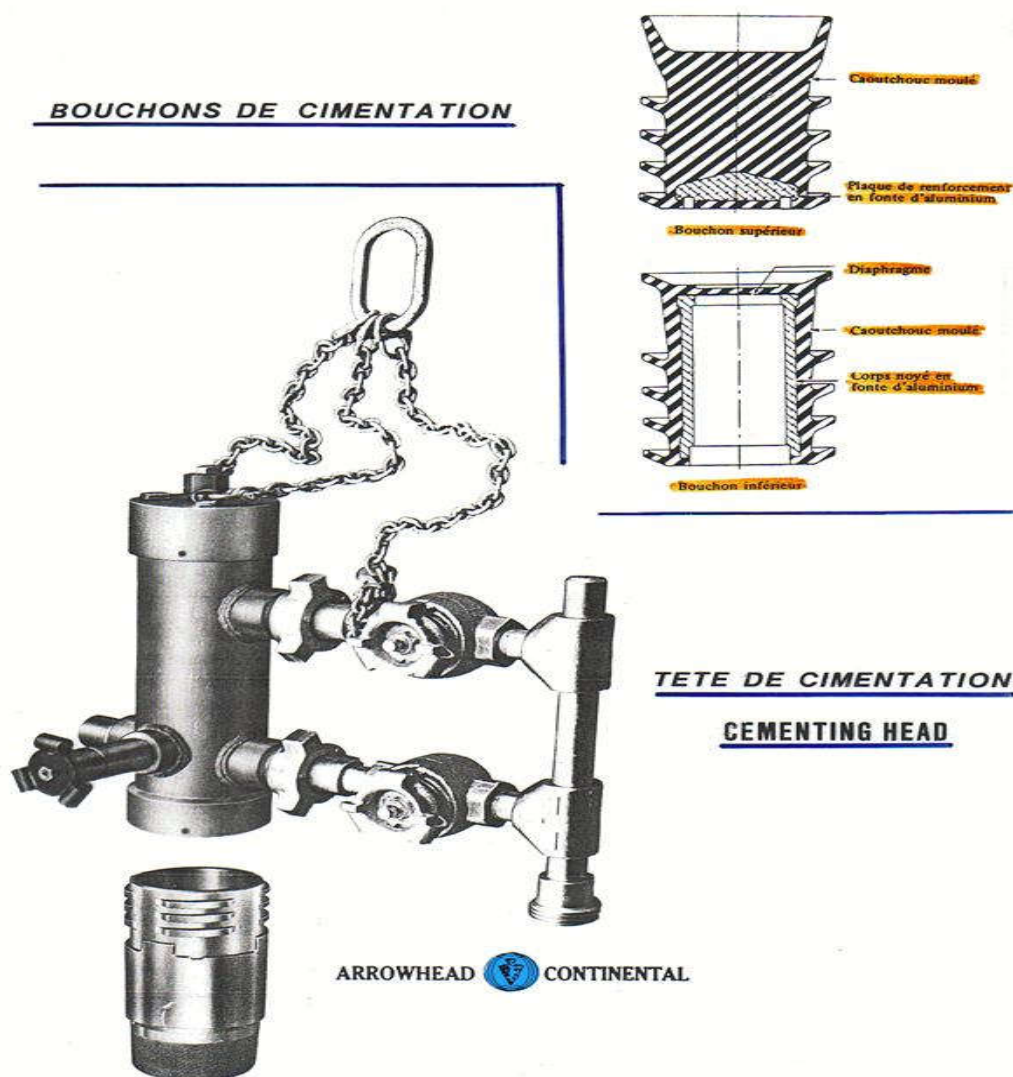


FIGURE06 : tete cimentation et bouchons

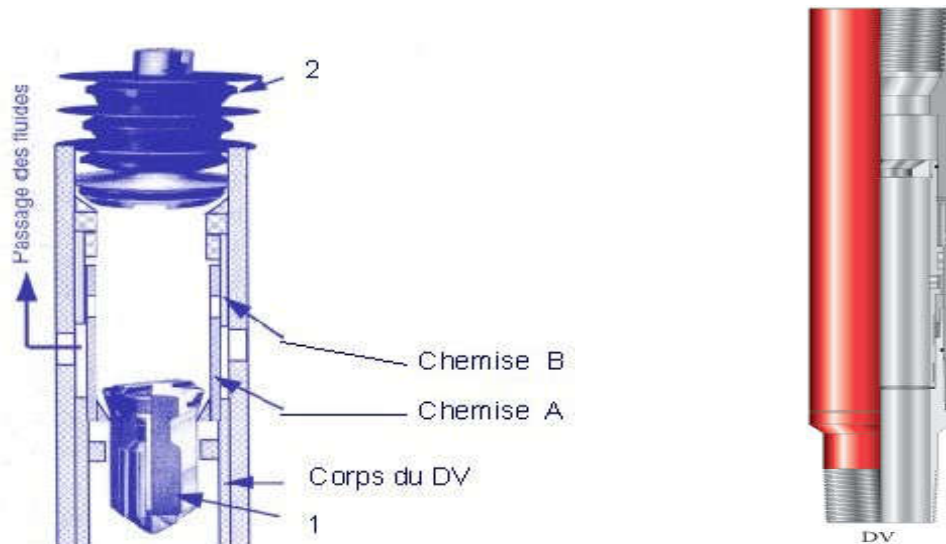
- Cimentations étagées:➤ **L'anneau de cimentation étagé « DV » (Diverter Valve) :**

FIGURE07 : illustrations dessin buchon

Pour la cimentation à deux étages, il faut incorporer un anneau de cimentation étagé « **DV** » (Diverter Valve). Cet équipement joue le rôle d'un by-pass entre l'intérieur de casing et l'annulaire afin de pouvoir circuler et chasser du ciment dans cet annulaire à la côte choisie.

Mode d'emploi : Lorsque la cimentation primaire est effectuée, on ouvre la DV par action de pression sur la pompe (1) obturant la chemise inférieure (A). La cimentation du deuxième étage peut alors avoir lieu. Puis l'envoi du bouchon de fermeture (2) déplace la chemise supérieure (B) en fin de chasse et referme les by-pass.

3-5-4- Principes De La Méthode De Cimentation:

Il s'agit de forcer un laitier de ciment dans l'espace annulaire existant entre l'extérieur du tubage en place et la paroi du trou, en l'injectant directement à l'intérieur du tubage à cimenter ou à travers les tiges de forage, de façon à le faire ensuite remonter dans cet annulaire jusqu'à une hauteur prédéterminée.

Ce laitier est généralement mixé en surface de façon continue au moyen de deux éducteurs d'eau sous pression qui mouillent et entraînent le ciment pulvérulent jusqu'à un petit bac tampon où ce laitier, dont la densité est contrôlée en permanence. Il est ensuite repris par des pompes à pistons haute pression pour être injecté dans le puits.

Le réglage de la densité du laitier est obtenu par les variations d'un débit d'eau se déversant en aval du point de rencontre ciment et eau de mixage.

L'alimentation en ciment sec se fait par gravité à partir d'un silo. Les équipements modernes comportent une alimentation de ciment en conduite sous pression d'air jusqu'au contact avec l'eau de mixage.

3-5-4-1- Cimentation Primaire:

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

Un à-coup de pression perfore le bouchon inférieur pour laisser circuler le laitier qui pousse directement la boue en place et lave à la fois les parois du trou et l'extérieur du casing au cours de son écoulement. Lorsque tout le laitier est injecté, on libère le bouchon supérieur déplacé par circulation de la boue de forage. Cette opération est appelée chasse. Le volume de chasse est le volume de boue entrez l'anneau et la tête de cimentation. En fin de chasse on doit remarquer une montée en pression qui signifie l'arrêt du bouchon supérieur.

La maintien d'une surpression pendant quelques minutes permet de faire en même temps un test d'étanchéité de la colonne.

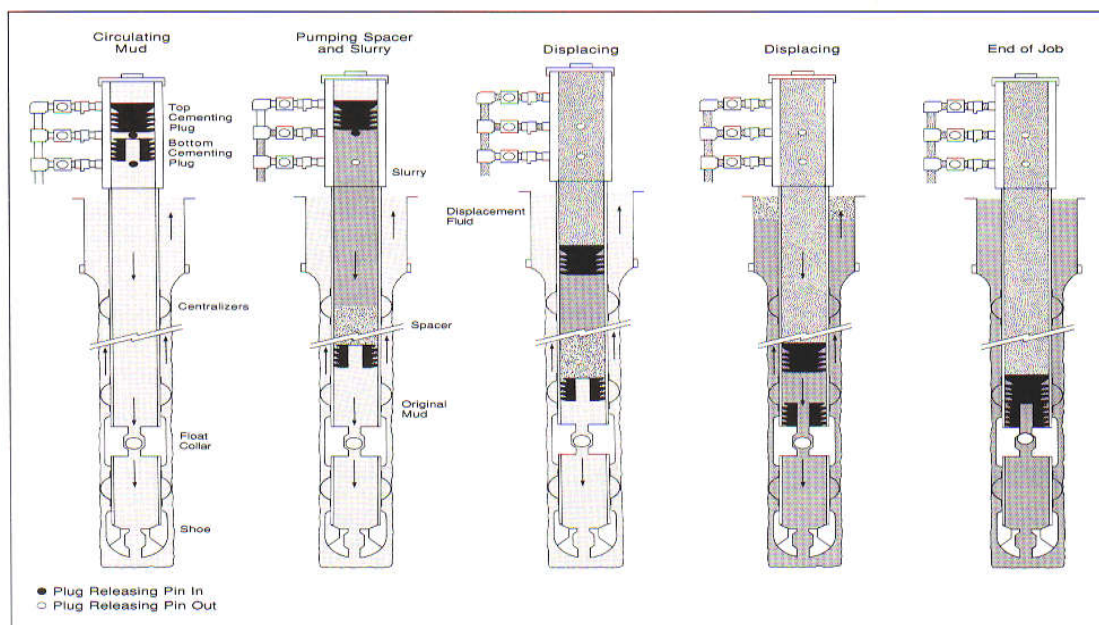


FIGURE08 : les etapes operation de cimentation

3-5-4-2- Cimentation A Deux Etages :

La colonne est équipée de la DV à la côte désirée. La cimentation primaire est effectuée d'une manière classique avec toutefois l'utilisation de bouchons devant passer à travers le rétrécissement procuré par la DV. Après l'à-coup de pression, on laisse tomber la bombe (50 à 60 m/min suivant la déviation) ; la pression d'ouverture cisaille des goupilles et déplace la chemise (de l'ordre de 10 MPa). On peut alors injecter le laitier, mais on n'utilise pas de bouchon de tête. en fin d'injection, on libère le bouchon de queue que l'on chasse jusqu'à la DV par déplacement d'une seconde chemise.

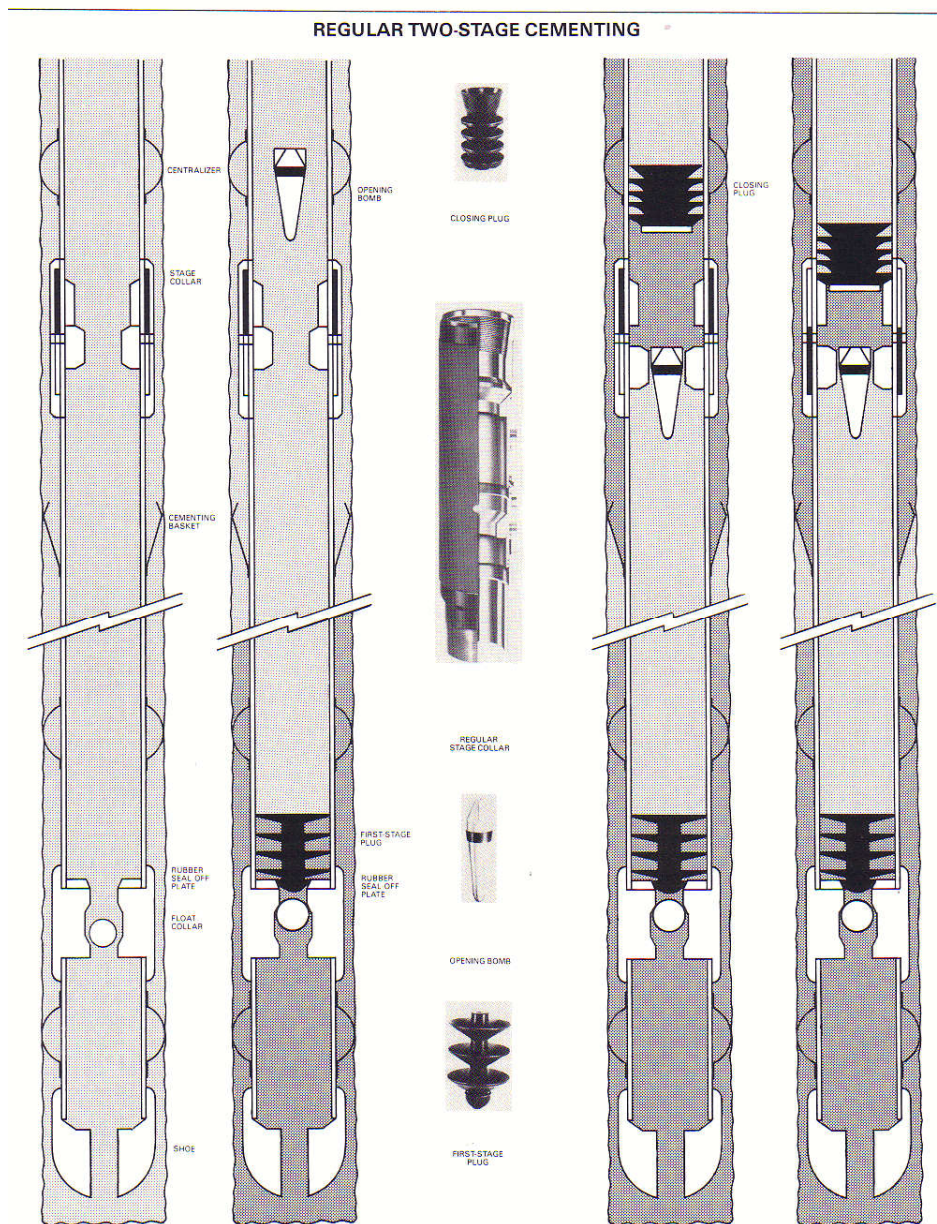


FIGURE09 : controle de cimentation

3-6-Contrôle De Cimentation :

Après cimentation 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.

3-6-1-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 thermométrie sur la courbe du diamètre effectué avant la descente du tubage.

Contrôle de la qualité de la cimentation :

Si la thermométrie donne quelques renseignements sur la présence ou non de zones polluées dans la cimentation, elle ne précise pas si le ciment adhère correctement aux parois du tubage.

L'enregistrement (cement bond log) (CBL) permet de déterminer les zones de bonnes et mauvaises cimentations.

Le principe de l'appareil est le suivant : on a constaté que l'amplitude d'un signal acoustique donné subissait une atténuation notable lorsque l'onde sonore était transmise à travers le ciment, ce qui se produit lorsque ce dernier est adhérent au métal des tubes et à la formation. Dans le cas contraire, la totalité de l'onde est transmise par l'acier sans diminution d'amplitude.

L'appareil comporte donc un émetteur acoustique et un organe récepteur qui enregistrent les variations d'amplitude du signal reçu.

3-6-2-Contrôle de l'étanchéité du tubage et de la cimentation du sabot :

Il est bon, après cimentation, de vérifier l'étanchéité de la colonne.

Cet essai se fait, soit :

- Peu après l'arrivée du bouchon supérieur sur l'anneau de retenue.

Une fois l'à-coup de pression obtenu, on branche à nouveau les pompes haute pression de cimentation sur la tête de cimentation et on pompe jusqu'à ce que la pression atteigne la pression d'essai (de l'ordre de 80% de la pression d'éclatement du tubage).

-Après reforger d'une partie du ciment et forage de 1 ou 2 m au dessous du sabot.

3-7-Préparation des matières :

Préparation la quantité de ciment suffisante bien avant l'opération de cimentation. L'approvisionnement au chantier se fait par des silos de capacité variant de 20 à 50 tonnes. Préparer le volume d'eau de mixage nécessaire.

3-8-Préparation du matériel:

- Table de tubage : mettre en place les spiders correspondant au diamètre de la colonne.

- Elévateur de tubage : pour manipuler tout la colonne

- Collier de tubage : c'est un petit élévateur pour manipuler un seul tube

- Passerelle de tubage: c'est une petite plate-forme réglable en hauteur

En fonction de la longueur du tube. Elle permet à l'accrocheur de maintenir le tube pendant son vissage.

- Protecteurs en caoutchouc de tubage

- Clés de serrage.

-Faire un filage et coup du câble si nécessaire.

-Préparer les pompes en mettant en place chemisage correspondant.

-Préparation du volume suffisant de boue dans les bacs

-Préparer la conduite de cimentation

-Tête de cimentation : Elle es vissée sur le dernier tube de la colonne. Elle permet de loger les bouchons de cimentation.

- Une unité de cimentation équipées de:

-Force motrice.

-Moyens de pompage.

-Mélangeur.

-Bacs de 3 m³ de volume.

3-9-Circulation avant la cimentation :

Il est recommandé de circuler deux fois le volume de puits pour bien le nettoyer. Cette circulation se fait en trois étapes:

1-Circulation au sabot précédent.

2-Circulation intermédiaire.

3-Circulation finale.

Respecter les paramètres de circulation du programme de cimentation. En effet ces paramètres ont une influence sur la température et sur le temps de pompabilité des laitiers.

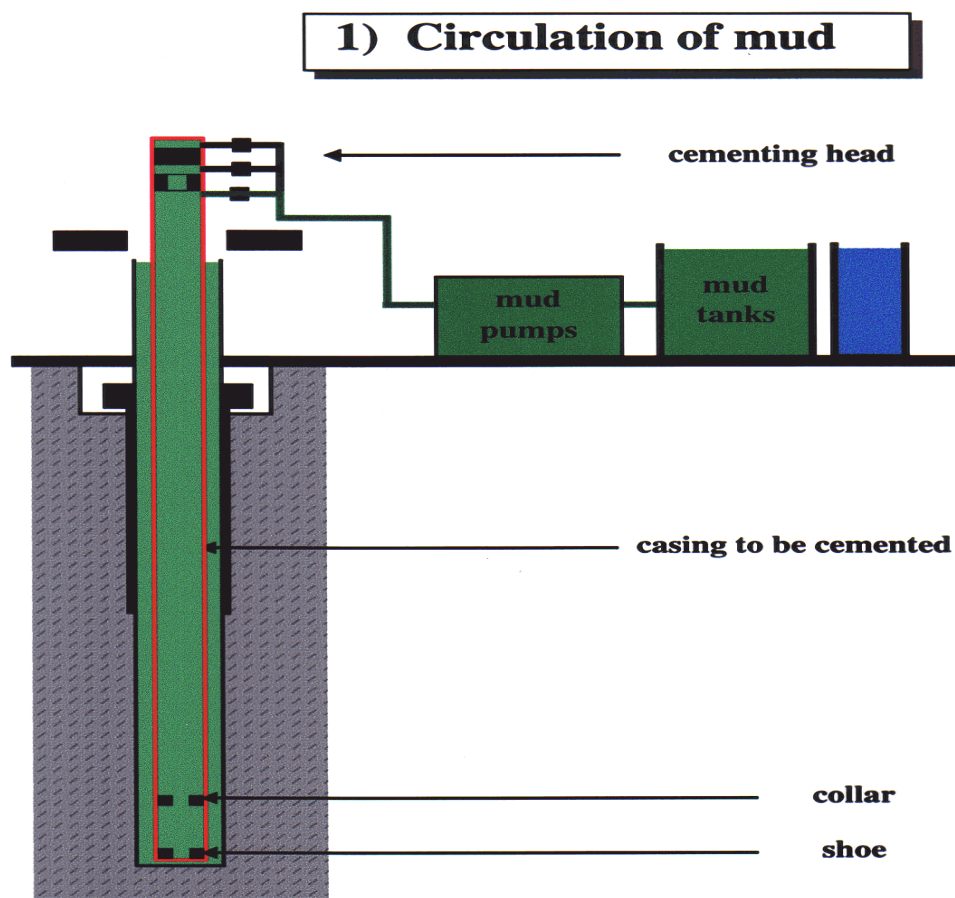


FIGURE10 :circulation of mud

CHAPITRE 4

Deroulement des operation

4-Deroulement De L'opération :**4-1-Préparation :**

- prélever des échantillons de boue (à TD) et d'eau du chantier,
- effectuer les tests des caractéristiques des laitiers et spacers (préparés avec un échantillon d'eau du chantier),
- effectuer les tests de compatibilité boue / laitiers / spacers (avec un échantillon de boue du chantier).

Vérifier :

- Sabot à canal,
- Anneau muni d'un dispositif anti-retour (s'assurer de la reforabilité au PDC)
- Bouchons de tête et queue (pas d'anomalies apparentes)
- Bacs Cimentation ouverts et propres.

4-2-Characteristiques Des Laitiers Et Spacers :

Suivant le programme de cimentation.

Programme type:

2.1 Pompage avant les laitiers :

Tableau07 : Le volume pompe :

Description	Densité	Volume m3
Chemical wash	1.10	10
Spacer	1,11	3

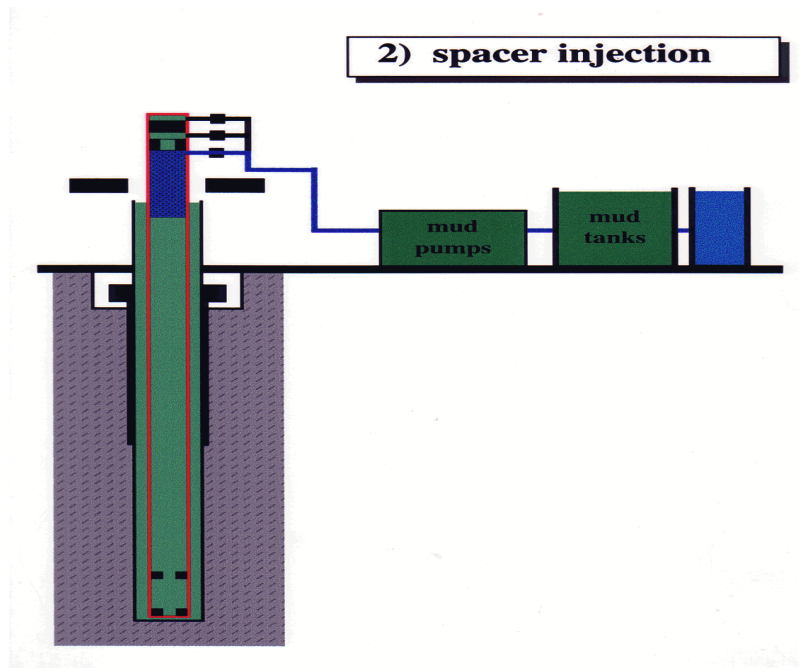


FIGURE11 : spacer injection

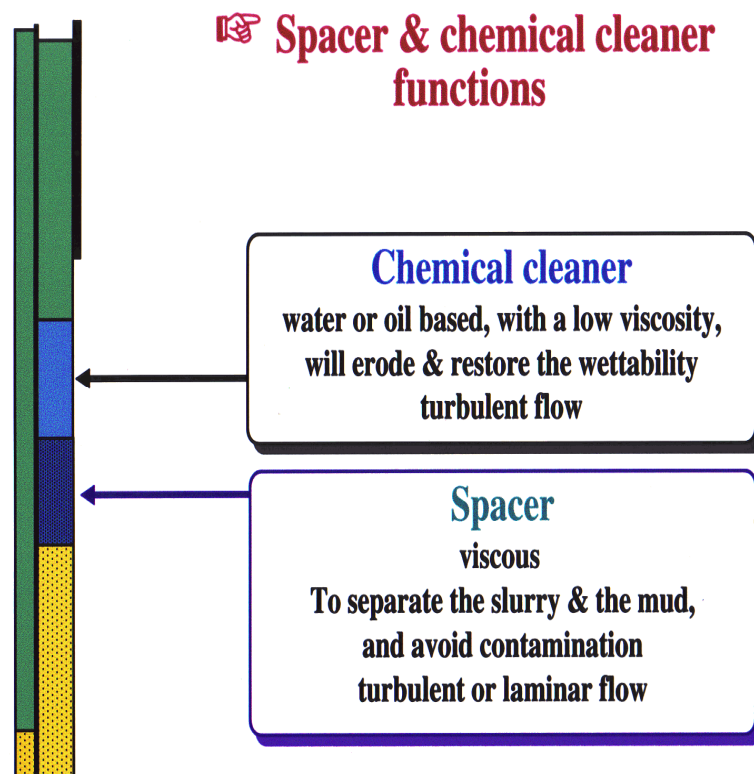


FIGURE12 : les etape de produit injection el la boue

-Suivant le programme de cimentation de l'Ingénierie.

-Le programme a été établi de façon à assurer dans l'annulaire une **densité équivalente supérieure à la densité 1,20 requise** au dessus de l'Albien.

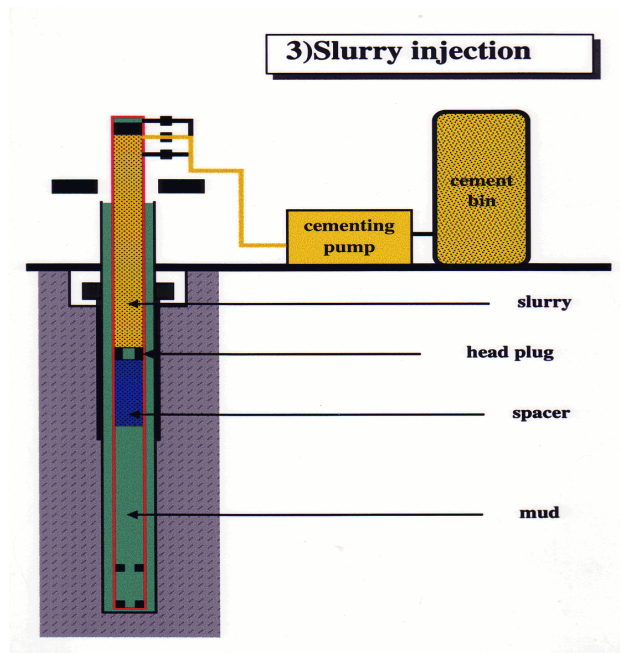


FIGURE13 : slurry injection

4-3-Chasse De Laitier :

Le déplacement du laitier ou la chasse se fait avec de la boue pompée par les pompes du chantier. Elle est composée des volumes suivants:

- 1 m³ d'eau pompé par l'unité de cimentation avec un débit de 1000 l/min.
- 150 m³ de boue pompé par les pompes du chantier avec un débit de 1000 l/min.
- 20 m³ de boue pompé par les pompes du chantier avec un débit de 1000 l/min.
- 10.69m³ de boue pompé par les

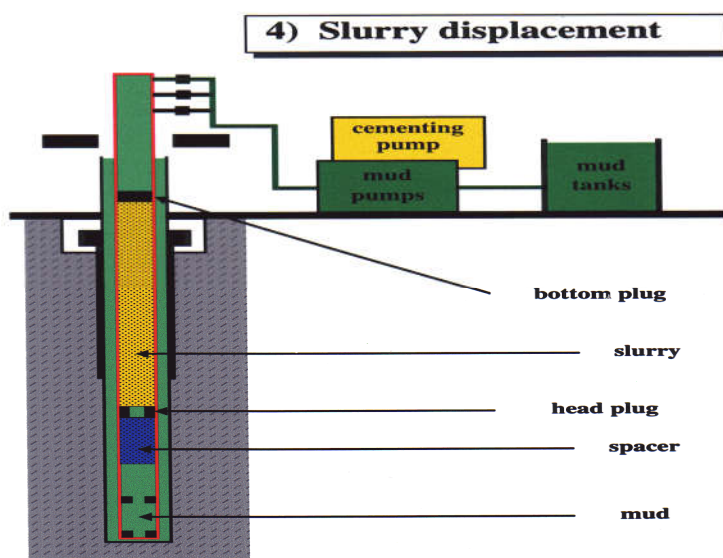


FIGURE14 : SLURRY DISPLACEMENT

Après avoir pompé tout le volume de chasse le deuxième bouchon arrive a l'anneau et se pose sur le premier bouchon .Le laitier sera entre le tubage et la formation dans le découvert et de 200 m dans l'entrefèr.

4-4-DETAIL DES OPERATIONS :

Tableau08 : OPERATIONS DE cimentation

Etape	Cimentation 13''3/8	Remarques
1	Tester l'unité de cimentation dès son arrivée sur site. Vérifier silos, tête de circulation et de cimentation. Vérifier les quantités d'additifs et ciment disponibles pour la cimentation. Mettre en place les volumes d'eau et de chemical wash pour les spacers et les laitiers.	Suivant procédure générale de cimentation. Tenir compte du volume des impompables. L'utilisation de bacs ouverts est impérative.
2	Introduire les bouchons dans la tête de cimentation.	
3	Une fois tubage au fond et circulation établie: Monter la tête de cimentation. Tester les lignes.	
4	Circuler selon le programme de cimentation. Mélanger les additifs à l'eau de gâchage.	
5	Prélever 10 kg de ciment et 10 l d'eau de gâchage de chaque laitier.	
6	Pomper le chemical wash et spacer (s).	Vérifier le retour à la goulotte
7	Larguer le bouchon de tête. Mixer et injecter les laitiers.	Faire un suivi permanent de la densité des laitiers uniquement à la balance pressurisée. Prélever les échantillons de laitier.
8	Larguer le bouchon de queue. Déplacer avec les pompes du rig.	Vérifier le retour à la goulotte.
9	A l'à-coup de pression tester la colonne 10 mn (pression 3250 psi ou selon fiche puits). Purger (en cas de retour, repomper le volume retourné et attendre le séchage du laitier).	Regrouper les échantillons de surface. Faire le bilan des volumes (pertes / gains).

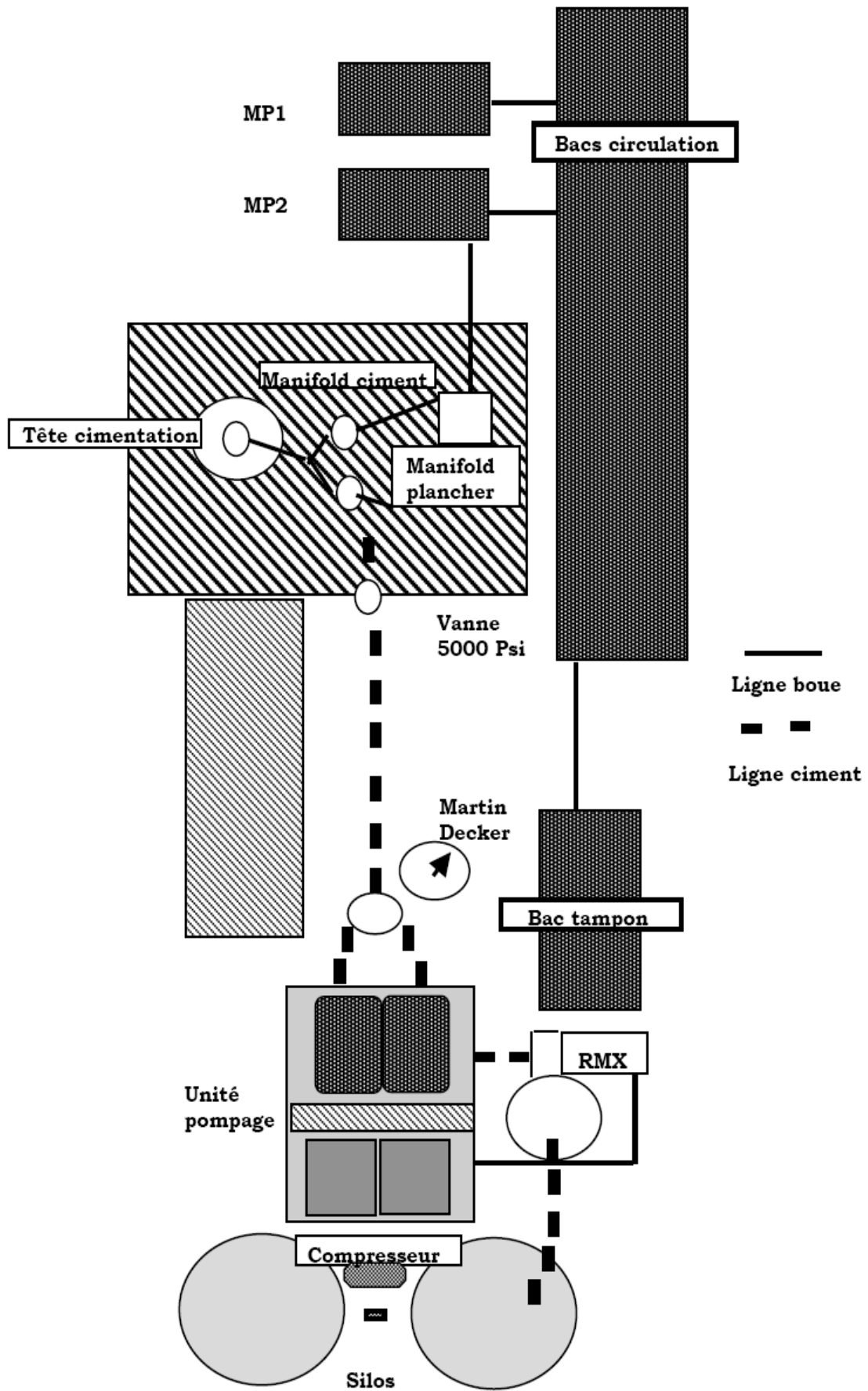


FIGURE15 : Implantation de l'unité de cimentation

Exemple de demande de formulation de laitier

Tableau 09 : formulation de laitie

SH FOR DRMD ING.FC.	DEMANDE DE FORMULATION CSG 13 3/8	PUITS : APP :		
Date :	PHASE: 16"	Tubage <input checked="" type="checkbox"/> Liner <input type="checkbox"/> Bouchon <input type="checkbox"/>		
Societe :	Etage 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>	Squeeze <input type="checkbox"/>		
DERNIER TUBAGE : DIA : 18 5/8" SABOT m : 484 Poids lbs/ft: 87,5				
DECOUVERT		CASING PREVU :		
Diametre 16" in	Diametre Ext. 13"3/8			
Deqv fract. 1,75 s.g	Diametre Int. 12,415 in			
Deqv pore ALB. 1,16 s.g	Poids 68 lbs/ft			
	Nuance N80			
Cote anneau 2302 m	Volume Int. 78,10 lt/m			
Cote sabot 2326 m	Filetage BTC			
TEMPERATURES :				
PROFONDEUR	2326	m		
GRADIENT	2,9	°C/100m		
BHST	96	°C		
BHCT	62	°C		
SCHEDULE	API			
BOUE DE CIRCULATION :				
TYPE : OBM	DENSITE : 1,25	VP/YV : 25/10		
	FILTRAT : 4/6	GELS : 5/10		
CARACTERISTIQUES DES LAITIERS:				
	Laitier 1	Laitier 2	Laitier 3	
Profondeur	2326	2242	1433	
Densite	2,00	1,90	1,42	
Pompabilite à 40UC	4 à 5	4 à 5	6 à 7	
Filtrat	ND	ND	80	
RC à 24hres	3500	3500	2500	
RHEOLOGIE				
300	90	90	80	
VP - YV	60 - 30	60 - 30	60 - 25	
Excès en %				
TOP de ciment	0	15	25	
	2246	1433	284	
Eau de gachage				
	douce	douce	douce	
COMMENTAIRES :				
.Caractéristiques boue et cotes peuvent évoluer en cours de forage de cette phase .				
.Le volume du shoe slurry (laitier 1) est de 5m3.				

Tableau10 :programme de cimentation

SH - FOR - DRMD ING.F.C.		PROGRAMME DE CIMENTATION CASING 13" 3/8		PUITS : APP :			
Date : Société :		BHST = 95 °C BHCT = 62 °C		Temps de prise à 40°C : d = 1,42 7hrs 03 mn d = 1,90 7hrs 00mn d = 2,00 6hrs 50mn			
Diesel	37 m	DIESEL					
		Densité	0.85	s.g			
		VOLUME	5.00	m³			
		Hauteur	73	m			
		Débit injection	1000	lt/mn			
		Spacer	110 m	SPACER			
				Densité	1.30	s.g	
				VOLUME	12.00	m³	
				Hauteur	174	m	
				Débit injection	1000	lt/mn	
Eau	851			lt/m3	10212	lt Eau chantier	
Agent gélifiant	1.5	kg/m3	18	kg			
Alourdissant	396	kg/m3	4752	kg			
Anti-mousse	2	lt/m3	24	lt			
Surfactant	50	lt/m3	600	lt			
Top ciment	284 m	LEAD SLURRY					
		Densité	1.42	s.g			
		Volum e theorique	36.84	m³			
		Volum e caliper					
		Excès	25%	9.2	m³		
		Volum e Csg x Csg		13.8	m³		
		VOLUME TOTAL	59.84	m³			
		Débit injection	900	lt/mn			
		Ciment	1	t	35	t G.HSR	
		Eau	837	lt/t	29.3	m³ Eau chantier	
Anti-mousse	2	lt/t	69.9	lt			
Chlorure Potassium	25.1	kg/t	877.9	kg			
Réducteur Filtrat	10	kg/t	350	kg			
Agent adhérent	200	lt/t	6995	lt			
Retardateur	21	lt/t	734	lt			
Agent allégeant	250	kg/t	8744	kg			
Rendement	1711	lt/t					
18 5/8	484 m	TAIL SLURRY					
		Densité	1.90	sg			
		Volum e theorique	32.5	m³			
		Volum e caliper					
		Excès	15%	4.9	m³		
		VOLUME TOTAL	37.4	m³			
		Débit injection	800	lt/mn			
		Ciment	1	t	49	t G.HSR	
		Eau	402	lt/t	20	m³ Eau chantier	
		Anti-mousse	2	lt/t	98	lt	
Réducteur Filtrat	30	kg/t	1473	lt			
Retardateur	8.25	lt/t	405	lt			
Rendement	761	lt/t					
Lead Slurry Fond d = 1,45	1427 m	SHOE SLURRY					
		Densité	2.00	sg			
		Volum e théorique	3.1	m³			
		Vol. int. Csg	1.9	m³			
		VOLUME TOTAL	5.0	m³			
		Débit injection	800	lt/mn			
		Ciment	1	t	7	t	
		Eau	326	lt/t	2	m³ Eau chantier	
		Anti-mousse	2	lt/t	14	lt	
		Réducteur Filtrat	30	kg/t	210	lt	
Retardateur	8.5	lt/t	60	lt			
Rendement	685	lt/t					
Tail Slurry d = 1,90	2247 m	DEPLACEMENT					
		Type d'écoulement					
		Densité de la boue	1.25	s.g.			
		Volum e de déplacement	177.9	m³			
			Volumes m3	Débits lt/mn			
			120	1400			
			50	1000			
			7.9	500			
		Shoe Slurry d = 2,00	2303 m	DUREE OPERATION			
				Fabrication	113	mn	
Déplacement	152			mn			
Divers	30			mn			
TOTAL	295			mn			
13 3/8	2327 m			COMMENTAIRES :			
				. Tubage au fond circuler 4hrs à raison de 1400lt/mn			
				. Respecter l'ordre du passage des produits (Spacer & Laitier)			
				. Chasse avec pompe du Rig et à-coup avec unité.			
				. Densité à contrôler en surface pour le laitier allégé est de 1.42 s.g avec densimètre pressurisé			

CHAPITRE 5

CIMENT LITECRETE

5-1-HISTORIQUE :

Le ciment Portland est un matériau hydraulique utilisé depuis un siècle pour cimenter les puits. En effet, son mélange avec de l'eau forme une suspension (coulis ou laitier) adaptée à la mise en oeuvre. Les réactions chimiques entrent en jeu et cette suspension "prend" et devient un solide costaud et imperméable, remplissant donc les fonctions souhaitées de supporter le tubage et d'étanchéifier et d'isoler les différentes couches.

Le rapport eau/ciment gouverne toutes les propriétés du mélange final durci, et en particulier la résistance à la compression et la perméabilité.

Historiquement, cette résistance à la compression a été la seule mesure faite de manière à peu près routinière sur le ciment durci. Les propriétés mécaniques de la gaine de ciment dépendent donc directement de la densité du coulis. Mais cette densité n'est jamais ou rarement choisie en fonction d'une propriété à atteindre car elle est le plus souvent imposée par d'autres conditions de puits comme par exemple le fait d'éviter toute perte en cours d'opération.

Avant on utilisait des ciments allégés par la mousse qui a pris naissance en 1989 (foamed cement) pour pouvoir pomper les volumes importants à des profondeurs très longues et éviter de cracker la formation, mais ce ciment a des mauvaises caractéristiques mécaniques ce qui a obligé les spécialistes du domaine à chercher un autre laitier plus performant et en 1997 un laitier de meilleurs caractéristiques mécaniques et de densité requise a apparaît au monde de cimentation des puits pétroliers. C'est le *LiteCRETE*.

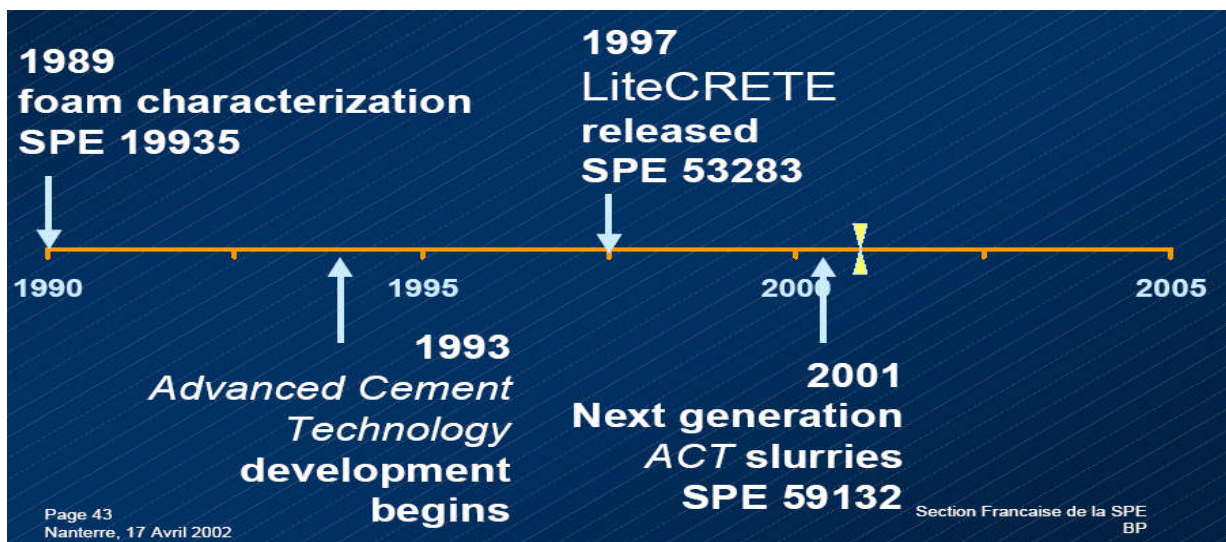


Figure16 : les stades de developpement de ciment

Les champs de l'Afrique du nord dont les zones d'eau sont critiques ont exigés une cimentation étagée.

Lorsque le programme prévoit une cimentation étagée, il est indispensable d'incorporer une DV (differential valve) dans la colonne d tubage. Une cimentation étagée est programmée lorsque la colonne doit être cimentée sur un long découvert avec un grand risque de fracturer les terrains.

5-2-LES PROBLEMES LIES À L'UTILISATION DE LA DV :

Bien que beaucoup d'avances et technologies aient été appliquées pour améliorer la cimentation des longs découverts .l'utilisation de la DV a causée d'énormes problèmes lors de la cimentation étagée d'une colonne, parmi lesquelles on peut citer :

1. ENDOMMAGEMENT DES JOINTS :

Des joints peuvent être endommagés pendant l'opération d'ouverture et de fermeture, l'effet des tensions de pliage, et l'en raison de l'exposition aux gaz/aux produits chimiques nocifs de boue.

2. PROBLEMES MECANIQUES :

Entre d'autres, les problèmes mécaniques incluent :

- 1) Le manque d'ouvrir l'outil avec de la pression maximale permise laissant la partie supérieure de la colonne de tubage sans ciment.
- 2) Le manque de fermer l'outil avec de la pression maximale permise laissant des ports de DV s'ouvre.

5-3-LA TECHNOLOGIE LITECRETE :

Le programme de tubage a été remodelé en utilisant la technologie de LiteCRETE pour remplacer le tubage intermédiaire à deux étages avec un seul tubage en une seule étape exigeant seulement un laitier de ciment. Ceci nous a permet de gagner le temps de fonctionnement de la DV et des coûts associés d'installation, et à éliminer le risque lié à une DV.

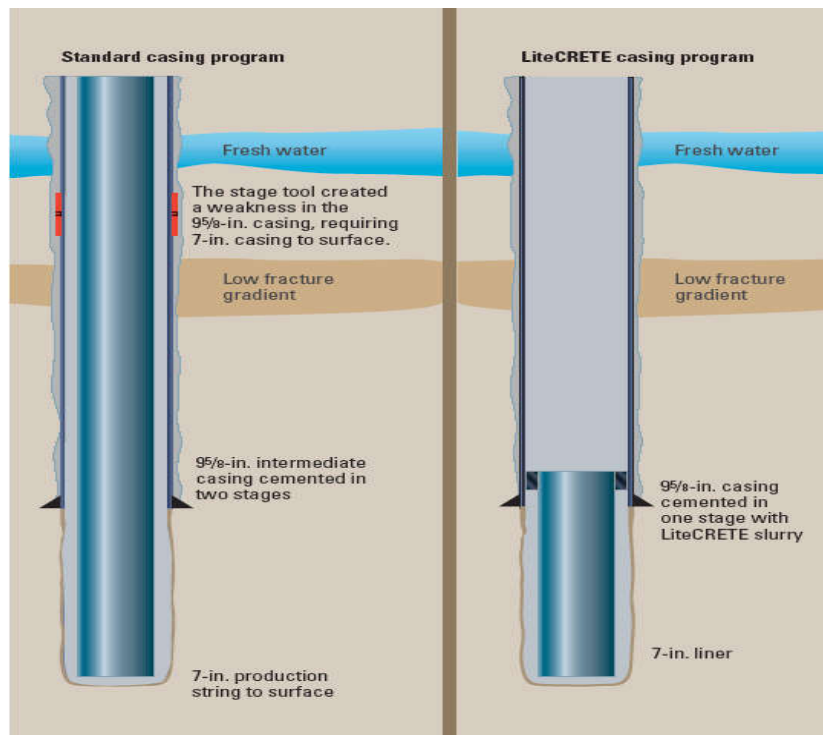


FIGURE17 :Remplacement de la cimentation étagée par une cimentation a un seul étage.

La technologie de LiteCRETE offre une solution pour la construction des puits avec moins de perméabilité et à faible densité. Des colonnes de ciment de qualité supérieure peuvent être pompées plus haut dans l'annulaire ce qui a rendu la cimentation étagée inutile.

En forant des formations peu solides, il peut être difficile de placer suffisamment de ciment derrière le tubage sans utiliser des laitiers de ciment prolongés de densité basse.

5-4-DESCRIPTION DU LiteCRETE.

Aujourd'hui les besoins se limitent à demander d'une part une faible perméabilité de façon à obtenir l'isolation requise et à minimiser les attaques chimiques éventuelles, et d'autre part une bonne résistance à la compression. Ces deux propriétés vont d'ailleurs de pair pour la plupart des coulis de ciment Portland traditionnel.

Le ciment Portland est la plus ancienne technologie utilisée dans la cimentation des puits. Le ciment durci, à toujours plus ou moins les mêmes propriétés mécaniques qui sont directement liées à son contenu en eau c'est à dire à la densité du coulis. En effet, plus il y a d'eau (plus le coulis est léger), plus les résistances mécaniques et chimiques sont faibles, tout en augmentant

légèrement sa flexibilité. Inversement, moins il y a d'eau ou plus le coulis est lourd, plus les résistances mécaniques et chimiques sont généralement fortes, et sa flexibilité diminuée.

Or l'on recherche maintenant à obtenir un matériau performant, c'est à dire ayant à la fois des fortes résistances et une flexibilité importante, quelle que soit la densité initiale du coulis de ciment. On ne peut donc pas utiliser le ciment Portland brut, et il faut inventer un nouveau matériau.

La première question est de comprendre la relation entre composition du coulis et performance du ciment durci. Pour simplifier, nous allons considérer le ciment comme un matériau de taille à peu près homogène. Ce matériau à taille unique et à fonction unique est transporté et modifié par l'eau de gâchage. La quantité d'eau donne accès aux propriétés du coulis, tandis que la quantité de ciment contrôle les propriétés du solide.

Les laitiers standard de ciment exigent un haut rapport d'eau pour le mixage et la mise en place.

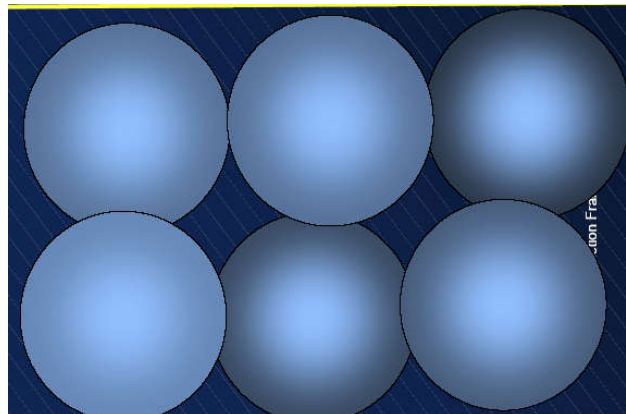


FIGURE18 :Distribution des particules d'un ciment conventionnel

UNE NOUVELLE CLASSE DE MATERIAU :

Il faut donc construire un nouveau matériau qui utiliserait l'eau uniquement pour la fonction transport, et se composerait de différents solides qui contrôleraient à la fois la densité (propriétés du coulis) et les propriétés mécaniques du solide final. Pour construire ce matériau il faut tout d'abord utiliser des solides de taille et répartition de taille très contrôlées. Ensuite il faut choisir et ajuster la nature des différents solides en fonction de la densité du coulis et des propriétés mécaniques du solide final. Ceci permet d'avoir un rapport eau/solide très faible, et toujours le même, quelle que soit la densité. Cette technologie, appelée CemCRETE, permet donc de

construire un solide à la demande, en fonction des propriétés exactes requises pour l'application, car pour la première fois dans l'industrie pétrolière, les propriétés du coulis et du matériau durci sont totalement ajustables indépendamment de la densité.

Les laitiers de CemCRETE remplissent l'espace vide par des petits solides, permettant le mélange et le placement avec des concentrations inférieures de l'eau et des propriétés supérieures de placement.

Les systèmes de CemCRETE fournissent l'isolement zonal supérieur dû à la perméabilité très basse et excellente résistance à la force, même aux densités très faibles.

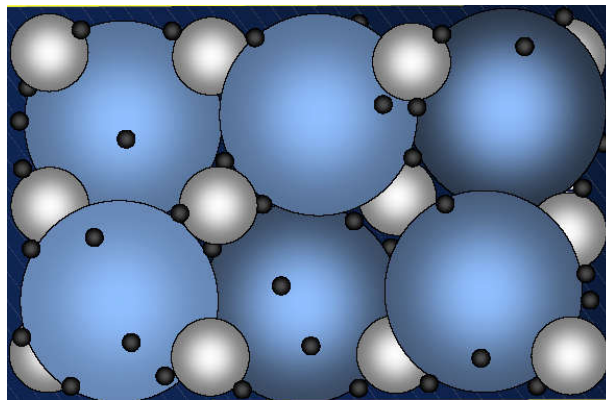


FIGURE19 :Distribution des particules du ciment LiteCRETE

Cette technologie permet par exemple de fabriquer des ciments plus légers que l'eau sans utiliser un gaz quelconque. De tels ciments plus légers que l'eau ont été utilisés pour cimenter des réservoirs ayant un gradient de fracture très faible. Cependant, les techniques actuelles pour contrôler sur chantier la qualité des coulis basées sur la mesure de densité ne sont pas du tout adaptées à ces coulis de densité aussi faible.

5-5-CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DE CemCRETE :

- Plus de solides en votre ciment.
- Une plus grande résistance à la compression
- Perméabilité réduite à travers le ciment.
- Une plus grande résistance aux fluides corrosifs.

5-5-1- POURCENTAGE DE SOLIDES DANS LE LAITIER.

Le pourcentage des solides dans le laitier influe sur les propriétés mécaniques du ciment durcis, plus le laitier contient un pourcentage élevé de solides plus il possède de bonnes caractéristiques mécaniques.

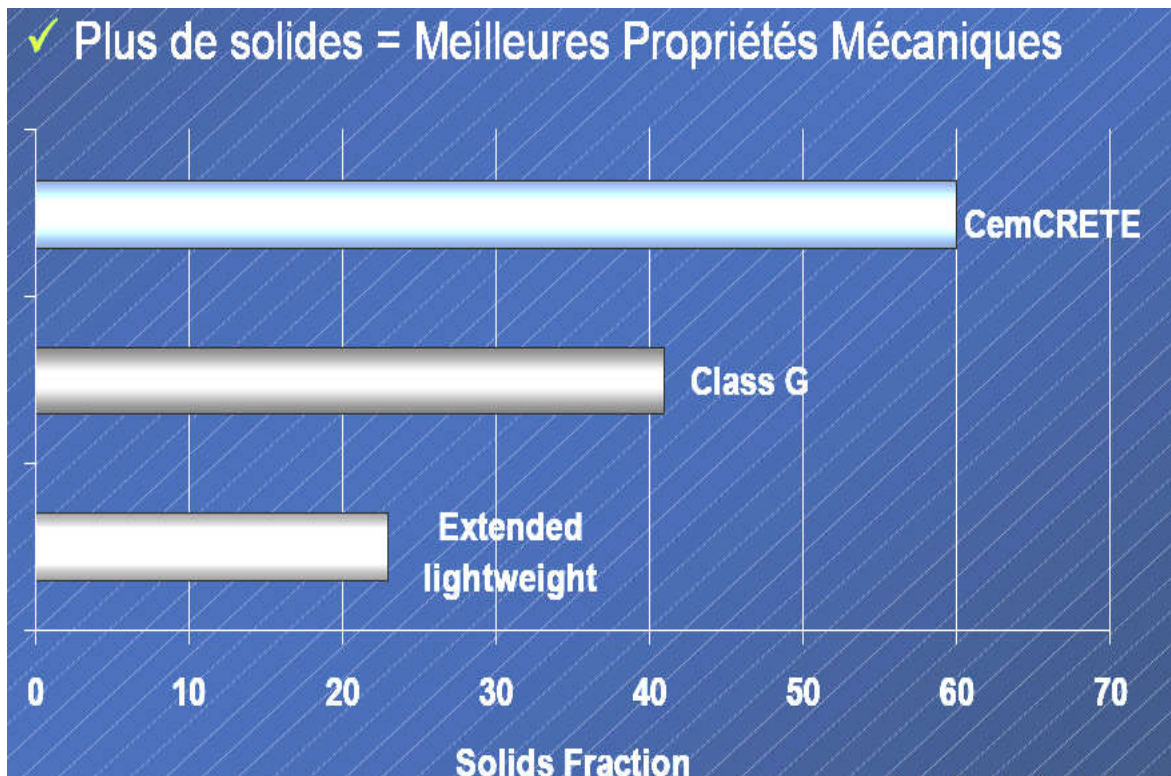


Figure20 : pourcentage de solide fraction

5-5-2-RESISTANCE A LA COMPRESSION.

La technologie de LiteCRETE fournit au ciment durcis, dans le temps, une résistance à la compression plus élevée par rapport aux autres types de laitier. Cette résistance à la compression est obtenue grâce à la distribution et la nature des grains des solides dans le laitier.

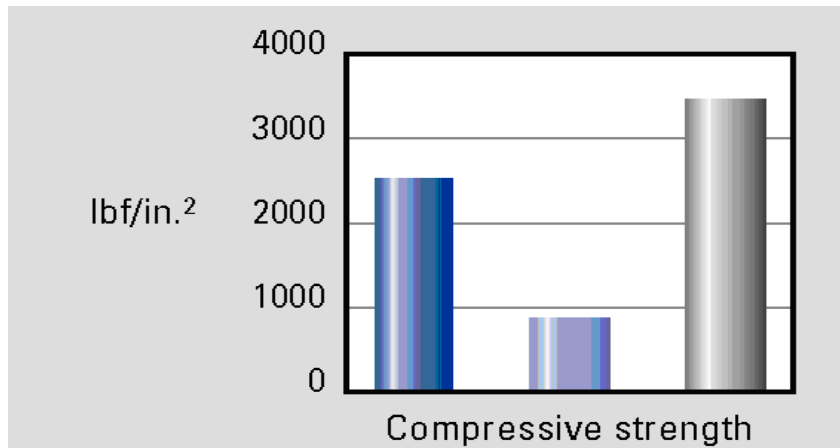


Figure21 : compressive strength

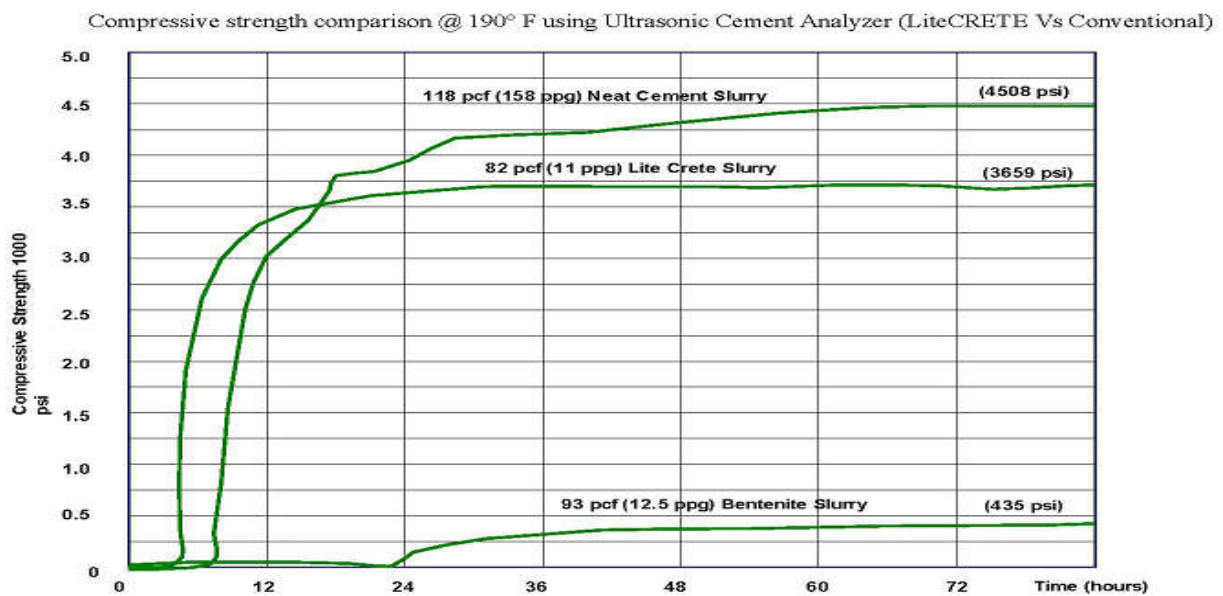


Figure22 :AUGMENTATION DE LA RESISTANCE A LA COMPRESSION
EN FONCTION DU TEMPS

5-5-3-PERMEABILITE REDUITE.

La perméabilité est parmi les caractéristiques les plus exigées afin d’empêcher le passage des fluides indésirables à travers le ciment et d’assurer une bonne isolation des zones d’eau. Le ciment LiteCRETE présente une perméabilité réduite et par conséquent une très bonne isolation des aquifères et une grande protection du tubage contre les fluides corrosifs.

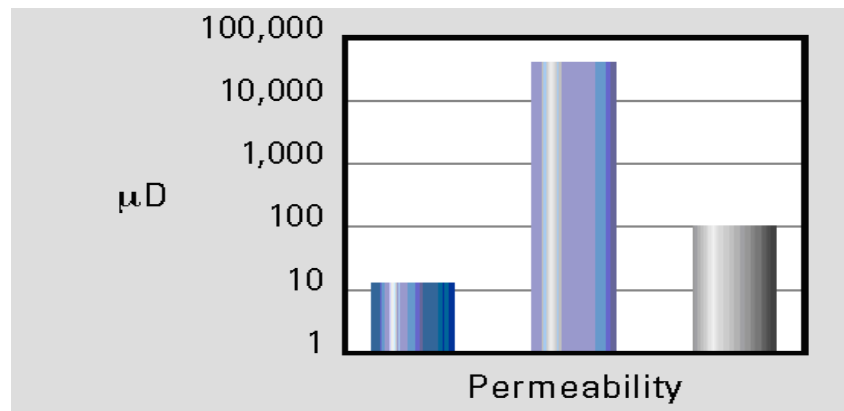


Figure23 : different de permeability

5-6-CARACTERISTIQUE DU LAITIER LITECRETE

C'est un laitier simple à faible densité fonctionnant comme un ciment de densité conventionnelle. Peut éliminer ces restrictions et nous permettre de placer des colonnes de tubage plus longues et peut-être éliminer des rangs de tubage.

La technologie de LiteCRETE est le nouveau système à rendement élevé qui pourrait remodeler notre programme de tubage.

La technologie de LiteCRETE (un système de CemCRETE) fournit des propriétés de qualité de production de ciment aux laitiers de basse densité.

Les laitiers de LiteCRETE peuvent être mélangés à des densités de 0.96 à 1.5 sg et sont ainsi mis en place facilement à travers des zones faibles.

Ces ciments fournissent des propriétés de résistance à la compression et de perméabilité supérieures en comparaison avec tout autre système léger et même aux laitiers de densité 1,90 sg

Au-delà de 230°F [110°C], les mélanges de LiteCRETE souvent n'exigent pas la silice additionnelle pour la rétrogression de force.

Avec le laitier LiteCRETE, on peut fréquemment éliminer la cimentation étagée dans des intervalles longs, et nous pouvons obtenir une qualité exceptionnelle de perforation sans réduire l'intégrité de ciment.

Les systèmes de LiteCRETE sont même assez forts pour des traitements de rupture hydrauliques ou pour placer des kickoff plugs.

5-7-AVANTAGES :

- Élimination potentielle de la cimentation étagée
- Isolement des zones productrices à travers des formations de fracturation facile
- De plus longues colonnes de ciment sans pertes dues aux pressions hydrostatiques
- Cimentation de liner avec un seul laitier de faible densité.
- Bouchons de Whipstock à de plus faibles densités
- Opération sûres et sans risques et logistique simple une fois comparé au ciment à la mousse.

5-8-SYSTEME DE CONTROLE DE FRACTION L/S :

Un système simple et fiable, appelé SFM ou “Solid Fraction Monitor”, a été mis au point afin de mesurer en continu le rapport liquide/solide et donc contrôler la qualité du coulis au fur et à mesure de sa fabrication. Ce type de contrôle est toujours plus précis qu’une simple mesure de densité sur toute la gamme de densité allant de 3 à des valeurs inférieures à 1. Il est le système de contrôle recommandé pour toute densité de coulis inférieure à 1,5.

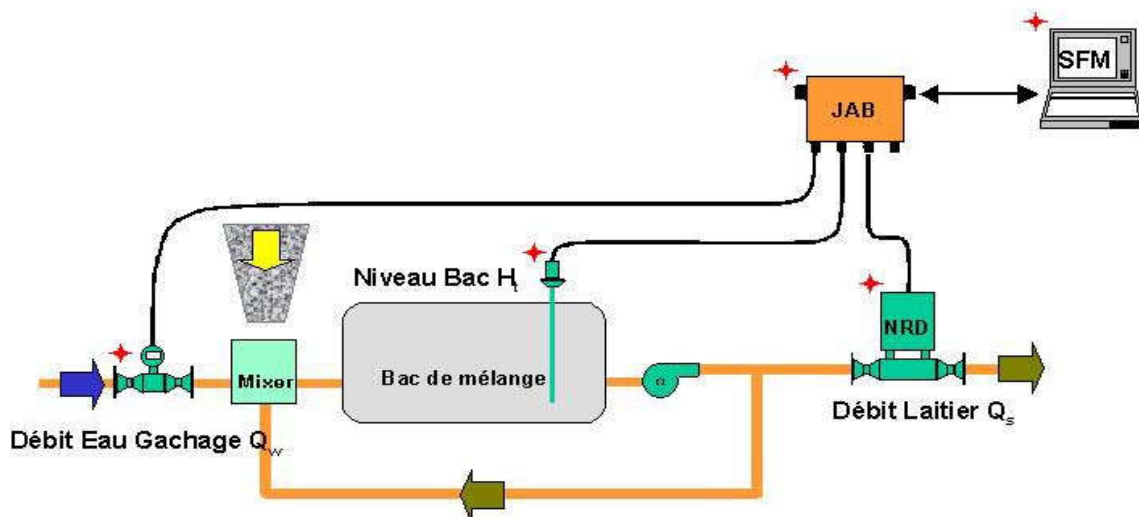


FIGURE24 : UNITE DE CIMENTATION

Chapitre 6

Calcul de cimentation

6-Calcul De Cimentation :**6-1-Les Données De Puits :**

Tubage utilise : 13"3/8 68# N80

13"3/8 54,5# k-55

Volume intérieur de casing 13"3/8 68# N80 = 78,08 l/m

Volume intérieur de casing 13"3/8 54,5# k-55 = 80,63 l/m

Volume annulaire 18 5/8 – 13 3/8 = 68,94 l/m

Volume annulaire 16 – 13 3/8 = 39,1 l/m

Volume de trou 16 = 129,72 l/m

TD = 2292 m

Float collar MD = 2265

Shoe MD = 2289 m

Distance anneau-sabot = 24

Distance fond-sabot = 3 m

Diamètre de l'outil = 16''

Excès moyen = 20%

Densité de fracturation : $d_{frac} = 1,30$

Débit de forage : $Q_F = 2800-3200$ l/m

Débit d'injection : $Q_{inj} = 700-950$ l/m

Densité de la boue $d_b = 1,25$

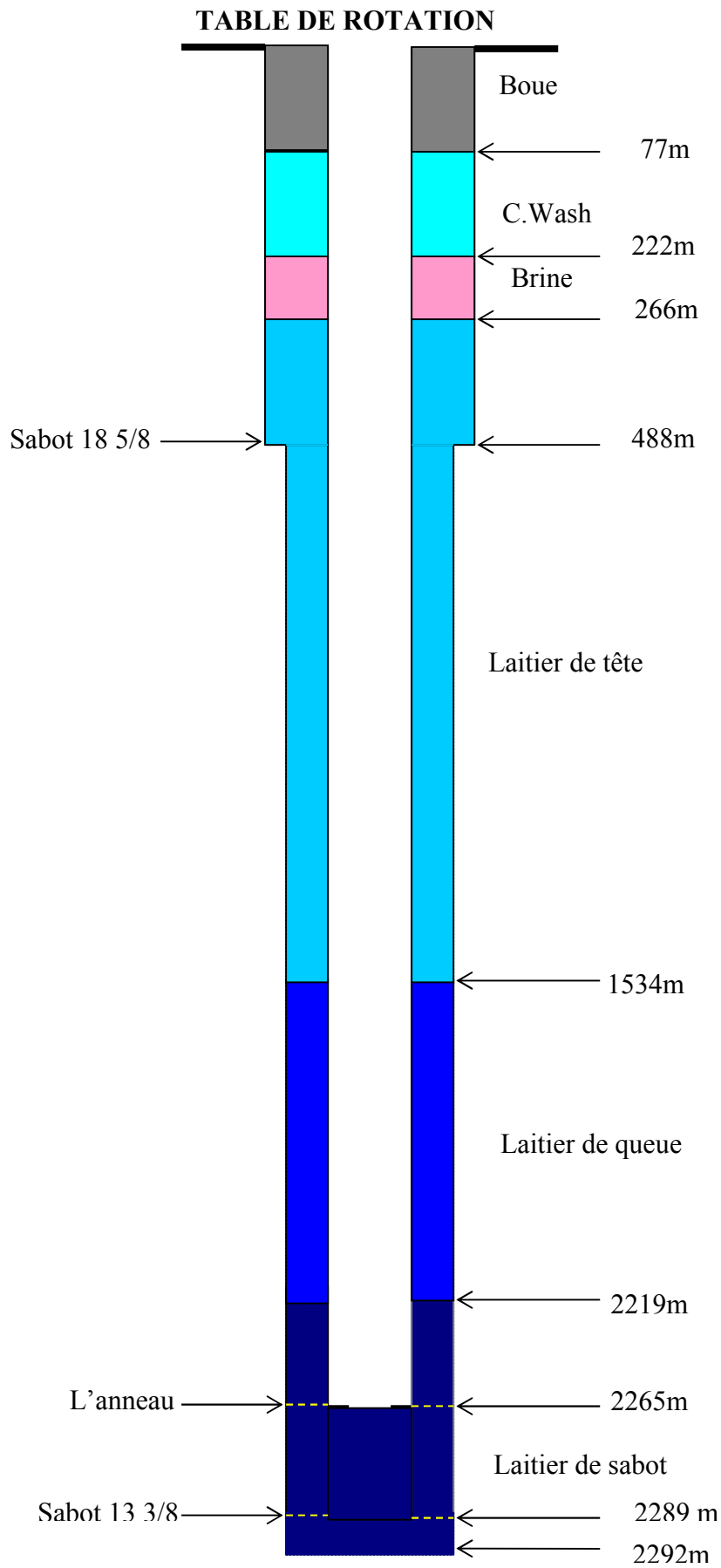


Figure 25 : profondeur de puit

6-2-Calcul De Descente De Tubage:**6-2-1- Calcul De Débit Maximum Autorise Dans Le Découvert :**

Le débit de circulation doit créer la même vitesse annulaire que le débit de forage au droit des masse- tiges.

$$Q_{\max} = Q_{\text{forage}} \frac{V_{\text{trou-tubage}}}{V_{\text{trou-DC}}}$$

$$V_{\text{trou-tubage}} = 39.1 \text{ l/m}$$

$$V_{\text{trou-DC}} = 86.3 \text{ l/m}$$

$$Q_{\max} = 2800 \cdot \frac{39,1}{86,3}$$

$$Q_{\max} = 1268,6 \text{ l/m}$$

6-2-2- Calcul du temps minimum de la descente d'un tube dans le découvert :

Le tubage ne doit pas créer dans l'espace annulaire un débit supérieur au débit maximum autorisé pré-calculé.

$$T_{\min} = \frac{V_{\text{tube}} \cdot 60}{Q_{\max}}$$

Les tubes généralement sont de 12 m

Le volume extérieur est 90,80 l/m

Le volume d'un tube de 12 m : $V_t = 12 \times 90,80 = 1089,6 \text{ l}$

$$T_{\min} = \frac{1089,6 \cdot 60}{1268,61}$$

$$T_{\min} = 51.53 \text{ s}$$

6-2-3-Calcul du volume de boue a circuler lorsque le tubage atteint le fond :

On doit circuler au moins le volume annulaire

$$V_{\text{cir}} = V_{\text{entrefor}} + V_{\text{découvert}}$$

$$V_{\text{cir}} = 488.68,94 + 1804.39,1 = 104,2 \text{ m}^3$$

Le volume à circuler est : $V_{\text{cir}} = 104,2 \text{ m}^3$

6-2-4-Calcul du volume de boue a circuler au sabot de tubage précédent :

On doit circuler au moins le volume intérieure du tubage descendu dans le trou :

$$V_{\text{cir au sabot}} = H_s \cdot V_{\text{int.}}$$

$$V_{\text{cir au sabot}} = 488 \cdot 78,08$$

$$V_{\text{cir au sabot}} = 38,10 \text{ m}^3$$

6-3-Calcul De Cimentation :**6-3-1-Determination Du Top Laitier :**

-Calcul de la pression de fracturation :

$$P_{\text{frac}} = \frac{Z_s d_{\text{frac}}}{10,2}$$

$$P_{\text{frac}} = \frac{488 \times 1,55}{10,2}$$

$$P_{\text{frac}} = 74.15 \text{ bars}$$

La densité de laitier au dessus de sabot précédent 18'' 5/8 $d_{\text{lt}}=1.34$

(Laitier de tête).

6-3-2- Détermination du top théorique du Spacer :

La hauteur de spacer se calculé à partir du volume qui doit correspondre à 10 minutes de temps de contact avec la formation.

Il faut déterminer le volume du spacer correspondant à 10 minutes de contact $\frac{V_{\text{sp}}}{Q} =$

10min

$$V_{\text{sp}} = Q \cdot 10 = 1000 \cdot 10 = 10000 \text{ l}$$

$$H_{\text{sp}} = \frac{V_{\text{sp}}}{V_{\text{entrefer}}} = \frac{10000}{68,94} = 145 \text{ m}$$

$$H_{\text{sp}} = 145 \text{ m}$$

6-3-3- volume de laitier de tête :

$$V_{\text{lt}} = V_{\text{lt c-c}} + V_{\text{lt c-t}}$$

V_{lt} = volume de laitier de tête

$V_{\text{lt c-c}}$ = volume de laitier de tête casing-casing

$V_{\text{lt c-t}}$ = volume de laitier de tête casing-trou.

$$V_{\text{lt c-c}} = V_{\text{uni c-c}} \times \text{hauteur}$$

$$V_{lt\ c-c} = 68.94 \times 222 = 15,30 \text{ m}^3$$

$$\text{Excès} = 20\%$$

$$V_{lt\ c-t} = V_{uni\ c-t} \times \text{hauteur} \times 1.20$$

$$V_{lt\ c-t} = 39,1 \times 1046 \times 1.20 = 49,07 \text{ m}^3$$

$$V_{lt} = 15,30 + 49,07 = 64.37 \text{ m}^3$$

$$V_{lt} = 64,37 \text{ m}^3$$

6-3-4-2- volume de laitier de queue :

$$\text{Excès} = 15\%$$

$$V_{lq} = V_{uni\ c-t} \times \text{hauteur} \times 1.15$$

$$V_{lq} = 39.1 \times 685 \times 1.15 = 30,80 \text{ m}^3$$

$$V_{lq} = 30,80 \text{ m}^3$$

6-3-4-3- volume de laitier de sabot :

$$V_{ls} = V_{la-s} + V_{ls-f} + V_{lc-t}$$

V_{la-s} : volume de laitier sabot-anneau.

V_{ls-f} : volume de laitier sabot-fond.

V_{lc-t} : volume de laitier casing-trou.

$V_{la-s} = V_{int\ c} \times \text{distance anneau-sabot.}$

$$V_{la-s} = 78,08 \times 24 = 1,87 \text{ m}^3$$

$$V_{la-s} = 1,87 \text{ m}^3$$

$V_{ls-f} = V_{trou} \times \text{distance anneau-fond}$

$$V_{ls-f} = 129,72 \times 3 = 0.39 \text{ m}^3$$

$$V_{ls-f} = 0.39 \text{ m}^3$$

$V_{lc-t} = V_{uni\ c-t} \times \text{hauteur}$

$$V_{lc-t} = 39,1 \times 70 = 2,74 \text{ m}^3$$

$$V_{lc-t} = 2,74 \text{ m}^3$$

$$V_{ls} = 1,87 + 0,39 + 2,74 = 5 \text{ m}^3$$

$$V_{ls} = 5 \text{ m}^3$$

-Le volume total de laitier :

$$V_I = V_{lt} + V_{lq} + V_{ls}$$

$$V_I = 64,37 + 30,80 + 5$$

$$V_I = 100,17 \text{ m}^3$$

6-3-5-Calcul de quantité de ciment et volume d'eau de gâchage :

Tableau 11:quantite gachage

Laitier	Densité	Volume (m ³)	Volume d'eau	Rendement (l/t)
Laitier de tête	1,34	64,37	440,83	1180,41
Laitier de queue	1,90	30,80	424,17	765,34
Laitier de sabot	2,00	5,00	347,20	688,87

6-3-5-1- calcul de quantité de ciment :**- Quantité de ciment pour le laitier de tête :**

$$\begin{array}{l} 1180,41 \text{ L} \longrightarrow 1\text{t} \\ 64370 \text{ L} \longrightarrow Q_{ct} \end{array}$$

$$Q_{ct} = \frac{64370 \times 1}{1180,41} = 54,53 \text{ t}$$

$$Q_{ct} = 54,53 \text{ t}$$

- Quantité de ciment pour le laitier de queue :

$$\begin{array}{l} 765,34 \text{ L} \longrightarrow 1\text{t} \\ 30800 \text{ L} \longrightarrow Q_{cq} \end{array}$$

$$Q_{cq} = \frac{30800 \times 1}{765,34} = 40,24 \text{ t}$$

$$Q_{cq} = 40,24 \text{ t}$$

- Quantité de ciment pour le laitier de sabot :

$$\begin{array}{l} 688,87 \text{ L} \longrightarrow 1\text{t} \\ 5000 \text{ L} \longrightarrow Q_{cs} \end{array}$$

$$Q_{cs} = \frac{5000 \times 1}{688,87} = 7,26 \text{ t}$$

$$Q_{cs} = 7,26 \text{ t}$$

-La quantité de ciment totale :

$$Q_c = Q_{cs} + Q_{cq} + Q_{ct} = 102,02 \text{ t}$$

$$Q_c = 102,02 \text{ t}$$

6-3-5-2- calcul de volume d'eau de gâchage :

-Volume d'eau pour le laitier de tête :

$$440,83 \text{ L} \longrightarrow 1 \text{ t}$$

$$V_{et} \longrightarrow 54,53 \text{ t}$$

$$V_{et} = 440,83 \times 54,53 = 24,03 \text{ m}^3$$

$$V_{et} = 24,03 \text{ m}^3$$

-Volume d'eau pour le laitier de queue:

$$424,17 \text{ L} \longrightarrow 1 \text{ t}$$

$$V_{eq} \longrightarrow 40,24 \text{ t}$$

$$V_{eq} = 424,17 \times 40,24 = 17,07 \text{ m}^3$$

$$V_{eq} = 17,07 \text{ m}^3$$

-Volume d'eau pour le laitier de sabot:

$$347,20 \text{ L} \longrightarrow 1 \text{ t}$$

$$V_{es} \longrightarrow 7,26 \text{ t}$$

$$V_{es} = 347,20 \times 7,26 = 2,52 \text{ m}^3$$

$$V_{es} = 2,52 \text{ m}^3$$

Le volume totale d'eau: $V_e = 24,03 + 17,07 + 2,52$

$$V_e = 43,62 \text{ m}^3$$

6-3-6- Calcul du volume\ quantité des additifs pour chaque laitier :

a)- laitier de tête :

-Le type de ciment : liteCRETE

-Les additifs :

Tableau 12: quantite des additifs

Additifs	Code	Rendement	Volume\quantité
Antifoam	D175	2 lt/t	106 lt
Sel (BWOW 18%)	D044	79,35 kg/t	4206 kg
Dispersant	D604AM	50 lt/t	2650 lt

b)-laitier de queue :

- Le type de ciment : G
- Les additifs :

Tableau13: les additifs

Additifs	Code	Rendement	Volume\quantité
Antifoam	D175	1 lt/t	47 lt
Fluid loss	D168	15 lt/t	705 lt
Dispersant	D080A	6 lt/t	282 lt
Retarder Acc	D197	4,5 lt/t	212 lt

c)-laitier de sabot :

- Le type de ciment : Dyckerhoff
- Les additifs :

Tableau 14 : laitier de sabot

Additifs	Code	Rendement	Volume\quantité
Antifoam	D175	2 lt/t	15 lt
Fluid loss	D168	15 lt/t	110 lt
Dispersant	D080A	6 lt/t	44 lt
Retarder Acc	D197	4,5 lt/t	33 lt

6-3-7-Calcul De Temps D'injection :

$$T_{inj} = \frac{V_l}{Q_{inj}}$$

$$T_{inj} = \frac{V_{lt}}{Q_{inj-lt}} + \frac{V_{lq}}{Q_{inj-lq}} + \frac{V_{ls}}{Q_{inj-ls}}$$

$$T_{inj} = \frac{64370}{800} + \frac{30800}{800} + \frac{5000}{700} = 126,10 \text{ min}$$

$$T_{inj} = 126,10 \text{ min (Soit 2 heures et 6 min)}$$

6-3-8-Calcul De Volume de Chasse :

C'est le volume intérieur de casing compris entre la tête de cimentation et l'anneau

$$V_{ch} = V_1 + V_2$$

$$V_1 = \text{volume intérieur de casing } 13 \frac{3}{8}, 54,5\#, \text{ k-55 } (V_{int} = 80,63 \text{ l/m})$$

$$V_2 = \text{volume intérieur de casing } 13 \frac{3}{8}, 68\#, \text{ N-80 } (V_{int} = 78,08 \text{ l/m})$$

$$V_1 = (H_{tête} + L_{CSG \ 54,5\#}) \times V_{int}$$

$$V_1 = (2,5 + 1144) \times 80,63$$

$$V_1 = 92,44 \text{ m}^3$$

$$V_2 = L_{CSG \ 68\#} \times V_{int}$$

$$V_2 = L_{CSG \ 68\#} \times V_{int}$$

$$V_2 = 1145 \times 78,08$$

$$V_2 = 89,40 \text{ m}^3$$

$$V_{ch} = V_1 + V_2 = 92,44 + 89,40 = 181,84 \text{ m}^3$$

$$V_{ch} = 181,84 \text{ m}^3$$

6-4-Calcul Des Temps :**6-4-1-calcul du temps de chasse :**

$$T_{ch} = \frac{V_{ch}}{Q_{ch}}$$

$$T_{ch} = \frac{181410}{1000} = 181,41 \text{ min}$$

$$T_{ch} = 181,41 \text{ min}$$

6-4-2-Calcul de durée de Cimentation :

$$D_C = T_{inj} + T_{ch}$$

$$D_C = 126,10 + 181,41 = 307,51 \text{ min}$$

$$D_C = 126,10 + 181,41 = 307,51 \text{ min}$$

$$D_C = 307,51 \text{ min (Soit 5 heures et 8 min)}$$

6-4-3-Calcul de durée de l'opération :

Tableau 15 : temp de l'opération

Taches	Vol (m ³)	Débit (l/min)	Temps (min)
Montage de ligne			35
Teste de ligne a 3000 psi			15
Pompage de chemical Wash	10		10
Pompage de brine	3		3
Largage de bouchon inférieur			5
Mixage et pompage de laitier de tête	64,37	800	81
Mixage et pompage de laitier de queue	30,80	800	39
Mixage et pompage de laitier de sabot	5,00	700	8
Largage de bouchon supérieur			5
Chasse avec l'eau	1	1000	1
Chasse avec la boue	181,84	1000	182

Durée de l'opération : 6 heures 24 min

Tableau 16 : Calcul De Cimentation :

THEME	LES ECUATION	RESULTAT
Calcul De Débit Maximum	$Q_{\max} = Q_{\text{forage}} \frac{V_{\text{trou-tubage}}}{V_{\text{trou-DC}}}$	$Q_{\max} = 1268,61/m$
Calcul du temps minimum	$T_{\min} = \frac{V_{\text{tube}} \cdot 60}{Q_{\max}}$	$T_{\min} = 51.53s$
Calcul du volume de boue a circuler	$V_{\text{cir}} = V_{\text{entrefe}} + V_{\text{découvert}}$	$V_{\text{cir}} = 104,2 \text{ m}^3$
volume de boue a circuler au sabot	$V_{\text{cir au sabot}} = H_S \cdot V_{\text{int.}}$	$V_{\text{cir au sabot}} = 38,10 \text{ m}^3$
Calcul de la pression de fracturation	$P_{\text{frac}} = \frac{Z_s \cdot d_{\text{frac}}}{10,2}$	$P_{\text{frac}} = 74.15 \text{ bars}$
volume de laitier de tête	$V_{\text{lt}} = V_{\text{lt c-c}} + V_{\text{lt c-t}}$	$V_{\text{lt}} = 64,37 \text{ m}^3$
volume de laitier de queue	$V_{\text{lq}} = V_{\text{uni c-t}} \times \text{hauteur} \times 1.15$	$V_{\text{lq}} = 30,80 \text{ m}^3$
volume de laitier de sabot	$V_{\text{ls}} = V_{\text{la-s}} + V_{\text{ls-f}} + V_{\text{lc-t}}$	$V_{\text{la-s}} = 1,87 \text{ m}^3$
-Le volume total de laitier	$V_{\text{l}} = V_{\text{lt}} + V_{\text{lq}} + V_{\text{ls}}$	$V_{\text{l}} = 100,17 \text{ m}^3$
Quantité de ciment pour le laitier de tête	1180,41 L → 1t 64370 L → Q _{ct}	$Q_{\text{ct}} = 54,53 \text{ t}$
Quantité de ciment pour le laitier de queue	765,34 L → 1t 30800 L → Q _{cq}	$Q_{\text{cq}} = 40,24 \text{ t}$
Quantité de ciment pour le laitier de sabot	688,87 L → 1t 5000 L → Q _{cs}	$Q_{\text{cs}} = 7,26 \text{ t}$
-La quantité de ciment totale	$Q_{\text{c}} = Q_{\text{cs}} + Q_{\text{cq}} + Q_{\text{ct}}$	$Q_{\text{c}} = 102,02 \text{ t}$

-Volume d'eau pour le laitier de queue	$424,17 L \longrightarrow 1t$ $V_{eq} \longrightarrow 40,24$ t	$V_{eq} = 17,07 m^3$
Volume d'eau pour le laitier de sabot	$347,20 L \longrightarrow 1t$ $V_{es} \longrightarrow 7,26t$	$V_e = 43,62 m^3$
Temps D'injection	$T_{inj} = \frac{V_l}{Q_{inj}}$	$T_{inj} = 126,10 \text{ min}$
Volume de Chasse	$V_{ch} = V_1 + V_2$	$V_{ch} = 181,84 m^3$
temps de chasse	$T_{ch} = \frac{V_{ch}}{Q_{ch}}$	$T_{ch} = 181,41 \text{ min}$
durée de Cimentation	$D_C = T_{inj} + T_{ch}$	$D_C = 307,51 \text{ min}$
Durée de l'opération	6 heures 24 min	

Conclusion

Conclusion :

De nouvelles recherches en cimentation de puits ont permis de redéfinir la performance du coulis de ciment et de mettre au point de nouveaux matériaux. En redéfinissant ces performances, on peut maintenant influencer l'architecture du puits, le coût et la viabilité de certains projets qui n'étaient pas sûrs de réussir avec l'emploi seul de ciment portland traditionnel.

Cette technologie basée sur l'optimisation des types, nombre et taille de particules dans ces nouveaux ciments est très versatile. Par exemple, des ciments plus légers et de bonne qualité d'isolation permettent de cimenter des réservoirs très déplétés ou d'effectuer des cimentations en un seul étage, des ciments denses très versatiles atteignent de très fortes résistances. Les ciments légers pour faibles températures prennent plus vite, et les ciments de réparation s'injectent plus facilement.

D'une manière générale avec le système LiteCRETE on peut avoir les avantages suivants :

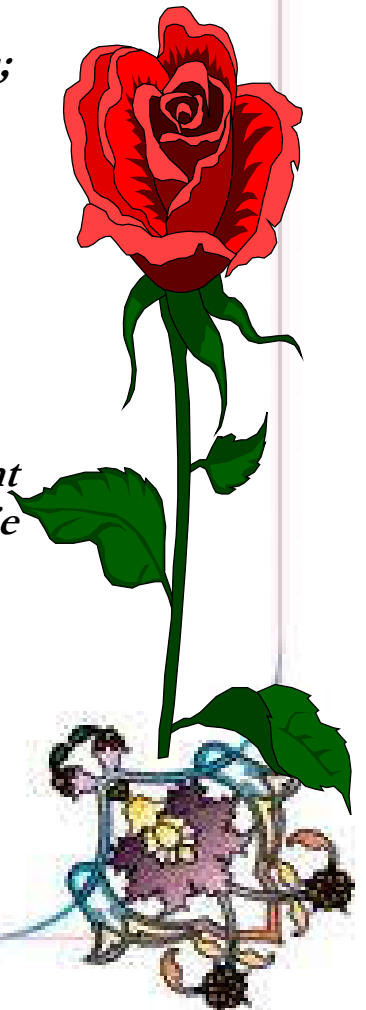
- Elimination du DV, signifie éliminant une source importante pour des fuites dans la colonne, de ce fait réduisant la fréquence de workover.
- Les propriétés de laitier de ciment LiteCRETE fournissent un cycle de vie bon accru si comparé aux systèmes prolongés conventionnels.
- Avoir la bonne intégrité de liaison de la colonne et de ciment réduira au minimum l'échec, par conséquent réduisant au minimum les dommages environnementaux à l'eau souterraine.
- Chaque travail devrait être conçu à basé sur des données réelles de pression de réservoir pour éviter des problèmes de stabilité.



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à:

- ❖ *Mes très chers parents
qui ont beaucoup sacrifié à
mon bonheur;*
- ❖ *Mes très chers frères et sœurs;*
- ❖ *Tous mes amis; et mes
enseignants durant toute ma
vie ;*
- ❖ *Et à tous ceux qui m'ont
encouragé durant ma vie
estudiantine.*



INTRODUCTION

INTRODUCTION :

L'opération de cimentation représente une part importante dans l'industrie de forage pétrolier. Sa réussite est un facteur déterminant pour la poursuite de la phase suivante. Selon le programme forage tubage du puits, on adapte un type de cimentation, simple ou étagée, pour chaque phase. Le champ de Hassi Messaoud qui a un programme de cinq phases, présente une lithologie spéciale.

Cette spécification géologique a causée d'énormes problèmes. Parmi lesquels, la difficulté de pomper le laitier à des cotes voulues pour l'isolation des couches.

Le choix du laitier qui répond à ces exigences, a poussé les spécialistes du domaine à construire une technologie de cimentation moderne.

Ce document présente une étude sur l'utilisation de la nouvelle technologie LiteCRETE pour la cimentation de la colonne de tubage 13^{3/8} du puits OMPZ362 du champ de Hassi Messaoud.

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA



Faculté des sciences appliquées
Département de Génie Civil et Hydraulique

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En Vue De L'obtention Du Diplôme de Master

Option : forage d'eau

THEME

**Étude de la cimentation de la colonne de tubage 13^{3/8}
du puits champ de Hassi-Messaoud. Utilisation du
CRETE Lite laitier de**

Soutenu publiquement par :

**DRISSI NOURREDDINE
DJOUKHRAB ABD ELBASSET**

Le : 28 - 06 - 2017

Devant le jury :

Président :	<i>Manseri ziena</i>	M. A. A Univ. Ouargla
Examineur:	NETTARI Kamel	M. A. A Univ. Ouargla
Promoteur :	<i>ZEGAIT RACHID</i>	M. A. A Univ. Ouargla

Année Universitaire : 2016/2017

Sommaire

Introduction

Chapitre 1 : PRESENTATION DE LA ZONE

1-1-Situation Et Historique Du Champ Hassi Messaoud.....	01
1-2-Description Lithologique.....	01
1-3-But Du Sondage.....	06
1-4-Objectif Du Puits.....	06
1-5-Objectifs Opérationnels.....	06
1-6-Programme De Forage.....	07

Chapitre 2 : Description De La Phase 16"

2-1-Spécifications De La Phase 16".....	11
2-2-Objectifs De La Phase 16".....	12
2-3-BHA Utilisée.....	13
2-4-Performance De La Phase 16".....	14
2-5-Paramètres De Forage.....	14
2-6-Tete De Puits De La Phase 16".....	15

Chapitre 3 : Descente Et Cimentation De La Colonne 13 3/8

3-1- Préparation du Tubage.....	16
3-2- Caractéristiques Du Tubage Utilise.....	17
3-3-Composition De La Colonne.....	18
3-4- Descente De La Colonne.....	18
3-5- Opération De Cimentation.....	19
3-6-Controle De Cimentation.....	26
3-7-Preparation Des Matières.....	27
3-8-Preparation Du Matériel.....	27
3-9-Circulation Avant La Cimentation.....	28

Chapitre 4 : Déroutement De L'Opération

4-1-Préparation.....	29
4-2-Characteristiques Des Laitiers Et Spacers.....	29
4-3-Chasse De Laitier.....	31
4-4-Detail Des Opérations.....	32

Chapitre 5 : Le LiteCRETE

5-1-Historique.....	36
5-2-les problèmes lies à l'utilisation de la DV.....	37
5-3-La Technologie LiteCRETE.....	37
5-4-Description Du Litecrete.....	38
5-5-Characteristiques Techniques De CemCRETE.....	40
5-6-Characteristique Du Laitier LiteCRETE.....	43
5-7-Les Avantages.....	44
5-8-Système De Contrôle De Fraction L/S.....	44

Chapitre 6 : Calcul De Cimentation

6-1-Les Données De Puits.....	45
6-2-Calcul De Descente De Tubage.....	47
6-3-Calcul De Cimentation.....	48
6-4-Calcul Des Temps.....	54

Conclusion

Bibliographie

Chapitre 1

PRESENTATION DE LA ZONE

1-1-Situation Et Historique Du Champ Hassi Messaoud :

Le champ de Hassi Messaoud est situé dans le bassin Oued Mya 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 1600 Km²

En janvier 1956, la SN-REPAL a amorcé 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.

Le réservoir se situe dans le combro-ordovicien entre 3300 et 3500m de profondeur. Il constitue les horizons Ri, Ra, R1, R2 dont le réservoir principal est le Ra, constitué de grès hétérogène anisométrique d'épaisseur allant de 100 à 200m. La couverture est formée d'argile gréseuse et sel du trias. La porosité varie de 5% à 10%. La perméabilité est de 0.1. La pression initiale du gisement est de l'ordre de 480bars, mais après les années d'exploitation elle a chuté à 260bars pour une température de gisement de 118C°.

1-2-Description Lithologique :

MIO-PLIOCENE: 11-235m

ROP=8.23 m/h

Sable: jaunâtre, blanc à translucide, fin à très fin parfois grossier, subarrondi à arrondi, Moyennement classe, siliceux dur avec intercalation de calcaire : blanc, massif, micro cristallin, dur et de marnes : brun rouge, gris clair, sableux.

EOCENE : 235-338m

ROP=10.68 m/h

Sable: blanc à translucide, fin à moyen subarrondi, dur calcaire : blanc à beige, micro cristallin, dur.

SENONIEN CARBONATE : 338-437m

ROP=7.13 m/h

Calcaire Dolomitique, blanc à beige, microcristallin, moyennement dur.

Anhydrite : blanche, pulvérulente avec passage de Gypse transparent et translucide.

Dolomie : grise à gris blanc, micro cristalline, moyennement dure à dure.

SENONIEN ANHYDRITIQUE: 437-642 m

ROP=14.41 m/h

ANHYDRITE : blanche, beige, transparent, pulvérulente, dure.

DOLOMIE : grise à gris claire, micro cristalline, moyennement dure.

ARGILE : grise à gris verdâtre, carbonatée, tendre à indurée.

SENONIEN SALIFERE: 642-762m

ROP=13.72 m/h

SEL : blanc à rosâtre, translucide, massif, friable.

ARGILE : grise à gris noire, induré.

TURONIEN : 762-885m

ROP=28.60 m/h

ANHYDRITE : blanche à beige, pulvérulente, dure.

CALCAIRE : blanc a gris blanc, beige, tendre, micro cristallin.

ARGILE : grise à gris sombre, parfois brun rouge, induré, carbonaté.

CENOMANIEN : 885-1050m

ROP=18.17 m/h

ANHYDRITE: blanche, pulvérulente, dure parfois tendre.

DOLOMIE CALCAIRE : grise à gris clair, micro cristalline, dure

ARGILE : gris sombre, rarement brun rouge, carbonatée tendre a indurée.

ALBIEN : 1050-1348m

ROP=59.12 m/h

GRES : gris blanc, fin à très fin à ciment argileux, friable.

ARGILE : gris-verdatre, brun rouge, tendre a indurée, siliceuse.

DOLOMIE : beige, micro cristalline, moyennement dure.

APTIEN : 1348-1373m

ROP=11.36 m/h

CALCAIRE : blanc à gris blanc, crayeux, tendre

DOLOMIE : beige, cristalline, dure.

ARGILE : brun rouge, gris clair à gris-verdatre, induré, dolomitique.

GRES : gris blanc, parfois brun rouge, fin à très fin, friable, argileux.

BARREMIEN : 1373-1617m

ROP=35.15 m/h

GRES : blanc, brun rouge, fin à très fin friable arrondi à subarrondi, siliceux.

ARGILE : gris-verdatre, brun rouge, tendre a indurée, siliceuse.

NEOCOMIEN: 1617-1827m

ROP=22.17 m/h

ARGILE : gris-verte, parfois brun rouge, indurée, siliceuse.

DOLOMIE : beige à blanche, cristalline à micro cristalline, dure.

MARNE : grise a gris-verdatre, indurée à pâteuse.

GRES : blanc a gris blanc, friable à moyennement dur, fin, argileux.

MALM : 1827-2071m

ROP=5.86 m/h

ANHYDRITE: blanche à beige, pulvérulente, tendre à moyennement dur.

DOLOMIE : grise à gris clair, micro cristalline, moyennement dure.

ARGILE : grise, brun rouge, tendre a indurée.

GRES : blanc a gris blanc, parfois beige, fin, friable.

DOGGER ARGILEUX : 2071-2170m

ROP=10.05 m/h

ANHYDRITE: blanche, beige, pulvérulente, tendre

DOLOMIE : grise à gris clair, cristalline, moyennement dure.

ARGILE : brun rouge, grise a gris-verdatre, carbonatée dolomitique, moyennement dure.

GRES: blanc transparent, gris blanc, fin, friable, à ciment silico-argileux.

DOGGER LAGUNAIRE : 2170-2410m

ROP=4.20 m/h

ANHYDRITE: blanche, pulvérulente, dure

DOLOMIE : grise à gris clair, cristalline, moyennement dure.

ARGILE : brun rouge, grise a gris-verdatre, carbonatée dolomitique, moyennement dure.

MARNE : grise a gris-verdatre, tendre à indurée.

LIAS LD1 : 2410-2498m

ROP=5.38 m/h

DOLOMIE : grise à gris clair, parfois beige, cristalline, moyennement dure a dure.

ANHYDRITE: blanche, parfois grise, pulvérulente, dure.

ARGILE : grise à gris sombre, dolomitique, indurée.

LIAS LS1 : 2498-2581m

ROP=5.38 m/h

SEL : blanc, rosâtre, transparent, moyennement dur.

ANHYDRITE ; blanche, pulvérulente, dure

ARGILE : grise, tendre à indurée.

LIAS LD2 : 2581-2625m

ROP=5.38 m/h

CALCAIRE : dolomitique, gris blanc, a gris claire, microcristallin, friable à moyen dur.

ANHYDRITE : blanche à beige, pulvérulente, dur avec trace de DOLOMIE.

ARGILE : grise à gris blanc, parfois brun rouge, tendre, légèrement carbonaté.

LIAS LS2 : 2625-2696m

ROP=32.27 m/h

SEL: blanc à rosâtre, translucide, amorphe argileux.

ARGILE : brun-rouge, parfois gris vert indurée, salifère.

LIAS LD3 : 2696-2722m

ROP=15.29 m/h

CALCAIRE : grise à gris blanc, parfois gris vert, microcristallin, à amorphe, moyennement dur, à friable, argileux a argilo-dolomitique.

ANHYDRITE : blanche, pulvérulente, avec intercalation d'Argile brun-rouge, parfois grise, tendre a indurée.

TRIAS SALIFERE TS 1 : 2722-2778m

ROP=19.04 m/h

ARGILE : grise à gris blanc, parfois brun rouge, tendre a indurée.

ANHYDRITE : blanche à beige, pulvérulente à légèrement dure avec des passées de dolomie grise a gris clair, microcristallin, dure.

TRIAS SALIFERE TS 3 : 2778-3209m

ROP=5.68 m/h

SEL: blanc à rosâtre cristallin, transparent, translucide, massif, avec intercalation d'Argile brun-rouge tendre à légèrement pâteuse.

ARGILE : brun-rouge, pâteuse, parfois grise à gris noire, indurée

TRIAS ARGILEUX G10 : 3210-3393m (MD) ,3209-3378(TVD) ROP=5.66 m/h

ARGILE : brun-rouge à gris claire, parfois verdâtre, pâteuse tendre a indurée avec passées de Sol blanc, translucide, parfois rosâtre.

SEL: blanc, translucide.

SILT : blanc a blanc beige, tendre a légèrement dur

GRIS : gris agris clair fin à très fin friable a moyennement dur à ciment argileux.

TRIAS ARGILEUX-GRESEUX : 3393-3473 m (MD) ,3378-3418 m (TVD)

ROP = 1.94 m/h

ARGILE : brun rouge, brun chocolaté, indurée, silteuse, parfois ferrugineuse.

SILT : gris blanc, légèrement dur.

GRES : gris à gris claire, fin à très fin, friable à moyennement dur, argileux à silico- argileux devenant vers la base, fin à moyen, siliceux, moyennement dur, parfois bitumineux.

ERUPTIVE : 3473-3481m(MD) ,3418-3421m(TVD) ROP = 1.24 m/h

Roches alternées, brunâtre, moyennement dures, associées parfois a des éléments verdâtres.

Argile brune chocolatée, légèrement dure, ferrugineuse.

CAMBRIEN RI : 3481-4173m (MD),3421-3444m(TVD) ROP = 1.24 m/h

GRES QUARTZITIQUE : blanc a gris blanc parfois beige , sub-anguleux à subarrondi, isométriques fin a moyen, localement bitumineux, quartzique à silico-quartzique devenant silteux vers la base, siliceux ,compact dur à très dur avec fines passées de siltstone gris noire ,parfois gris blanc, dur à très dur.

Coupe Lithologique :

Stratigraphy		Top s m	Lithology	Description	Drilling Hazards	
SYS	SERIES					
TERTIARY	Mio-Pliocene	0		Sand, Calcareous & Sandy marl	Potential risk of complete loss in surface unconsolidated formations, Mud Weight to be kept at a minimum. Control ROP and maintain YP > 40	
	Eocene	243		Dolomite & Clay		
CRETACEOUS	SENONIAN	CARB SEN	363	AAAAAAA	Calcareous, Dolomite & Clay	Possible losses and differential sticking in the permeable sandstone of the Albian & the Barremian. Tight hole in Cenomanian formation & the Senonian Salt which can be avoided by using the proper Mud Weight and the maintenance of rheological properties.
		Lagunar SEN	466	AAAAAAA	Anhydrite, Dolomite & Salt	
		Saifere	651	AAAAAAA		
	TURONIAN	826	+++++++	Limestone & Dolom.		
	CENOMANIAN	915	AAAAAAA	Anhydrite		
	ALBIAN	1080	-----	Sandstone w/ Claystone Alternating		
	APTIAN	1398		Dolomite		
	BARREMIAN	1424		Sand & Sandstone		
	NEOCOMIEN	1667		Dolomite		
	JURASSIC	MALM		1856	-----	
Argilleux Lagunaire			2079	-----	Clay, Anhydrite, Dolomite w/ fine passages of Sandstone	
DOGGER		LD1	2399	+++++++	Dolom. & Anhyd.	
		LS1	2478	+++++++	Salt & Anhydrite	
LIAS		LD2	2568	-----	Dolomite	
		LS2	2617	+++++++	Salt	
		LD3	2688	+++++++	Dolomite	
TRIAS		TS1	2725	+++++++	Anhydrite & dolomite	Possible losses in the Triassic series inferior. Use proper LCM such as BARACARB to cure formation losses.
	TS2	2772	+++++++	Salt & Anhydrite		
	TS3	2964 KOP	+++++++	Salt w/ traces of Clay		
	Argilleux Trias ARG G35	3050	-----			
	ARGILO-GRESEUX & CARBONATE	3271	-----	Clay w/ Sandstone & Dolomite		
	ANDESITIQUE	3309	<<< / / / / / / / / / /	Complexe volcano-sedimentaire		
	QUARTZITES DE HAMRA			Quartzites		
ORDOVICIEN	GRES D'EL ATCHANE			Sandstone		
	ARGILES D'EL GASSI		-----	Clay		
	ZONE DES ALTERNANCES		-----	Clay+Sandstone		
	RESERVOIR RI		-----	Sandstone/Quartz		
CAMBRIAN	RI				Possibility for incurring losses. Cleaning sweeps must be used to ensure good hole cleaning.	
	Ra	3336	-----			
	R2	3352	-----	Sand & Clay		
	INFRACAMBRIEN		-----			
	TD	3395				
	OWC	3442				



NB: Les côtes des formations figurant sur la coupe stratigraphique sont celles correspondant à la verticale de la tête de puits.

figure01 : Coupe Lithologique de la couche

1-3-But Du Sondage :

Le puits horizontal OMPZ362 est situé à la périphérie ouest de la zone 8 de Hassi Messaoud. Ce puits sera foré en UBD dans la phase réservoir.

Le puits a pour objectif le drain R2ab de 997m de section, selon un azimut de N 120°.

Le sabot 7'' sera posé à 3339mTVD à une distance de 178 m de la plateforme.

La côte d'arrêt du puits est à 4483 ,39m MD / 3395mTVD.

Les coordonnées LSA « Lambert Sud Algérie » de la plate forme sont les suivantes :

X (m)	Y (m)	Z. Sol(m)	Z. Table (m)
823401 .985	138230.265	137.656	147

UTM

X	Y	Zone
794869.406	3521369.035	32

GEOG : Latitude = 31° 47' 32',272N- Longitude = 6° 06' 50'' ,385^E

L'appareil de forage TP137 de type OIL WELL 2000 est désigné pour forer ce puits.

La hauteur de la table de rotation est de 9.18 m par rapport au sol.

1-4-Objectif Du Puits :

OMPZ362 a pour objectif le drain R2ab du réservoir, qu'il traversera sur une longueur de 997m suivant un azimut 120° avec un diamètre de trou 6 ».Le forage se fera en UBD.

Il sera réalisé comme suit :

- Pose du casing 7 » à 3mVD dans la D1 soit à 3339mTVD
- Forage en UBD de 73,39 m en build dans le D1 et de 998 m dans le R2ab en hold, inc=87.53° et un azimut de 120°.
- Arrêt du forage à 3395m TVD, 4483 ,39 MD.

1-5-Objectifs Opérationnels :

- Zéro accident.
- Pas d'atteinte à l'environnement, nettoyage permanent de la plateforme.
- Pose du Casing point de la colonne 7'' à 3m en VD dans le Cambrien.
- 3412 m MD en 35,49 Jours. (Références Incentive 4 bis).
- ROP général de 96 m/ Jour.
- NPT global < 5%.
- Collecte des informations (données de forage) pour une optimisation future.

1-6-Programme De Forage :



Engineering Cellule forage Horizontal
DRMD

Hauteur Table TP137 9,18 m
Zsol = 137,66 m
Ztable = 147 m
X= 823401,99 m
Y= 138230,27 m
Az= 120°

SONATRACH
HASSI MESSAOUD FIELD
HORIZONTAL DEVELOPMENT WELL OMPZ362 UBD
PROPOSED TD: 4483 mMD - 3395 mVD
GEOLOGICAL PROGNOSIS le: 27/07/06

Stratigraphy		Top s m	Lithology	Description	Drilling Hazards	CASINGS	Bits	dboue sg	Diagraphie
SYS	SERIES								
TERTIARY	Mio-Pliocene	0		Sand, Calcareous & Sandy marl	Potential risk of complete loss in surface unconsolidated formations. Mud Weight to be kept at a minimum. Control ROP and maintain YP > 40	18 5/8" CSG 26"	L115	Bentonitique 1,05 sg	
	Eocene	243		Dolomite & Clay					
CRETACEOUS	SENONIAN	CARB SEN	363	Calcareous, Dolomite & Clay	Possible losses and differential sticking in the permeable sandstone of the Albian and the Barremian. Tight hole in Cenomanian formation & the Senonian Salt which can be avoided by using the proper Mud Weight and the maintenance of rheological properties.	13 3/8" CSG 506 m 0,00 °	SX913S-FTX [a l'essai]	EMULSION INVERSE D=1,18-1,25	GR - Caliper CBLVDL (1/200 et 1/500)
		Lagunar SEN	466	Anhydrite, Dolomite & Salt					
		Salifère	651						
		TURONIAN	826	Limestone & Dolom.					
	CENOMANIAN	915	Anhydrite						
	ALBIAN	1080	Sandstone w/ Claystone Alternating						
	APTIAN	1398							
	BARREMIAN	1424	Sand & Sandstone						
	NEOCOMIEN	1667	Dolomite						
	JURASSIC	MALM		1856					
Argileux			2079	Clay, Anhydrite, Dolomite w/ fine passages of Sandstone					
DOGGER		Lagunaire	2180						
		LD1	2399	Dolom. & Anhyd.					
		LD2	2478	Salt & Anhydrite					
LIAS		LD1	2568	Dolomite					
		LD2	2617	Salt					
		LD3	2688	Dolomite					
		LD3	2688						
TRIAS		TS1		2725	Anhydrite & dolomite	Possible losses in the Triassic series inferior. Use proper LCM such as BARACARB to cure formation losses.	12 1/4" KOP= 3050 m 3251 m VD 3263 m MD 34°	SPH639 - HCM408	INVERMUL D=2,00 @ 2,02
	TS2		2772	Salt & Anhydrite					
	TS3		2964	Salt w/ traces of Clay					
		KOP	3050						
	Argileux	Trias ARG G35	3164						
		Trias ARG G35	3271	Clay w/ Sandstone & Dolomite					
		Trias ARG G35	3309						
	ARGILO-GRESEUX & CARBONATE								
	ANDESITIQUE			Complexe volcano-sedimentaire					
	ORDOVICIEN	QUARTZITES DE HAMRA			Quartzites				
GRES D'EL ATCHANE				Sandstone					
ARGILES D'EL GASSI				Clay					
ZONE DES ALTERNANCES				Clay+Sandstone					
RESERVOIR RI				Sandstone/Quartz					
CAMBRIEN	RI				Possibility for incurring losses. Cleaning sweeps must be used to ensure good hole cleaning.	3395 m VD 4483 m MD	XR40YD2PD	Ppore=de 200kg/cm²	GR/ Neutron / Résistivité / Densité/magéri e
	Ra	3336							
	R2	3352		Sand & Clay					
	INFRACAMBRIEN								
	TD	3395							
OWC	3442								



NB: Les côtes des formations figurant sur la coupe stratigraphique sont celles correspondant à la verticale de la tête de puits.

Figure02 : Programme De Forage

- Phase 26"**-Réalisation De La Section : 506 M**

- Forage de la surface jusqu'à la cote 506m (40m dans le Sénonien Anhydritique).
- Boue Bentonitique d=1.05 (densité la plus faible possible), anti-bourrant à titre préventif.
- Tubage 18 5/8" J55 87,5# à cette côte, avec accessoires reforables au PDC.

- Phase 16"**-Réalisation De La Section : 1784 m**

- Reforage sabot casing 18 5/8" avec PDC bit.
- Boue à l'huile EI d=1,25sg (densité boue 1,25 avant le top du Turonien)
- Forage de 506m à 2290m (110m dans le Dogger Lagunaire)
- Descente d'une colonne 13" 3/8.
- Cimentation en un seul étage.

-La phase 12 1/4" verticale**-Réalisation De La Section : 760 m**

- Reforage du float collar et ciment jusqu'à 3m du sabot
- Boue à l'huile EI d : 2.02 sg
- Reforage ciment et sabot casing 13 3/8" et forage d'un mètre dans la formation.
- Forage vertical de la section de 2290m à 3050m (côte du KOP).

-La phase 12 1/4" Build Up**-Réalisation De La Section : 213 m**

- Forer en Build Up de 3050m à 3263 m MD (3251m VD)
- Descendre le tubage 9 5/8" 53.5# P110 BTC

-La Phase 8 3/8"**-Réalisation De La Section : 149 m**

- Boue à l'huile EI d= 1.40 sg. Préserver les caractéristiques de la boue.
- Reforer les accessoires casing 9 5/8" avec la BHA directionnelle.
- Forer en Build Up de 3263m MD à 3412 m MD (3339m VD) avec 7,65°/30m à 72°Inc, AZ= 120° (TOP Cambrien à 3336m VD).
- Descendre et cimenter la colonne complète de CASING 7" 32# - P110 BTC.

- Classification de la roche géologique et profondeur et ROP

TABLEAU 01: CLASIFICATION DE ROCHE ET PROFONDEUR

CLASSIFICATION	PROFONDEUR	ROP
MIO PLIOCENE	11 / 235 m	8.23 m/h
EOCENE CARBONATE	235/338 m	10.68 m/h
SENONIEN CARBONATE	338/487 m	7.13 m/h
SENONIEN ANHYDRITE	437/642 m	14.41 m/h
SENONIEN SALIFER	642 / 762 m	13.72 m/h
TURONIEN	762 /885 m	28.60 m/h
CENOMANIEN	885/1050 m	18.17 m/h
ALBIEN	1050 /1348 m	59.12 m/h
APTIEN	1348/1373 m	11.36 m/h
BAREMIEN	1373/1617 m	35.15 m/h
NEOCOMIEN	1617/1827 m	22.17m/h
MALM	1827/2071 m	5.86 m/h
DOGGER ARGILEUX	2071 / 2170 m	10.05m/h
DOGGER LACUNAIRE	2170/2410 m	4.20 m/h
LIAS LD1	2410/2498m	5.38m/h
LIAS LS1	2498/2551m	5.38m/h
LIAS LD2	2581/2625m	5.38m/h
LIAS LS2	2625/2696m	32.27m/h
LIAS LD3	2696/2722m	15.29m/h
TRIAS SALIFERE TS1	2722/2778 m	19.04 m/h
TRIAS SALIFERE TS3	2778/3209m	5.68m/h
TRIAS ARFILEUX G10	3210/3393m	1.94m/h
ERUPTIVE	3473/3481m	1.24m/h
CAMBRIENE/RI	3481/4173m	1.24m/h

CHAPITRE 02

LA PHASE 16"

- Introduction :

La phase 16" est la phase la plus profonde sur le champ de Hassi Messaoud, son découvert peut dépasser 2000m. La boue utilisée pour le forage de cette phase est à l'huile de densité (de 1,18 à 1,25sg).

2-1-Spécifications De La Phase 16'':

L'objectif de cette phase intermédiaire est de traverser en 13"3/8 les formations du crétacé et une partie du jurassique (l'Argileux et le lagunaire).

Ces formations ne supporteraient pas la densité requise pour continuer dans le lias en dessous.

La cote d'arrêt a été fixée à environ 110 mètres dans le dogger lagunaire en fonction de l'anhydrite s'y trouvant. On essaiera de positionner le sabot après avoir observé un ralentissement sur au moins 4 mètres.

Dans cette section, une attention particulière doit être portée à la formation du sénonien salifère ainsi qu'à l'Albien (d'équivalente maximum=1,17). En effet si une production d'eau douce de l'albien est permise vers le sel du sénonien alors une érosion et dissolution importante peuvent engendrer des cavages dans le puits.

On pourra s'attendre à un ralentissement de l'avancement dans l'aptien à cause de la dolomie, et à des tirages dans les zones à sel, notamment lors des éventuelles manœuvres. C'est une phase longue généralement de 1880 mètres et foré idéalement avec un seul outil PDC.

La spécification de la phase est la présence des nappes aquifères et la formation salifère du sénonien.

Turonien aquifère :

Eau salée, sa salinité à Hassi Messaoud varie de 164 à 240 g/l, elle est non potable. La porosité de l'aquifère est d'environ 24%, l'eau en place est estimée à $2586,7 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ et la densité de contrôle de la pression de pores est d'environ 1,03.

Albien aquifère :

Eau douce, la salinité varie de 0,24 à 9,5 g/l elle est moyennement potable. La porosité de l'aquifère est estimée à 20,99% les réserves en places sont estimées à $5,508 \cdot 10^{13} \text{ m}^3$.

La densité au toit de l'albien à Hassi Messaoud est estimée à environ 123 bars ($d_{eq}=1,17$).

Tableau 02: pourcentage d'argile de chaque couche

COUCHES	% D'ARGILE
SEN SALIFERE	/
TURONIEN	26,60
CENOMANIEN	10,40
ALBIEN	4,00
APTIEN	14,40
NEOCOMIEN	87,80
MALM	55,00
DOGG ARGILEUX	95,00
DOGG LAGUNAIRE	5,00

2-2-Objectifs De La Phase 16" :

Les principaux objectifs de cette phase sont les suivants :

- I- Forage de la section en un seul run.
- II- Zéro lost time accident (LTA).
- III- Poser et cimenter le 13"3/8 110mDV dans le dogger lagunaire.
- IV- Assurer un bonne isolation des terrains albien et barrémien.
- V- Pas d'atteinte à l'environnement.

2-3-BHA Utilisée :

Tableau03 : Valeur de BHA

ELEMENTS	Jts	Longueur (m)	ID (in)	OD (in)
16" PDC Bit	1	0.40	0.00	16,00
Near bit stabilizer 16"	1	2.00	3.00	15,88
9"1/2 Short Drill Collar	1	3.62	3.00	9,50
String Stabilizer 16"	1	2.23	3.00	15,88
9" 1/2 Drill Collar	1	9.16	3.00	9,50
String Stabilizer /16"	1	2.23	3.00	15,88
9" 1/2 Drill Collar	2	18.12	3.00	9,50
XOS	1	1.12	3.00	9,50
8" Drill Collar	9	81.79	2.81	8,00
Hydraulic Jar 8"	1	9.90	2.81	8,00
8" Drill Collar	2	18.17	2.81	8,00
XOS	1	1.09	2.81	8,00
5 1/2" HWDP	12	110.84	3.63	5,50
Longueur totale		260.67		

2-4-Paramètres de forage :

WOB = 5 -20 tonnes

RPM = 80 - 150 rpm

Q = 2800 - 3200 lpm

d= 1.18 – 1.25 sg

2-5- Performance de la phase 16:

Tableau 04: paramètres de forage

Formation	Drill performance						Drill paramètre				
	OUT (m)	IN (m)	MT R	HRS (h)	ROP (m/h)	W OB	RPM (rpm)	TR Q	F L	SP P	
Sénonien	668	468	200	18.3	17.5	15-	120	N	30	160	
Sénonien	832	668	164	11.5	21.4	18-	120	N	32	170	
Turonien	928	832	96	10.9	21.7	18-	110-	N	29	144	
Cénomani	1071	928	143	13.8	25.9	14-	90-	N	32	190	
Albien	1439	1071	368	16.9	40.5	12-	110	N	32	200	
Aptien	1464	1439	25	6.5	8.01	18-	110	N	32	200	
Barrémien	1707	1464	243	10.5	28.6	7-	75-	N	19	315	
Néocomie	1903	1707	196	15	22.1	5-	75-	N	32	215	
Malm	2136	1903	233	36.5	11.7	5-	90-	N	32	221	
Dogger	2241	2136	105	13	19.5	8-	90-	20	32	230	
Dogger	2351	2241	110	26.6	7.94	10-	100-	40	32	225	
ROP (m/h)	19										
HRS	217.56										
MTR (m)	1804										
Depth	Out	2292									
	In	488									
JETS/32 TFA	9*12										
SERIAL N°											
TYPE	TFX913S_A1										

2-6- Réalisation De La Phase :

La section est 1804 m de longueur, sa réalisation se fait comme suit:

- A- Reforage du shoe casing 18^{5/8} avec un PDC bit.
- B- Utiliser une boue à l'huile de densité d=1.18 à 1.25 sg(densité 1.25 avant le top du turonien).
- C- Forage de 488 m a 2292m.
- D- Tubage 13^{3/8} 68# N-80 et 13^{3/8} 54.5# K-55, avec accessoires reforables au PDC.
- E- Cimentation en un seul étage et test casing à 3250psi (d=1.25 sg)
- F- La gaine de ciment est composée d'un laitier allégé de tête .

BOP annulaire

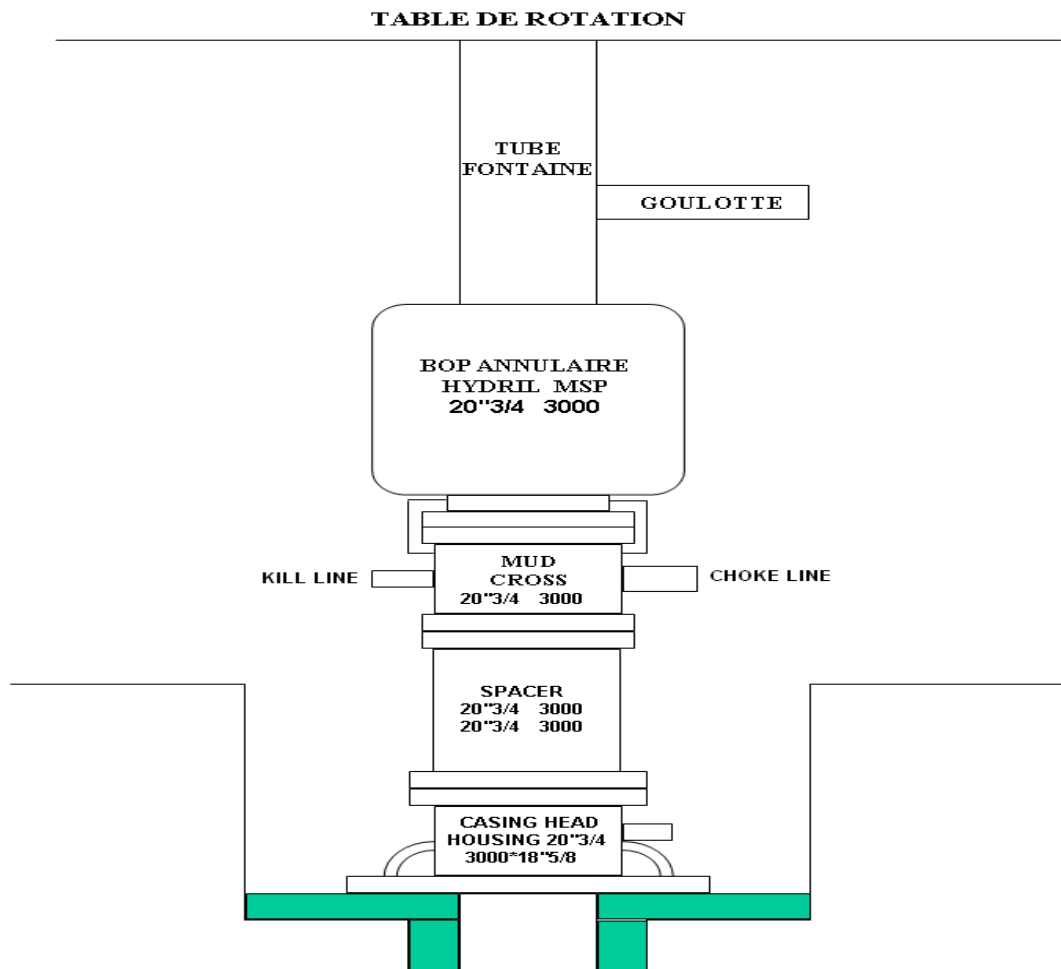


Figure02 : BOP annulaire

Chapitre 3
Descente et cimentation de la
Colone 13 "3/8

3-1- Préparation du Tubage:

3-1-1- Calibrage des Tubes :

Les tubes doivent être aussi mesurés et numérotés dans un cahier, les protecteurs des filetages ôtés et les joints nettoyés et graissés. Les protecteurs de l'extrémité male doivent remis en place pour protéger le filetage pendant la manutention.

3-1-2- Habillage de la Colonne :

La préparation de la colonne comporte en outre la mise en place des accessoires :

➤ Le Sabot (shoe):

Facilite la descente et le guidage de la colonne.

-Sabot à canal (guide shoe): " le cas de notre colonne "

Il permet la pénétration directe de la boue dans le tubage lors de la descente.



Figure03 :Guide shoe

➤ L'anneau de retenue (landing collar) :

Servir un siège au bouchon de cimentation

-Float collar : " le cas de notre colonne "



FIGURE03 :Float collar

➤ **Les centreurs (centraliser):** Il y a deux types :

▪ **Centreurs rigides :**

Avec lames en "U", ils sont utilisés aux espaces annulaires (tubage-tubage).

▪ **Centreurs souples** (droits et spiralé) :

Sont utilisés aux espaces annulaires (tubage-trou).



FIGURE05 : Les centreurs

3-2- Caractéristiques du tubage utilisé:

Les tubes utilisés sont de 2 grades différents.

1- grade : N80

- Diamètre extérieur = 13 3/8" (339,725 mm).
- Masse nominale = 68 lb/ft.
- Filetage : Buttress.
- Résistance à l'écrasement = 2262 Psi.
- Résistance à l'éclatement = 5078 Psi.
- Tension à la limite élastique = 705 TON

2- grade : k55

- Diamètre extérieur = 13 3/8" (339,725 mm).
- Masse nominale = 54.5 lb/ft.
- Filetage : Buttress.
- Résistance à l'écrasement = 1131 Psi.
- Résistance à l'éclatement = 2740 Psi.
- Tension à la limite élastique = 386 TON

3-3-Composition de la colonne :

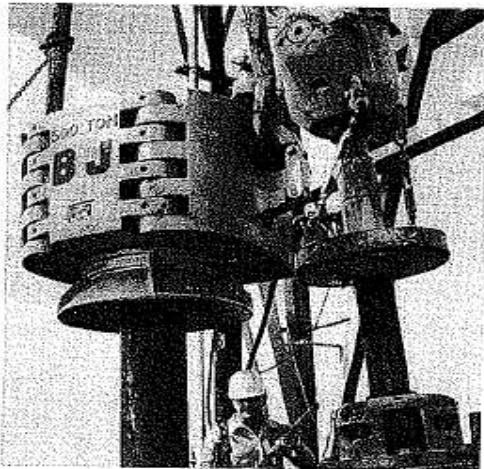
- Sabot 13 3/8 - 48/86# Buttress, reforable au PDC.
- 2 joints casing 13 3/8,68#, N80, Buttress.
- Anneau 13 3/8 – 48/72# Buttress, reforable au PDC.
- 95 joints casing 13 3/8,68#, N80, Buttress
- 98 joints casing 13 3/8,54.5#, K55, Buttress

3-4- Descente de la colonne:

3-4-1-Vissage et serrage des joints :

Le sabot est vissé et serré sur le walk way par l'équipe de chantier a l'aide de clés de grande capacité .pour avoir une bonne adhérence. On utilise un produit spécial appelé Baker-Lock .C'est une graisse spéciale que l'on étale sur le filetage du tube avant de visser le sabot.

Le principe de manipulation des tubes est le même que celui des tiges de forage mais l'équipement est adapté aux diamètres des casing et à leur résistance plus faible à l'écrasement. L'emploi d'une table de cimentation et d'élévateur à coins est fréquent.



Tête de tubage et spider de levage
(Source : BJ Hughes).

FIGURE06: tete de tubage et spider de levage

-Le vissage des tubes entre eux se fait à l'aide de clés hydrauliques.

Une société de service est souvent employée pour cette opération délicate.

3-4-2-La vitesse de descente :

Il faut faire cette descente le plus rapidement possible car comme toute manœuvre, cela représente un temps improductif, mais la vitesse de descente de la colonne doit être contrôlée en fonction de la surpression (surge) qu'elle procure sur le fond et les parois du trou. Le travail doit être bien organisé car tout arrêt en cours de descente, suit à un incident, signifie un grand danger de coincement du casing à cette cote.

La vitesse de descente est exprimée comme suite:

Tableau 05: Temps de la descent de tubage

tubage	Vitesse de descente (m/h)	Nombre de tubes/heure
18" 5/8	50	6
13" 3/8	80-100	10
9" 5/8	130	15
7"	180-240	20

3-4-3-Remplissage et Circulations:

Le chef de poste doit veiller au remplissage de la colonne, si nécessaire, et surveiller le niveau hydrostatique dans le puits. Le tubage étant au fond, on peut reconditionner la boue.

La circulation ne sera arrêtée que lorsque :

- la boue ne remonte plus de déblais,
- le fond gazeux est faible et constant,
- il n'y a pas de perte ni de venue,
- tout le volume de boue en circulation est homogène,

La colonne étant équipée de la tête de cimentation et des bouchons, la cimentation proprement dite peut démarrer.

3-5- Opération De Cimentation :

Les cimentations consistent en la mise en place d'un laitier de ciment approprié à une cote donnée du puits ou dans l'espace annulaire entre le trou foré et le cuvelage en place.

Il existe différents type de cimentation répondant chacun à un problème particulier.

3-5-1-Buts De L'Opération De Cimentation :

Les buts de la cimentation des cuvelages ou du casing sont multiples :

- isoler une couche productrice des couches adjacentes,
- assurer mécaniquement les tubages dans la formation.
- protéger ces tubages contre la corrosion due aux fluides contenus dans les couches traversées,
- fournir une base étanche aux équipements de contrôle et de sécurité installés en tête de puits,
- les cimentations en pressions appelées squeezes ou esquichages, en trous tubés perforés ont pour buts :
 - d'injecter du ciment complémentaire, à travers les orifices des perforations pratiquées dans les tubages, pour consolider ou réparer la cimentation primaire de ces tubages,
 - d'obturer une couche productrice épuisée,
 - d'isoler une couche des zones adjacentes dans le but de limiter la proportion d'eau ou de gaz accompagnant la production d'huile,
 - pose de bouchons de ciment en trou ouvert, en cours de forage
 - de colmater des venues d'eau.
 - d'obturer des zones à pertes de bous de forage.
 - de servir de point d'appui à une déviation du forage (side track)
 - de respecter des séquences d'abandon de puits.

3-5-2-Généralités Sur Les Ciments :**-Hydratation et prise du ciment :**

Il y a trois étapes principales successives :

- Le mouillage.
- La prise
- Le durcissement.

- Classification Des Ciments:**- Les ciments portland brut :**

- Class A, B, C, D, E, F, G, H et J.

- Les ciments spéciaux :

- Ciments allégés
- Ciments à la bentonite.
- Ciments denses.

- Ciments pour températures élevées.

- Ciment a basse température.

-Caractéristiques des laitiers de ciments :

-Densité des laitiers : la densité du laitier influe sur :

-la pression hydrostatique encours de cimentation.

-le temps de pompabilité.

-la résistance à la compression du ciment durci.

-la perméabilité du ciment.

-Filtration : influe sur les caractéristiques mécanique de ciment durci.

-Eau libre : peut former un anneau d'eau à la partie supérieur de la gaine de ciment.

-Temps de pompabilité : c'est le temps pendant le quel le laitier reste pompable.

-Résistance a la compression: le ciment doit supporter les contraintes mécanique et thermique et les vibrations pendant tout la durée de vie de puits.

-Perméabilité : l'aptitude d'un ciment durci à laisser traverser par les fluides.

-Les Laitiers De Ciment : eau de gâchage +additifs+ciment pur.

-Eau De Gâchage : on peut fabriquer le ciment avec eau douce, eau salée, eau salée saturée, ou eau de chantier.

Additifs :

- Fluidifiants
- Réducteurs de Filtrat
- Retardateurs
- Accélérateurs
- Allégeant
- Anti-mousse
- Dispersent.

3-5-3- Matériels De Cimentation :

L'équipement de cimentation primaire est standard, comme :

➤**La Tête De Cimentation :**

Vissée au sommet du tubage, contient les deux bouchons, elle doit permettre la circulation de boue, l'injection du laitier après le largage du bouchon inférieur, la chasse du bouchon supérieur avec la boue initiale.

➤ **Les Bouchons De Cimentation :**

On distingue deux types:

- ***Bouchon inférieur*** (*bottom plug*) :
 - Séparer les fluides.
 - Racler les parois du tubage, évitant le plus possible la contamination
- ***Bouchon supérieur*** (*top plug*) :
 - ❖ Etudier pour être étanche et résistant aux hautes pressions.
 - ❖ Sert à chasser le laitier.
 - ❖ Vient se mettre en place normalement sur le bouchon inférieur dispositif
 - ❖ Permet de réaliser un test en pression de la colonne.

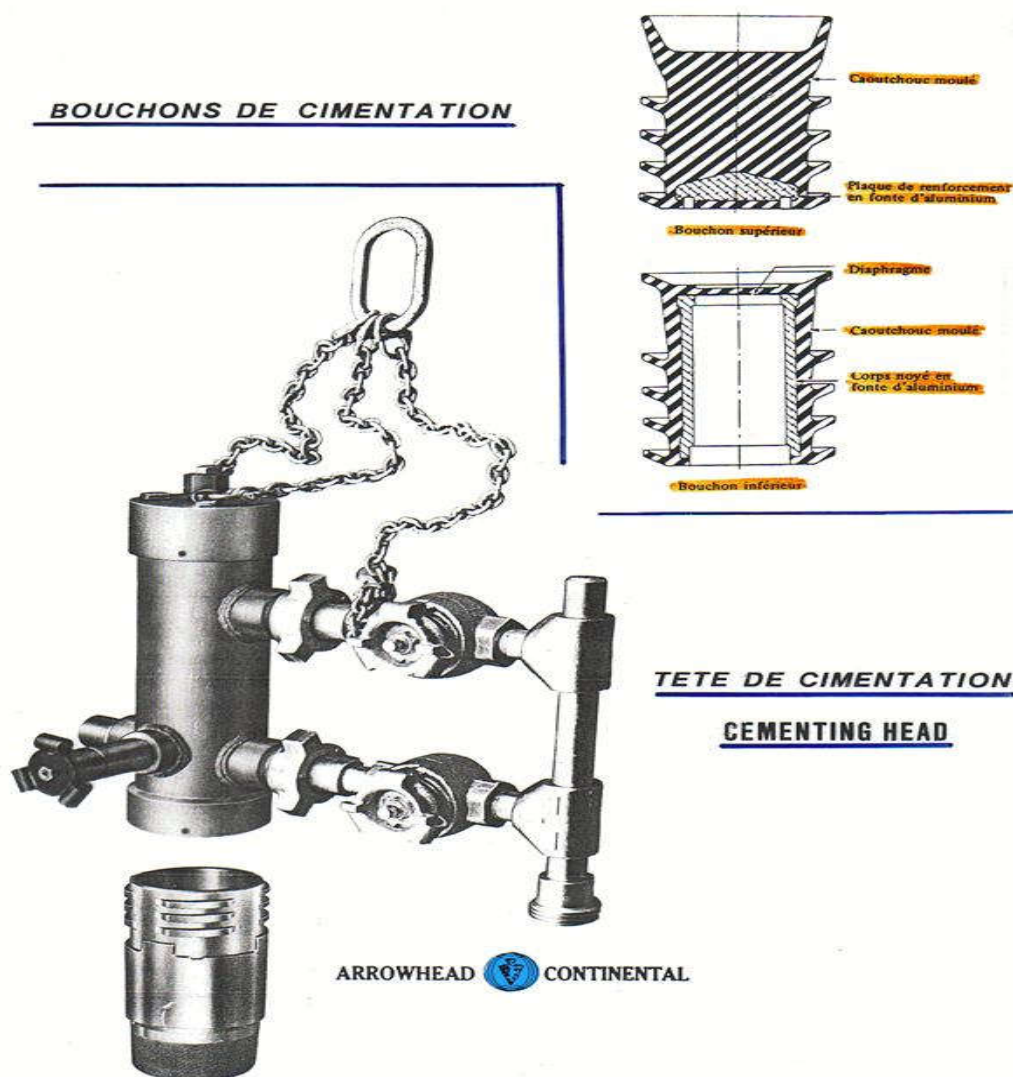


FIGURE06 : tete cimentation et bouchons

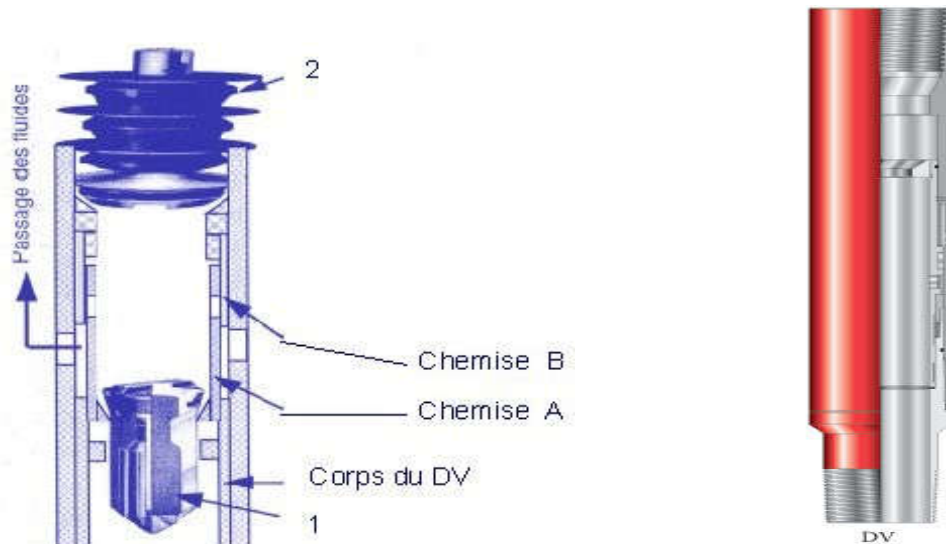
- Cimentations étagées:**➤ L'anneau de cimentation étagé « DV » (Diverter Valve) :**

FIGURE07 : illustrations dessin buchon

Pour la cimentation à deux étages, il faut incorporer un anneau de cimentation étagé « **DV** » (Diverter Valve). Cet équipement joue le rôle d'un by-pass entre l'intérieur de casing et l'annulaire afin de pouvoir circuler et chasser du ciment dans cet annulaire à la côte choisie.

Mode d'emploi : Lorsque la cimentation primaire est effectuée, on ouvre la DV par action de pression sur la pompe (1) obturant la chemise inférieure (A). La cimentation du deuxième étage peut alors avoir lieu. Puis l'envoi du bouchon de fermeture (2) déplace la chemise supérieure (B) en fin de chasse et referme les by-pass.

3-5-4- Principes De La Méthode De Cimentation:

Il s'agit de forcer un laitier de ciment dans l'espace annulaire existant entre l'extérieur du tubage en place et la paroi du trou, en l'injectant directement à l'intérieur du tubage à cimenter ou à travers les tiges de forage, de façon à le faire ensuite remonter dans cet annulaire jusqu'à une hauteur prédéterminée.

Ce laitier est généralement mixé en surface de façon continue au moyen de deux éducteurs d'eau sous pression qui mouillent et entraînent le ciment pulvérulent jusqu'à un petit bac tampon où ce laitier, dont la densité est contrôlée en permanence. Il est ensuite repris par des pompes à pistons haute pression pour être injecté dans le puits.

Le réglage de la densité du laitier est obtenu par les variations d'un débit d'eau se déversant en aval du point de rencontre ciment et eau de mixage.

L'alimentation en ciment sec se fait par gravité à partir d'un silo. Les équipements modernes comportent une alimentation de ciment en conduite sous pression d'air jusqu'au contact avec l'eau de mixage.

3-5-4-1- Cimentation Primaire:

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

Un à-coup de pression perfore le bouchon inférieur pour laisser circuler le laitier qui pousse directement la boue en place et lave à la fois les parois du trou et l'extérieur du casing au cours de son écoulement. Lorsque tout le laitier est injecté, on libère le bouchon supérieur déplacé par circulation de la boue de forage. Cette opération est appelée chasse. Le volume de chasse est le volume de boue entrez l'anneau et la tête de cimentation. En fin de chasse on doit remarquer une montée en pression qui signifie l'arrêt du bouchon supérieur.

La maintien d'une surpression pendant quelques minutes permet de faire en même temps un test d'étanchéité de la colonne.

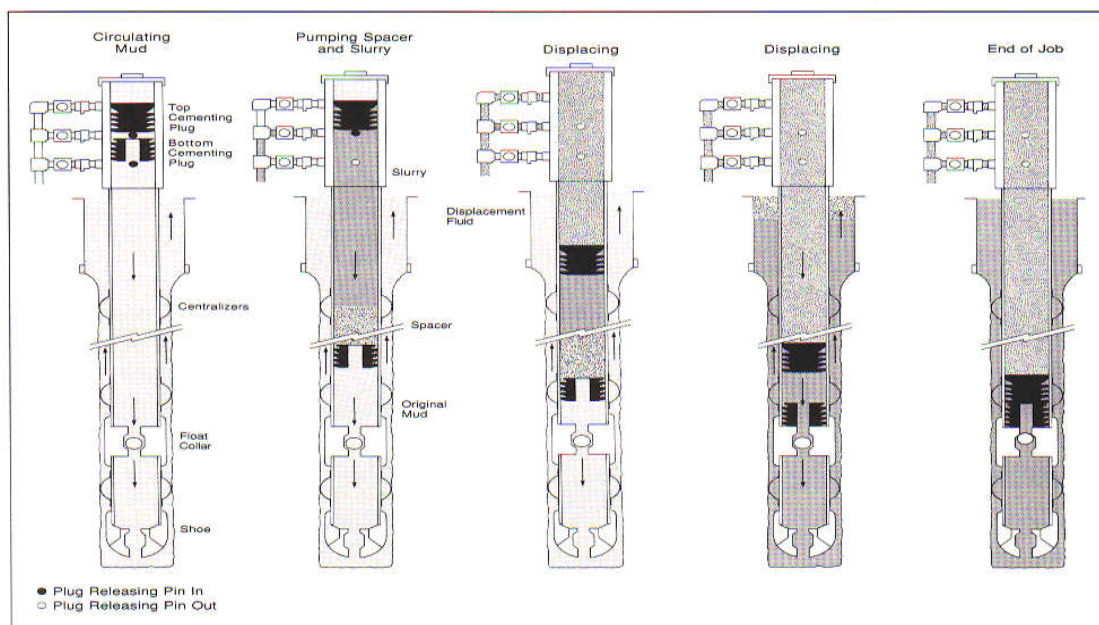


FIGURE08 : les etapes operation de cimentation

3-5-4-2- Cimentation A Deux Etages :

La colonne est équipée de la DV à la côte désirée. La cimentation primaire est effectuée d'une manière classique avec toutefois l'utilisation de bouchons devant passer à travers le rétrécissement procuré par la DV. Après l'à-coup de pression, on laisse tomber la bombe (50 à 60 m/min suivant la déviation) ; la pression d'ouverture cisaille des goupilles et déplace la chemise (de l'ordre de 10 MPa). On peut alors injecter le laitier, mais on n'utilise pas de bouchon de tête. en fin d'injection, on libère le bouchon de queue que l'on chasse jusqu'à la DV par déplacement d'une seconde chemise.

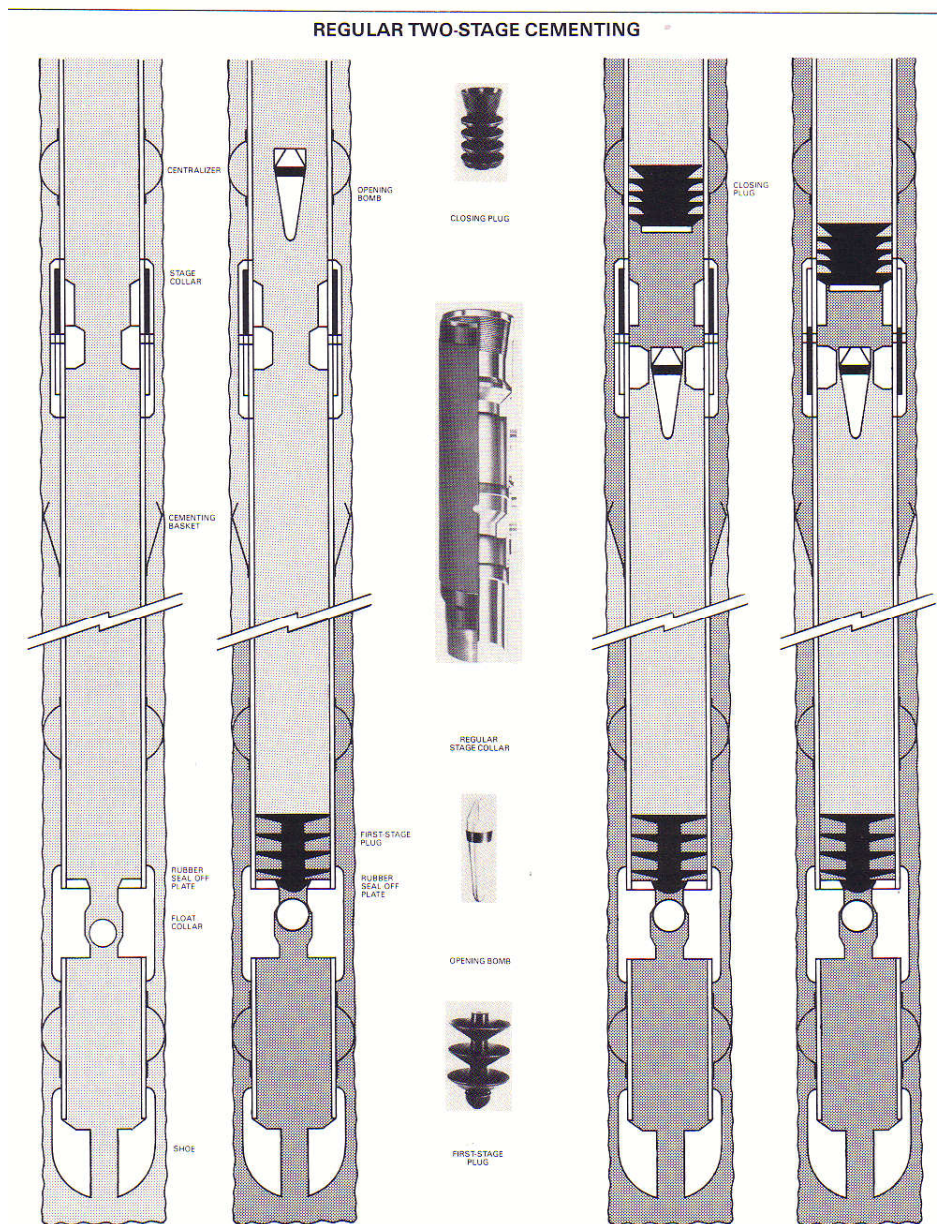


FIGURE09 : controle de cimentation

3-6-Contrôle De Cimentation :

Après cimentation 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.

3-6-1-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 thermométrie sur la courbe du diamètre effectué avant la descente du tubage.

Contrôle de la qualité de la cimentation :

Si la thermométrie donne quelques renseignements sur la présence ou non de zones polluées dans la cimentation, elle ne précise pas si le ciment adhère correctement aux parois du tubage.

L'enregistrement (cement bond log) (CBL) permet de déterminer les zones de bonnes et mauvaises cimentations.

Le principe de l'appareil est le suivant : on a constaté que l'amplitude d'un signal acoustique donné subissait une atténuation notable lorsque l'onde sonore était transmise à travers le ciment, ce qui se produit lorsque ce dernier est adhérent au métal des tubes et à la formation. Dans le cas contraire, la totalité de l'onde est transmise par l'acier sans diminution d'amplitude.

L'appareil comporte donc un émetteur acoustique et un organe récepteur qui enregistrent les variations d'amplitude du signal reçu.

3-6-2-Contrôle de l'étanchéité du tubage et de la cimentation du sabot :

Il est bon, après cimentation, de vérifier l'étanchéité de la colonne.

Cet essai se fait, soit :

- Peu après l'arrivée du bouchon supérieur sur l'anneau de retenue.

Une fois l'à-coup de pression obtenu, on branche à nouveau les pompes haute pression de cimentation sur la tête de cimentation et on pompe jusqu'à ce que la pression atteigne la pression d'essai (de l'ordre de 80% de la pression d'éclatement du tubage).

-Après reforger d'une partie du ciment et forage de 1 ou 2 m au dessous du sabot.

3-7-Préparation des matières :

Préparation la quantité de ciment suffisante bien avant l'opération de cimentation. L'approvisionnement au chantier se fait par des silos de capacité variant de 20 à 50 tonnes. Préparer le volume d'eau de mixage nécessaire.

3-8-Préparation du matériel:

- Table de tubage : mettre en place les spiders correspondant au diamètre de la colonne.

- Elévateur de tubage : pour manipuler tout la colonne

- Collier de tubage : c'est un petit élévateur pour manipuler un seul tube

- Passerelle de tubage: c'est une petite plate-forme réglable en hauteur

En fonction de la longueur du tube. Elle permet à l'accrocheur de maintenir le tube pendant son vissage.

- Protecteurs en caoutchouc de tubage

- Clés de serrage.

-Faire un filage et coup du câble si nécessaire.

-Préparer les pompes en mettant en place chemisage correspondant.

-Préparation du volume suffisant de boue dans les bacs

-Préparer la conduite de cimentation

-Tête de cimentation : Elle es vissée sur le dernier tube de la colonne. Elle permet de loger les bouchons de cimentation.

- Une unité de cimentation équipées de:

-Force motrice.

-Moyens de pompage.

-Mélangeur.

-Bacs de 3 m³ de volume.

3-9-Circulation avant la cimentation :

Il est recommandé de circuler deux fois le volume de puits pour bien le nettoyer. Cette circulation se fait en trois étapes:

1-Circulation au sabot précédent.

2-Circulation intermédiaire.

3-Circulation finale.

Respecter les paramètres de circulation du programme de cimentation. En effet ces paramètres ont une influence sur la température et sur le temps de pompabilité des laitiers.

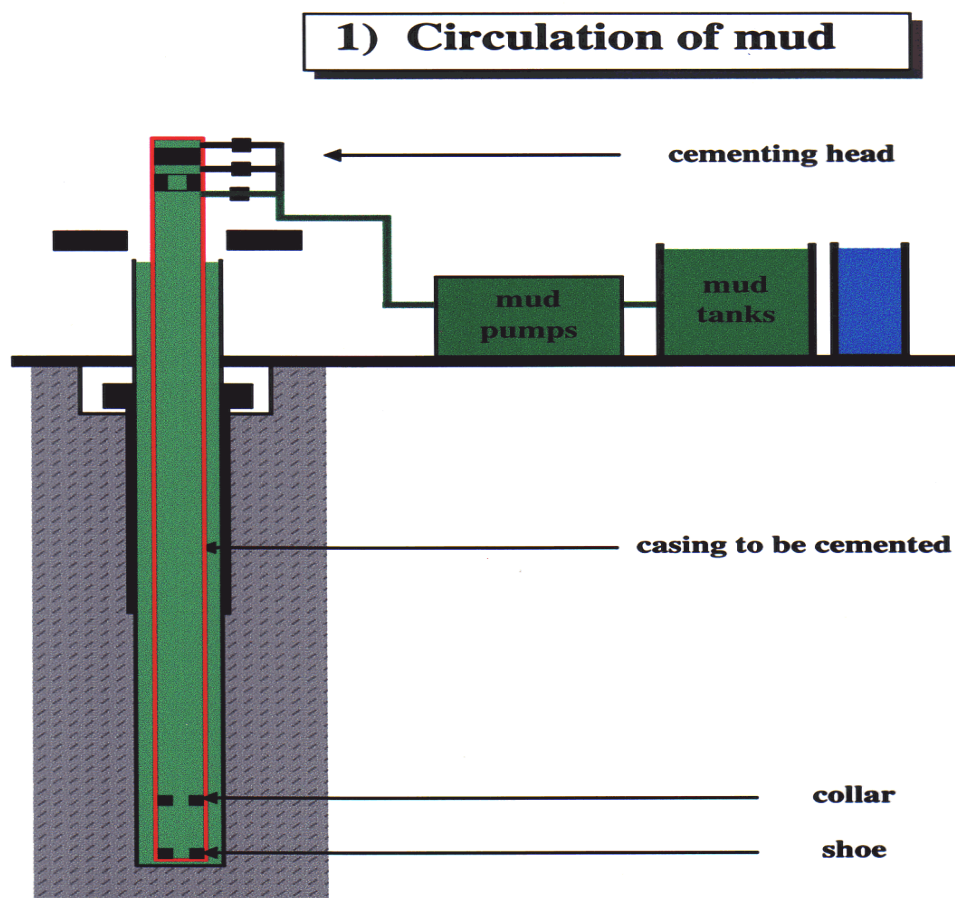


FIGURE10 :circulation of mud

CHAPITRE 4

Deroulement des operation

4-Deroulement De L'opération :**4-1-Préparation :**

- prélever des échantillons de boue (à TD) et d'eau du chantier,
- effectuer les tests des caractéristiques des laitiers et spacers (préparés avec un échantillon d'eau du chantier),
- effectuer les tests de compatibilité boue / laitiers / spacers (avec un échantillon de boue du chantier).

Vérifier :

- Sabot à canal,
- Anneau muni d'un dispositif anti-retour (s'assurer de la reforabilité au PDC)
- Bouchons de tête et queue (pas d'anomalies apparentes)
- Bacs Cimentation ouverts et propres.

4-2-Characteristiques Des Laitiers Et Spacers :

Suivant le programme de cimentation.

Programme type:

2.1 Pompage avant les laitiers :

Tableau07 : Le volume pompe :

Description	Densité	Volume m3
Chemical wash	1.10	10
Spacer	1,11	3

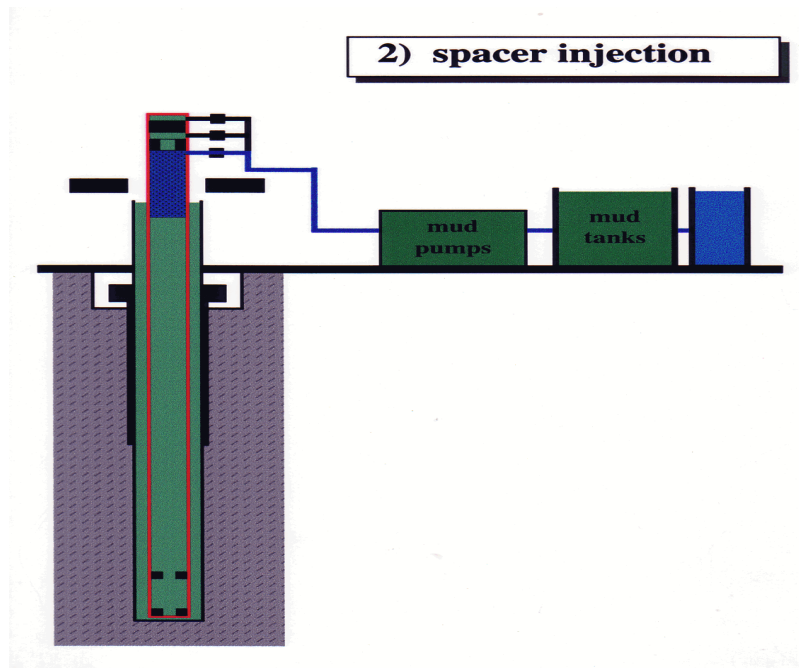


FIGURE11 : spacer injection

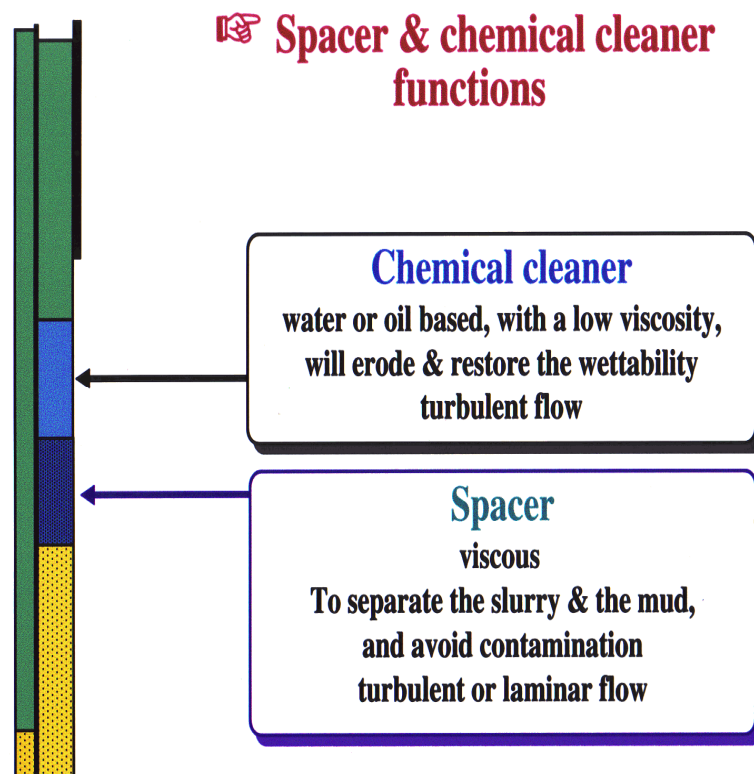


FIGURE12 : les etape de produit injection el la boue

-Suivant le programme de cimentation de l'Ingénierie.

-Le programme a été établi de façon à assurer dans l'annulaire une **densité équivalente supérieure à la densité 1,20 requise** au dessus de l'Albien.

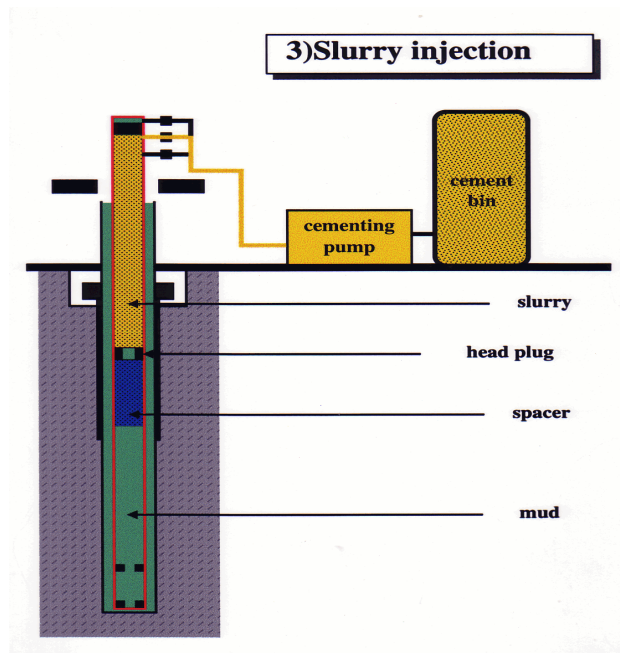


FIGURE13 : slurry injection

4-3-Chasse De Laitier :

Le déplacement du laitier ou la chasse se fait avec de la boue pompée par les pompes du chantier. Elle est composée des volumes suivants:

- 1 m³ d'eau pompé par l'unité de cimentation avec un débit de 1000 l/min.
- 150 m³ de boue pompé par les pompes du chantier avec un débit de 1000 l/min.
- 20 m³ de boue pompé par les pompes du chantier avec un débit de 1000 l/min.
- 10.69m³ de boue pompé par les

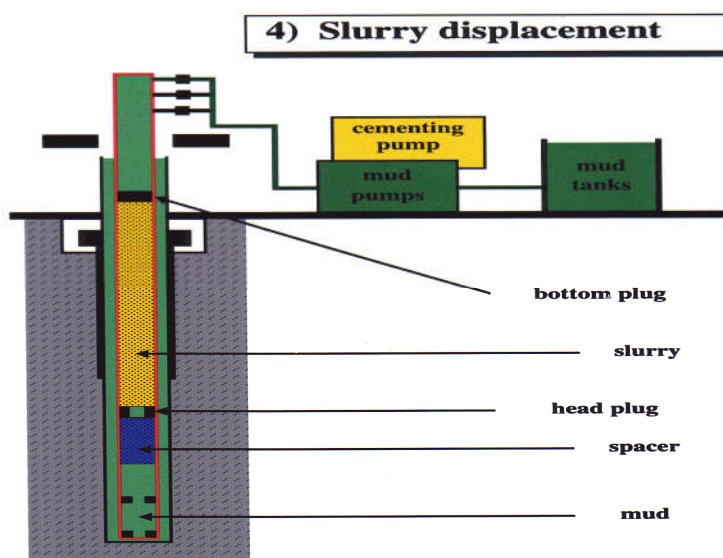


FIGURE14 : SLURRY DISPLACEMENT

Après avoir pompé tout le volume de chasse le deuxième bouchon arrive a l'anneau et se pose sur le premier bouchon .Le laitier sera entre le tubage et la formation dans le découvert et de 200 m dans l'entrefèr.

4-4-DETAIL DES OPERATIONS :

Tableau08 : OPERATIONS DE cimentation

Etape	Cimentation 13''3/8	Remarques
1	Tester l'unité de cimentation dès son arrivée sur site. Vérifier silos, tête de circulation et de cimentation. Vérifier les quantités d'additifs et ciment disponibles pour la cimentation. Mettre en place les volumes d'eau et de chemical wash pour les spacers et les laitiers.	Suivant procédure générale de cimentation. Tenir compte du volume des impompables. L'utilisation de bacs ouverts est impérative.
2	Introduire les bouchons dans la tête de cimentation.	
3	Une fois tubage au fond et circulation établie: Monter la tête de cimentation. Tester les lignes.	
4	Circuler selon le programme de cimentation. Mélanger les additifs à l'eau de gâchage.	
5	Prélever 10 kg de ciment et 10 l d'eau de gâchage de chaque laitier.	
6	Pomper le chemical wash et spacer (s).	Vérifier le retour à la goulotte
7	Larguer le bouchon de tête. Mixer et injecter les laitiers.	Faire un suivi permanent de la densité des laitiers uniquement à la balance pressurisée. Prélever les échantillons de laitier.
8	Larguer le bouchon de queue. Déplacer avec les pompes du rig.	Vérifier le retour à la goulotte.
9	A l'à-coup de pression tester la colonne 10 mn (pression 3250 psi ou selon fiche puits). Purger (en cas de retour, repomper le volume retourné et attendre le séchage du laitier).	Regrouper les échantillons de surface. Faire le bilan des volumes (pertes / gains).

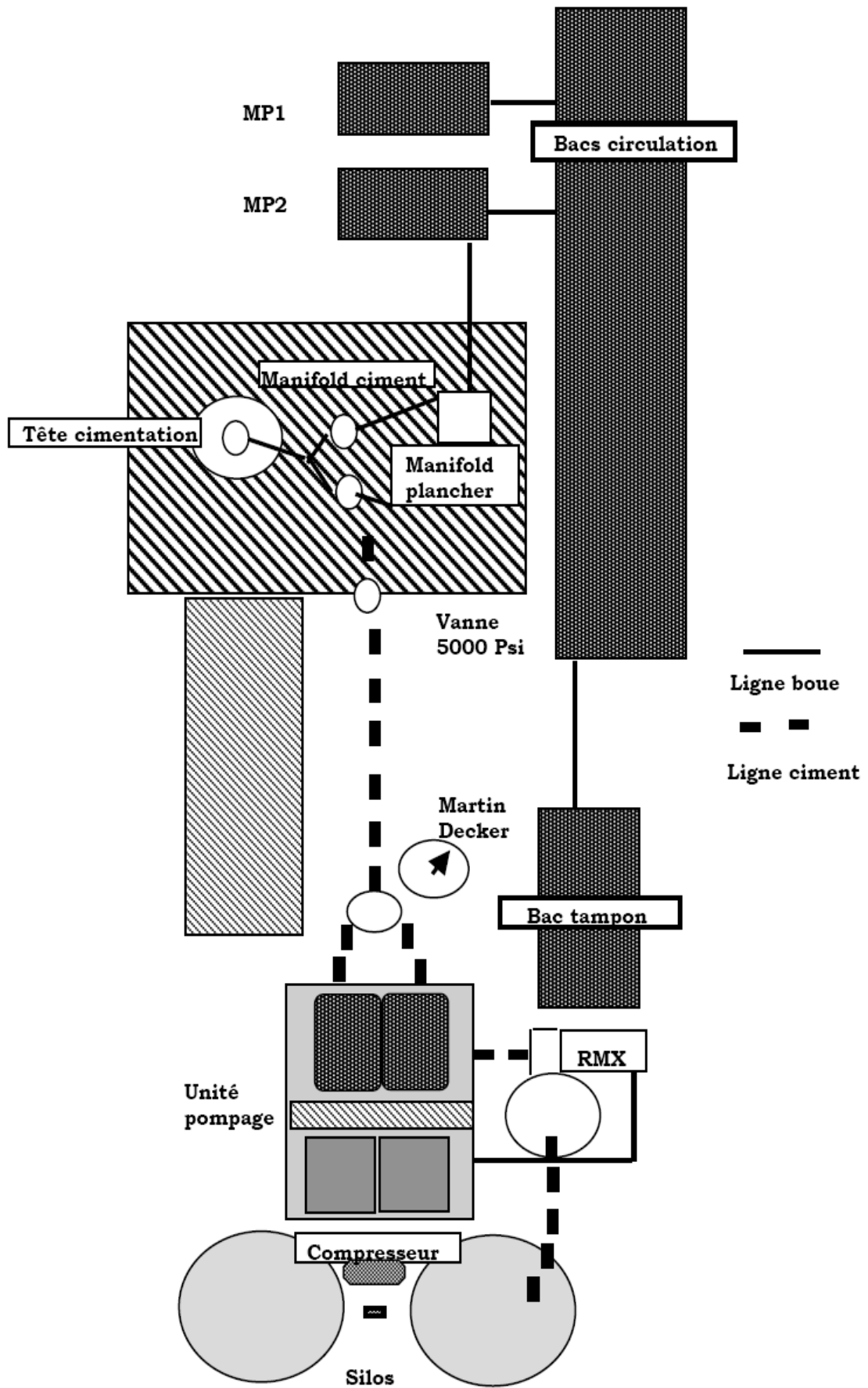


FIGURE15 : Implantation de l'unité de cimentation

Exemple de demande de formulation de laitier

Tableau 09 : formulation de laitie

SH FOR DRMD ING.FC.	DEMANDE DE FORMULATION CSG 13 3/8	PUITS : APP :		
Date :	PHASE: 16"	Tubage <input checked="" type="checkbox"/> Liner <input type="checkbox"/> Bouchon <input type="checkbox"/>		
Societe :	Etage 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>	Squeeze <input type="checkbox"/>		
DERNIER TUBAGE : DIA : 18 5/8" SABOT m : 484 Poids lbs/ft: 87,5				
DECOUVERT		CASING PREVU :		
Diametre 16" in	Diametre Ext. 13"3/8			
Deqv fract. 1,75 s.g	Diametre Int. 12,415 in			
Deqv pore ALB. 1,16 s.g	Poids 68 lbs/ft			
	Nuance N80			
Cote anneau 2302 m	Volume Int. 78,10 lt/m			
Cote sabot 2326 m	Filetage BTC			
TEMPERATURES :				
PROFONDEUR	2326	m		
GRADIENT	2,9	°C/100m		
BHST	96	°C		
BHCT	62	°C		
SCHEDULE	API			
BOUE DE CIRCULATION :				
TYPE : OBM	DENSITE : 1,25	VP/YV : 25/10		
	FILTRAT : 4/6	GELS : 5/10		
CARACTERISTIQUES DES LAITIERS:				
	Laitier 1	Laitier 2	Laitier 3	
Profondeur	2326	2242	1433	
Densite	2,00	1,90	1,42	
Pompabilite à 40UC	4 à 5	4 à 5	6 à 7	
Filtrat	ND	ND	80	
RC à 24hres	3500	3500	2500	
RHEOLOGIE				
300	90	90	80	
VP - YV	60 - 30	60 - 30	60 - 25	
Excès en %				
TOP de ciment	0	15	25	
	2246	1433	284	
Eau de gachage				
	douce	douce	douce	
COMMENTAIRES :				
.Caractéristiques boue et cotes peuvent évoluer en cours de forage de cette phase .				
.Le volume du shoe slurry (laitier 1) est de 5m3.				

Tableau10 :programme de cimentation

SH - FOR - DRMD ING.F.C.		PROGRAMME DE CIMENTATION CASING 13" 3/8		PUITS : APP :				
Date : Société :		BHST = 95 °C BHCT = 62 °C		Temps de prise à 40°C : d = 1,42 7hrs 03 mn d = 1,90 7hrs 00mn d = 2,00 6hrs 50mn				
Diesel	37 m	DIESEL						
		Densité	0.85		s.g			
		VOLUME	5.00		m ³			
		Hauteur	73		m			
		Débit injection	1000		lt/mn			
		Spacer	110 m	SPACER				
				Densité	1.30		s.g	
				VOLUME	12.00		m ³	
				Hauteur	174		m	
				Débit injection	1000		lt/mn	
Eau	851			lt/m ³	10212	lt Eau chantier		
Agent gélifiant	1.5	kg/m ³	18	kg				
Alourdissant	396	kg/m ³	4752	kg				
Anti-mousse	2	lt/m ³	24	lt				
Surfactant	50	lt/m ³	600	lt				
Top ciment	284 m	LEAD SLURRY						
		Densité	1.42		s.g			
18 5/8	484 m	Volum e theorique	36.84		m ³			
		Volum e caliper						
		Excès	25%	9.2		m ³		
		Volum e Csg x Csg	13.8		m ³			
		VOLUME TOTAL	59.84		m ³			
		Débit injection	900		lt/mn			
		Ciment	1	t	35	t G.HSR		
		Eau	837	lt/t	29.3	m ³		
		Anti-mousse	2	lt/t	69.9	lt		
		Chlorure Potassium	25.1	kg/t	877.9	kg		
Réducteur Filtrat	10	kg/t	350	kg				
Agent adhérent	200	lt/t	6995	lt				
Retardateur	21	lt/t	734	lt				
Agent allégeant	250	kg/t	8744	kg				
Re ndement	1711		lt/t					
Lead Slurry Fond d = 1,45	1427 m	TAIL SLURRY						
		Densité	1.90		sg			
		Volum e theorique	32.5		m ³			
		Volum e caliper						
		Excès	15%	4.9		m ³		
		VOLUME TOTAL	37.4		m ³			
		Débit injection	800		lt/mn			
		Ciment	1	t	49	t G.HSR		
		Eau	402	lt/t	20	m ³ Eau chantier		
		Anti-mousse	2	lt/t	98	lt		
Réducteur Filtrat	30	kg/t	1473	lt				
Retardateur	8.25	lt/t	405	lt				
Re ndement	761		lt/t					
Tail Slurry d = 1,90	2247 m	SHOE SLURRY						
		Densité	2.00		sg			
		Volum e théorique	3.1		m ³			
		Vol. int. Csg	1.9		m ³			
		VOLUME TOTAL	5.0		m ³			
		Débit injection	800		lt/mn			
		Ciment	1	t	7	t		
		Eau	326	lt/t	2	m ³ Eau chantier		
		Anti-mousse	2	lt/t	14	lt		
		Réducteur Filtrat	30	kg/t	210	lt		
Retardateur	8.5	lt/t	60	lt				
Re ndement	685		lt/t					
Shoe Slurry d = 2,00	2303 m	DEPLACEMENT						
		Type d'écoulement						
		Densité de la boue	1.25		s.g.			
		Volum e de déplacement	177.9		m ³			
		Volum es m3		Débits lt/mn				
		120	1400					
		50	1000					
		7.9	500					
		13 3/8	2327 m	DUREE OPERATION				
				Fabrication	113		mn	
Déplacement	152			mn				
Divers	30			mn				
TOTAL	295		mn					
COMMENTAIRES :								
. Tubage au fond circuler 4hrs à raison de 1400lt/mn								
. Respecter l'ordre du passage des produits (Spacer & Laitier)								
. Chasse avec pompe du Rig et à-coup avec unité.								
. Densité à contrôler en surface pour le laitier allégé est de 1.42 s.g avec densimètre pressurisé								

CHAPITRE 5

CIMENT LITECRETE

5-1-HISTORIQUE :

Le ciment Portland est un matériau hydraulique utilisé depuis un siècle pour cimenter les puits. En effet, son mélange avec de l'eau forme une suspension (coulis ou laitier) adaptée à la mise en oeuvre. Les réactions chimiques entrent en jeu et cette suspension "prend" et devient un solide costaud et imperméable, remplissant donc les fonctions souhaitées de supporter le tubage et d'étanchéifier et d'isoler les différentes couches.

Le rapport eau/ciment gouverne toutes les propriétés du mélange final durci, et en particulier la résistance à la compression et la perméabilité.

Historiquement, cette résistance à la compression a été la seule mesure faite de manière à peu près routinière sur le ciment durci. Les propriétés mécaniques de la gaine de ciment dépendent donc directement de la densité du coulis. Mais cette densité n'est jamais ou rarement choisie en fonction d'une propriété à atteindre car elle est le plus souvent imposée par d'autres conditions de puits comme par exemple le fait d'éviter toute perte en cours d'opération.

Avant on utilisait des ciments allégés par la mousse qui a pris naissance en 1989 (foamed cement) pour pouvoir pomper les volumes importants à des profondeurs très longues et éviter de cracker la formation, mais ce ciment a des mauvaises caractéristiques mécaniques ce qui a obligé les spécialistes du domaine à chercher un autre laitier plus performant et en 1997 un laitier de meilleurs caractéristiques mécaniques et de densité requise a apparaît au monde de cimentation des puits pétroliers. C'est le *LiteCRETE*.

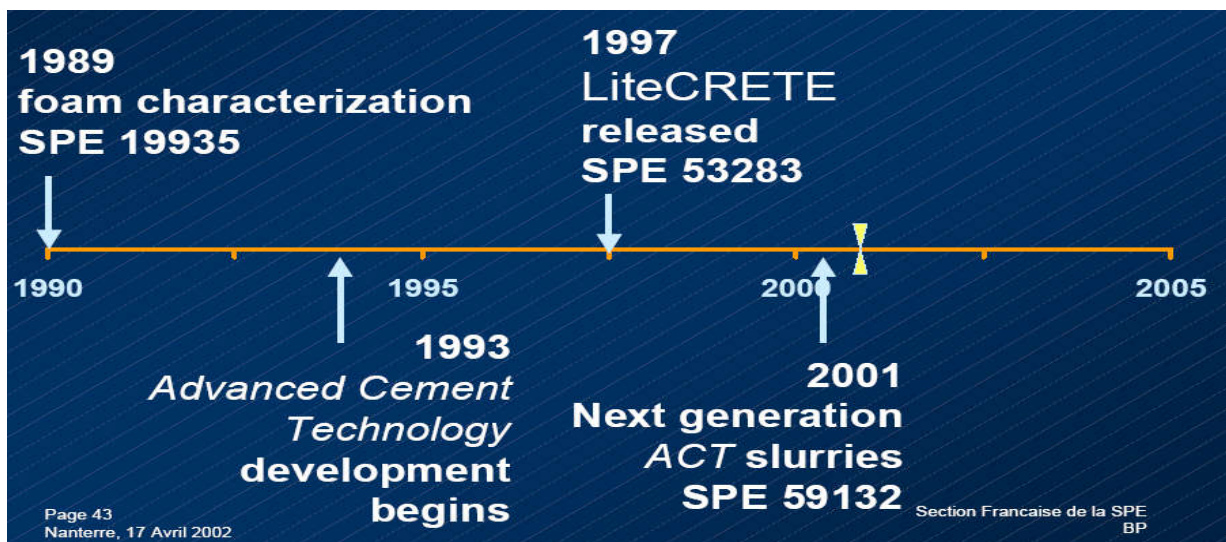


Figure16 : les stades de developpement de ciment

Les champs de l'Afrique du nord dont les zones d'eau sont critiques ont exigés une cimentation étagée.

Lorsque le programme prévoit une cimentation étagée, il est indispensable d'incorporer une DV (differential valve) dans la colonne d tubage. Une cimentation étagée est programmée lorsque la colonne doit être cimentée sur un long découvert avec un grand risque de fracturer les terrains.

5-2-LES PROBLEMES LIES À L'UTILISATION DE LA DV :

Bien que beaucoup d'avances et technologies aient été appliquées pour améliorer la cimentation des longs découverts .l'utilisation de la DV a causée d'énormes problèmes lors de la cimentation étagée d'une colonne, parmi lesquelles on peut citer :

1. ENDOMMAGEMENT DES JOINTS :

Des joints peuvent être endommagés pendant l'opération d'ouverture et de fermeture, l'effet des tensions de pliage, et l'en raison de l'exposition aux gaz/aux produits chimiques nocifs de boue.

2. PROBLEMES MECANIQUES :

Entre d'autres, les problèmes mécaniques incluent :

- 1) Le manque d'ouvrir l'outil avec de la pression maximale permise laissant la partie supérieure de la colonne de tubage sans ciment.
- 2) Le manque de fermer l'outil avec de la pression maximale permise laissant des ports de DV s'ouvre.

5-3-LA TECHNOLOGIE LITECRETE :

Le programme de tubage a été remodelé en utilisant la technologie de LiteCRETE pour remplacer le tubage intermédiaire à deux étages avec un seul tubage en une seule étape exigeant seulement un laitier de ciment. Ceci nous a permet de gagner le temps de fonctionnement de la DV et des coûts associés d'installation, et à éliminer le risque lié à une DV.

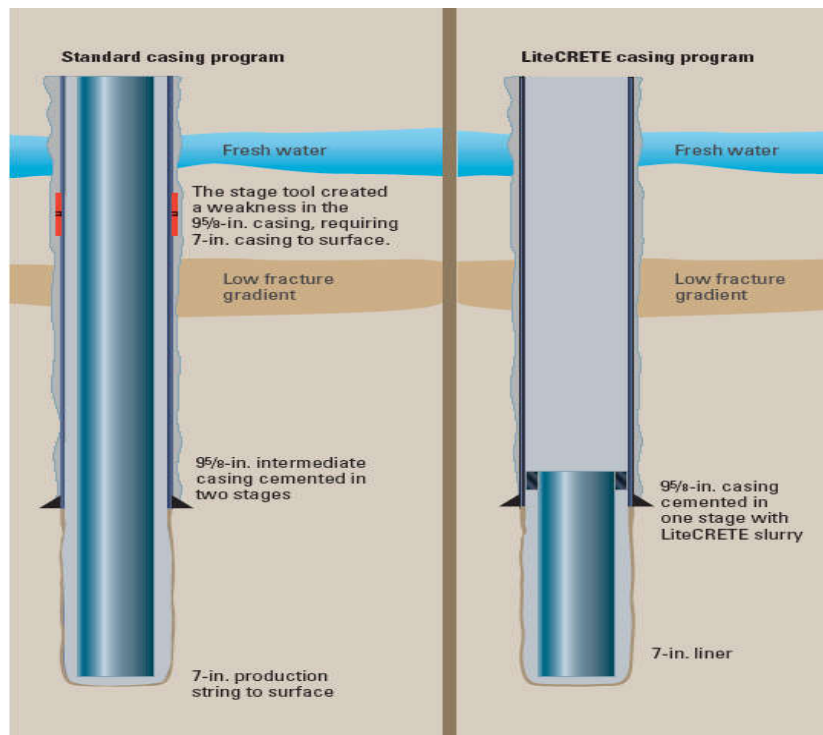


FIGURE17 :Remplacement de la cimentation étagée par une cimentation a un seul étage.

La technologie de LiteCRETE offre une solution pour la construction des puits avec moins de perméabilité et à faible densité. Des colonnes de ciment de qualité supérieure peuvent être pompées plus haut dans l'annulaire ce qui a rendu la cimentation étagée inutile.

En forant des formations peu solides, il peut être difficile de placer suffisamment de ciment derrière le tubage sans utiliser des laitiers de ciment prolongés de densité basse.

5-4-DESCRIPTION DU LiteCRETE.

Aujourd'hui les besoins se limitent à demander d'une part une faible perméabilité de façon à obtenir l'isolation requise et à minimiser les attaques chimiques éventuelles, et d'autre part une bonne résistance à la compression. Ces deux propriétés vont d'ailleurs de pair pour la plupart des coulis de ciment Portland traditionnel.

Le ciment Portland est la plus ancienne technologie utilisée dans la cimentation des puits. Le ciment durci, à toujours plus ou moins les mêmes propriétés mécaniques qui sont directement liées à son contenu en eau c'est à dire à la densité du coulis. En effet, plus il y a d'eau (plus le coulis est léger), plus les résistances mécaniques et chimiques sont faibles, tout en augmentant

légèrement sa flexibilité. Inversement, moins il y a d'eau ou plus le coulis est lourd, plus les résistances mécaniques et chimiques sont généralement fortes, et sa flexibilité diminuée.

Or l'on recherche maintenant à obtenir un matériau performant, c'est à dire ayant à la fois des fortes résistances et une flexibilité importante, quelle que soit la densité initiale du coulis de ciment. On ne peut donc pas utiliser le ciment Portland brut, et il faut inventer un nouveau matériau.

La première question est de comprendre la relation entre composition du coulis et performance du ciment durci. Pour simplifier, nous allons considérer le ciment comme un matériau de taille à peu près homogène. Ce matériau à taille unique et à fonction unique est transporté et modifié par l'eau de gâchage. La quantité d'eau donne accès aux propriétés du coulis, tandis que la quantité de ciment contrôle les propriétés du solide.

Les laitiers standard de ciment exigent un haut rapport d'eau pour le mixage et la mise en place.

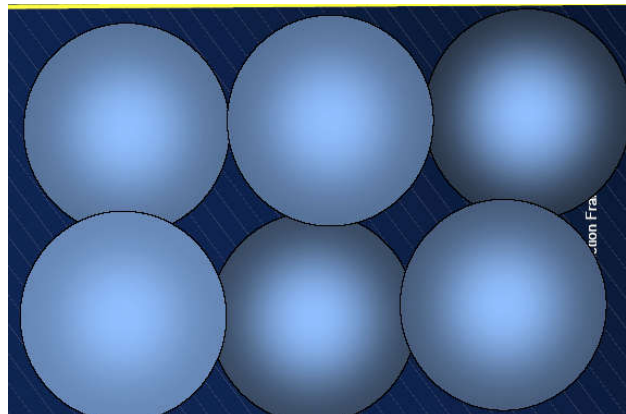


FIGURE18 :Distribution des particules d'un ciment conventionnel

UNE NOUVELLE CLASSE DE MATERIAU :

Il faut donc construire un nouveau matériau qui utiliserait l'eau uniquement pour la fonction transport, et se composerait de différents solides qui contrôlraient à la fois la densité (propriétés du coulis) et les propriétés mécaniques du solide final. Pour construire ce matériau il faut tout d'abord utiliser des solides de taille et répartition de taille très contrôlées. Ensuite il faut choisir et ajuster la nature des différents solides en fonction de la densité du coulis et des propriétés mécaniques du solide final. Ceci permet d'avoir un rapport eau/solide très faible, et toujours le même, quelle que soit la densité. Cette technologie, appelée CemCRETE, permet donc de

construire un solide à la demande, en fonction des propriétés exactes requises pour l'application, car pour la première fois dans l'industrie pétrolière, les propriétés du coulis et du matériau durci sont totalement ajustables indépendamment de la densité.

Les laitiers de CemCRETE remplissent l'espace vide par des petits solides, permettant le mélange et le placement avec des concentrations inférieures de l'eau et des propriétés supérieures de placement.

Les systèmes de CemCRETE fournissent l'isolement zonal supérieur dû à la perméabilité très basse et excellente résistance à la force, même aux densités très faibles.

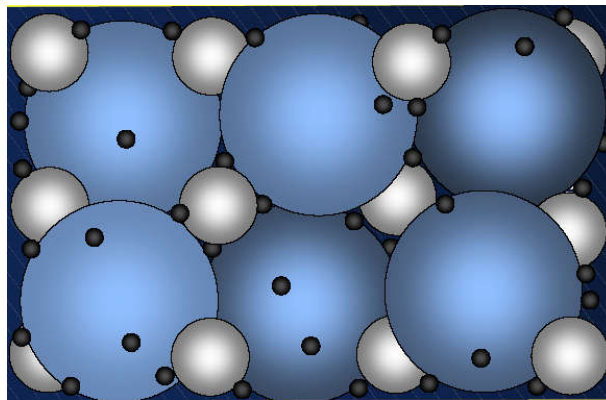


FIGURE19 :Distribution des particules du ciment LiteCRETE

Cette technologie permet par exemple de fabriquer des ciments plus légers que l'eau sans utiliser un gaz quelconque. De tels ciments plus légers que l'eau ont été utilisés pour cimenter des réservoirs ayant un gradient de fracture très faible. Cependant, les techniques actuelles pour contrôler sur chantier la qualité des coulis basées sur la mesure de densité ne sont pas du tout adaptées à ces coulis de densité aussi faible.

5-5-CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DE CemCRETE :

- Plus de solides en votre ciment.
- Une plus grande résistance à la compression
- Perméabilité réduite à travers le ciment.
- Une plus grande résistance aux fluides corrosifs.

5-5-1- POURCENTAGE DE SOLIDES DANS LE LAITIER.

Le pourcentage des solides dans le laitier influe sur les propriétés mécaniques du ciment durcis, plus le laitier contient un pourcentage élevé de solides plus il possède de bonnes caractéristiques mécaniques.

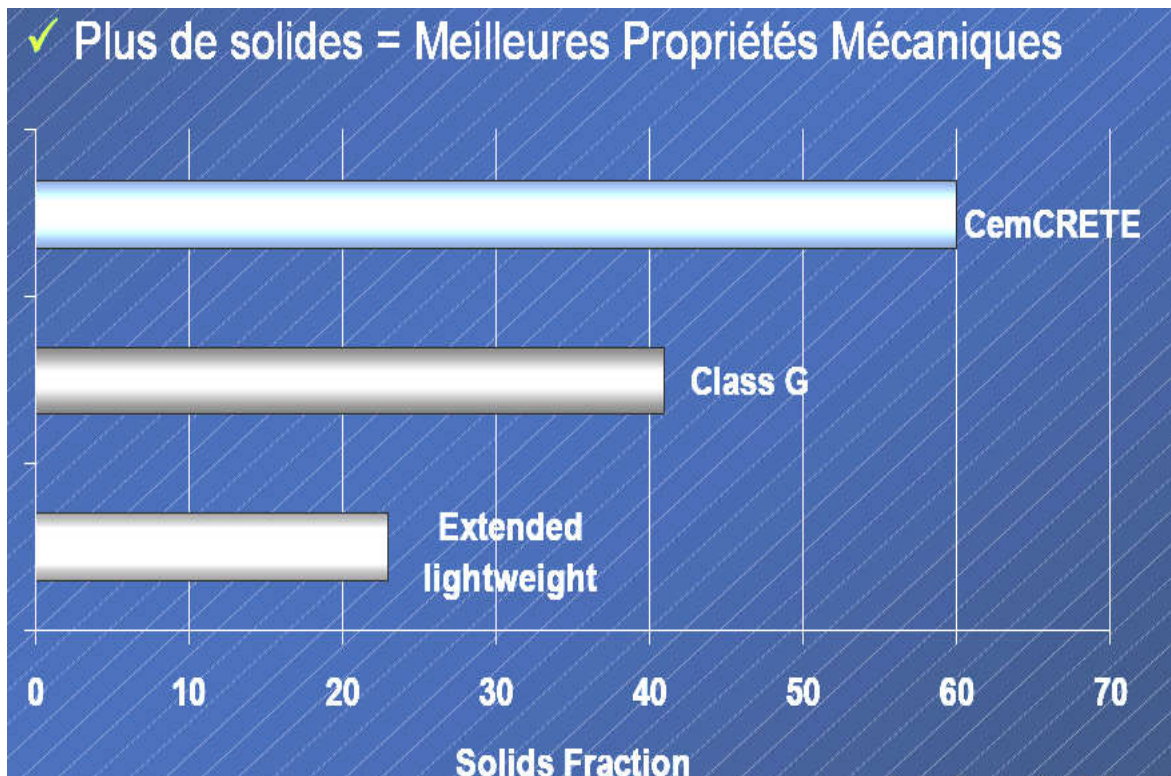


Figure20 : pourcentage de solide fraction

5-5-2-RESISTANCE A LA COMPRESSION.

La technologie de LiteCRETE fournit au ciment durcis, dans le temps, une résistance à la compression plus élevée par rapport aux autres types de laitier. Cette résistance à la compression est obtenue grâce à la distribution et la nature des grains des solides dans le laitier.

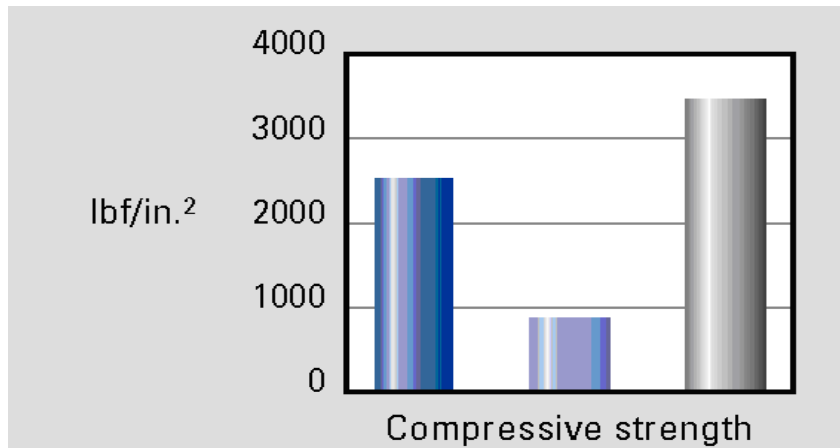


Figure21 : compressive strength

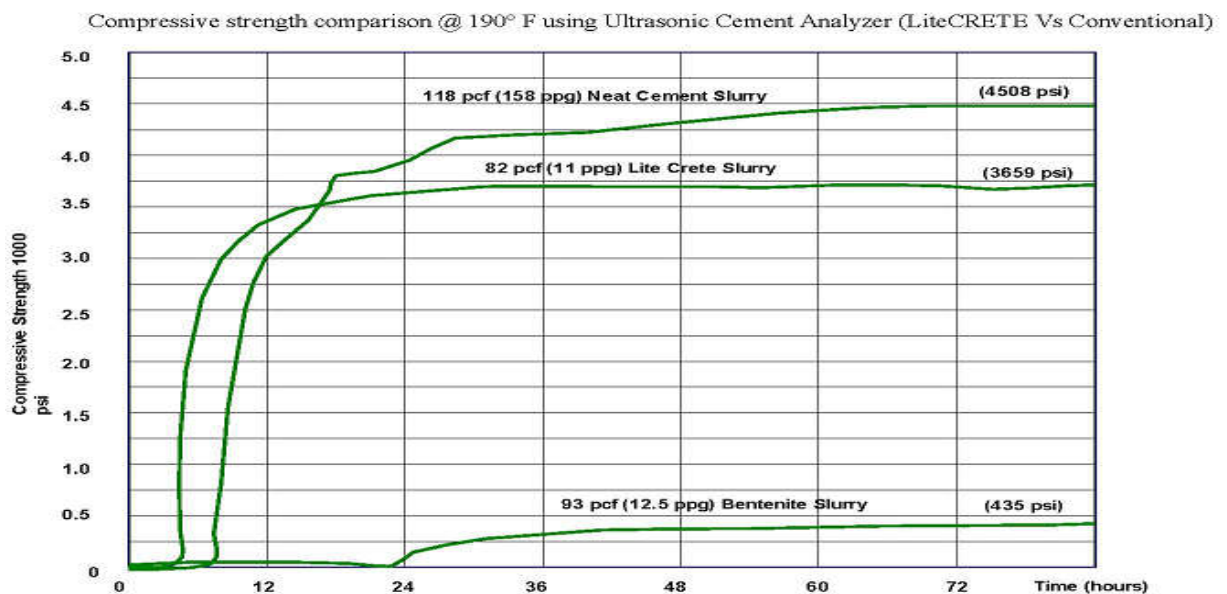


Figure22 :AUGMENTATION DE LA RESISTANCE A LA COMPRESSION
EN FONCTION DU TEMPS

5-5-3-PERMEABILITE REDUITE.

La perméabilité est parmi les caractéristiques les plus exigées afin d’empêcher le passage des fluides indésirables à travers le ciment et d’assurer une bonne isolation des zones d’eau. Le ciment LiteCRETE présente une perméabilité réduite et par conséquent une très bonne isolation des aquifères et une grande protection du tubage contre les fluides corrosifs.

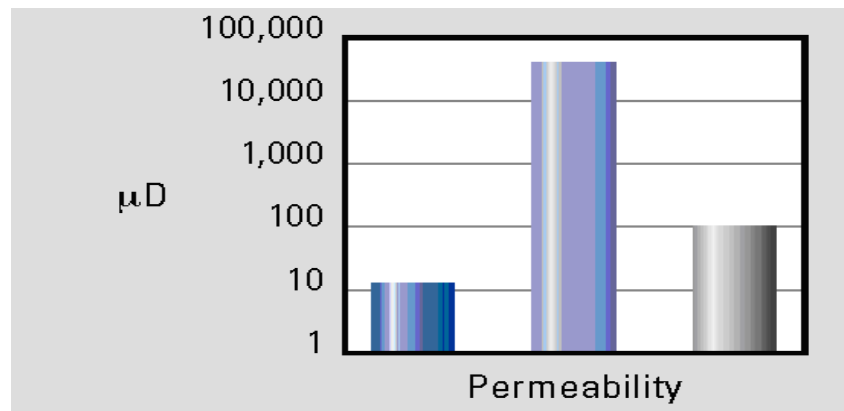


Figure23 : different de permeability

5-6-CARACTERISTIQUE DU LAITIER LITECRETE

C'est un laitier simple à faible densité fonctionnant comme un ciment de densité conventionnelle. Peut éliminer ces restrictions et nous permettre de placer des colonnes de tubage plus longues et peut-être éliminer des rangs de tubage.

La technologie de LiteCRETE est le nouveau système à rendement élevé qui pourrait remodeler notre programme de tubage.

La technologie de LiteCRETE (un système de CemCRETE) fournit des propriétés de qualité de production de ciment aux laitiers de basse densité.

Les laitiers de LiteCRETE peuvent être mélangés à des densités de 0.96 à 1.5 sg et sont ainsi mis en place facilement à travers des zones faibles.

Ces ciments fournissent des propriétés de résistance à la compression et de perméabilité supérieures en comparaison avec tout autre système léger et même aux laitiers de densité 1,90 sg

Au-delà de 230°F [110°C], les mélanges de LiteCRETE souvent n'exigent pas la silice additionnelle pour la rétrogression de force.

Avec le laitier LiteCRETE, on peut fréquemment éliminer la cimentation étagée dans des intervalles longs, et nous pouvons obtenir une qualité exceptionnelle de perforation sans réduire l'intégrité de ciment.

Les systèmes de LiteCRETE sont même assez forts pour des traitements de rupture hydrauliques ou pour placer des kickoff plugs.

5-7-AVANTAGES :

- Élimination potentielle de la cimentation étagée
- Isolement des zones productrices à travers des formations de fracturation facile
- De plus longues colonnes de ciment sans pertes dues aux pressions hydrostatiques
- Cimentation de liner avec un seul laitier de faible densité.
- Bouchons de Whipstock à de plus faibles densités
- Opération sûres et sans risques et logistique simple une fois comparé au ciment à la mousse.

5-8-SYSTEME DE CONTROLE DE FRACTION L/S :

Un système simple et fiable, appelé SFM ou “Solid Fraction Monitor”, a été mis au point afin de mesurer en continu le rapport liquide/solide et donc contrôler la qualité du coulis au fur et à mesure de sa fabrication. Ce type de contrôle est toujours plus précis qu’une simple mesure de densité sur toute la gamme de densité allant de 3 à des valeurs inférieures à 1. Il est le système de contrôle recommandé pour toute densité de coulis inférieure à 1,5.

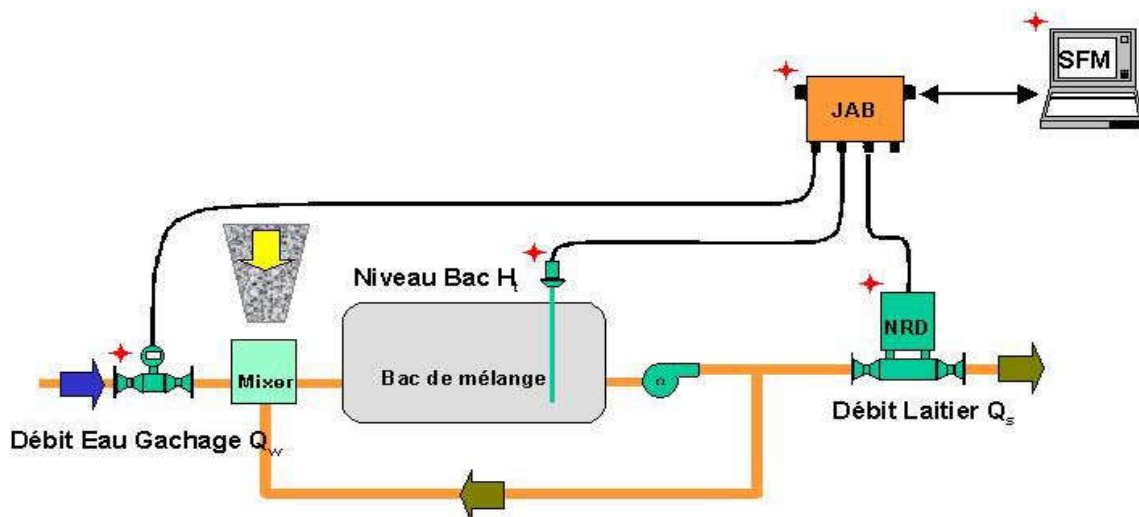


FIGURE24 : UNITE DE CIMENTATION

Chapitre 6

Calcul de cimentation

6-Calcul De Cimentation :**6-1-Les Données De Puits :**

Tubage utilise : 13"3/8 68# N80

13"3/8 54,5# k-55

Volume intérieur de casing 13"3/8 68# N80 = 78,08 l/m

Volume intérieur de casing 13"3/8 54,5# k-55 = 80,63 l/m

Volume annulaire 18 5/8 – 13 3/8 = 68,94 l/m

Volume annulaire 16 – 13 3/8 = 39,1 l/m

Volume de trou 16 = 129,72 l/m

TD = 2292 m

Float collar MD = 2265

Shoe MD = 2289 m

Distance anneau-sabot = 24

Distance fond-sabot = 3 m

Diamètre de l'outil = 16''

Excès moyen = 20%

Densité de fracturation : $d_{frac} = 1,30$

Débit de forage : $Q_F = 2800-3200$ l/m

Débit d'injection : $Q_{inj} = 700-950$ l/m

Densité de la boue $d_b = 1,25$

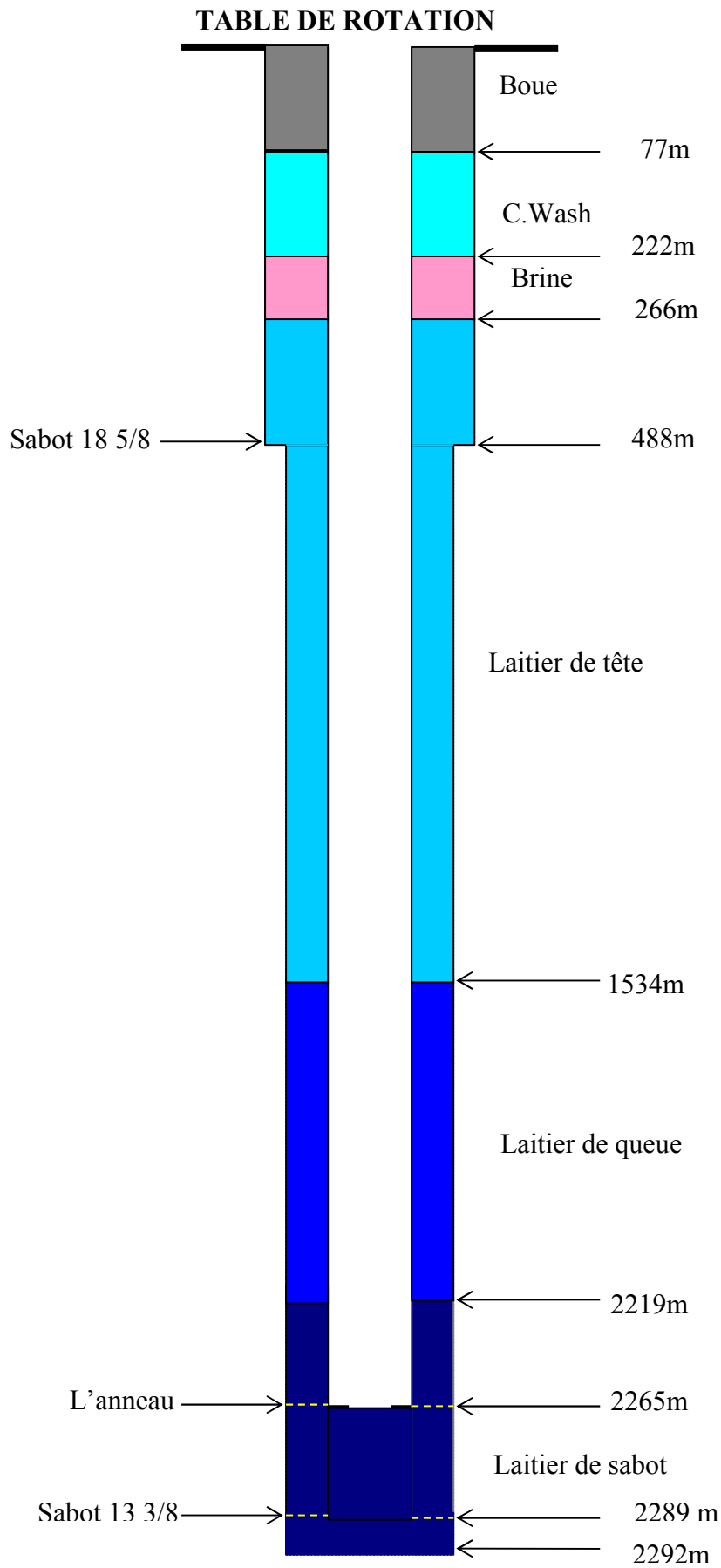


Figure 25 : profondeur de puit

6-2-Calcul De Descente De Tubage:**6-2-1- Calcul De Débit Maximum Autorisé Dans Le Découvert :**

Le débit de circulation doit créer la même vitesse annulaire que le débit de forage au droit des masse- tiges.

$$Q_{\max} = Q_{\text{forage}} \frac{V_{\text{trou-tubage}}}{V_{\text{trou-DC}}}$$

$$V_{\text{trou-tubage}} = 39.1 \text{ l/m}$$

$$V_{\text{trou-DC}} = 86.3 \text{ l/m}$$

$$Q_{\max} = 2800 \cdot \frac{39,1}{86,3}$$

$$Q_{\max} = 1268,6 \text{ l/m}$$

6-2-2- Calcul du temps minimum de la descente d'un tube dans le découvert :

Le tubage ne doit pas créer dans l'espace annulaire un débit supérieur au débit maximum autorisé pré-calculé.

$$T_{\min} = \frac{V_{\text{tube}} \cdot 60}{Q_{\max}}$$

Les tubes généralement sont de 12 m

Le volume extérieur est 90,80 l/m

Le volume d'un tube de 12 m : $V_t = 12 \times 90,80 = 1089,6 \text{ l}$

$$T_{\min} = \frac{1089,6 \cdot 60}{1268,61}$$

$$T_{\min} = 51.53 \text{ s}$$

6-2-3-Calcul du volume de boue a circuler lorsque le tubage atteint le fond :

On doit circuler au moins le volume annulaire

$$V_{\text{cir}} = V_{\text{entrefor}} + V_{\text{découvert}}$$

$$V_{\text{cir}} = 488.68,94 + 1804.39,1 = 104,2 \text{ m}^3$$

Le volume à circuler est : $V_{\text{cir}} = 104,2 \text{ m}^3$

6-2-4-Calcul du volume de boue a circuler au sabot de tubage précédent :

On doit circuler au moins le volume intérieure du tubage descendu dans le trou :

$$V_{\text{cir au sabot}} = H_s \cdot V_{\text{int.}}$$

$$V_{\text{cir au sabot}} = 488 \cdot 78,08$$

$$V_{\text{cir au sabot}} = 38,10 \text{ m}^3$$

6-3-Calcul De Cimentation :**6-3-1-Determination Du Top Laitier :**

-Calcul de la pression de fracturation :

$$P_{\text{frac}} = \frac{Z_s d_{\text{frac}}}{10,2}$$

$$P_{\text{frac}} = \frac{488 \times 1,55}{10,2}$$

$$P_{\text{frac}} = 74.15 \text{ bars}$$

La densité de laitier au dessus de sabot précédent 18'' 5/8 $d_{\text{lt}}=1.34$

(Laitier de tête).

6-3-2- Détermination du top théorique du Spacer :

La hauteur de spacer se calculé à partir du volume qui doit correspondre à 10 minutes de temps de contact avec la formation.

Il faut déterminer le volume du spacer correspondant à 10 minutes de contact $\frac{V_{\text{sp}}}{Q} =$

10min

$$V_{\text{sp}} = Q \cdot 10 = 1000 \cdot 10 = 10000 \text{ l}$$

$$H_{\text{sp}} = \frac{V_{\text{sp}}}{V_{\text{entrefer}}} = \frac{10000}{68,94} = 145 \text{ m}$$

$$H_{\text{sp}} = 145 \text{ m}$$

6-3-3- volume de laitier de tête :

$$V_{\text{lt}} = V_{\text{lt c-c}} + V_{\text{lt c-t}}$$

V_{lt} = volume de laitier de tête

$V_{\text{lt c-c}}$ = volume de laitier de tête casing-casing

$V_{\text{lt c-t}}$ = volume de laitier de tête casing-trou.

$$V_{\text{lt c-c}} = V_{\text{uni c-c}} \times \text{hauteur}$$

$$V_{lt\ c-c} = 68.94 \times 222 = 15,30 \text{ m}^3$$

$$\text{Excès} = 20\%$$

$$V_{lt\ c-t} = V_{uni\ c-t} \times \text{hauteur} \times 1.20$$

$$V_{lt\ c-t} = 39,1 \times 1046 \times 1.20 = 49,07 \text{ m}^3$$

$$V_{lt} = 15,30 + 49,07 = 64,37 \text{ m}^3$$

$$V_{lt} = 64,37 \text{ m}^3$$

6-3-4-2- volume de laitier de queue :

$$\text{Excès} = 15\%$$

$$V_{lq} = V_{uni\ c-t} \times \text{hauteur} \times 1.15$$

$$V_{lq} = 39.1 \times 685 \times 1.15 = 30,80 \text{ m}^3$$

$$V_{lq} = 30,80 \text{ m}^3$$

6-3-4-3- volume de laitier de sabot :

$$V_{ls} = V_{la-s} + V_{ls-f} + V_{lc-t}$$

V_{la-s} : volume de laitier sabot-anneau.

V_{ls-f} : volume de laitier sabot-fond.

V_{lc-t} : volume de laitier casing-trou.

$V_{la-s} = V_{int\ c} \times \text{distance anneau-sabot}$.

$$V_{la-s} = 78,08 \times 24 = 1,87 \text{ m}^3$$

$$V_{la-s} = 1,87 \text{ m}^3$$

$V_{ls-f} = V_{trou} \times \text{distance anneau-fond}$

$$V_{ls-f} = 129,72 \times 3 = 0,39 \text{ m}^3$$

$$V_{ls-f} = 0,39 \text{ m}^3$$

$V_{lc-t} = V_{uni\ c-t} \times \text{hauteur}$

$$V_{lc-t} = 39,1 \times 70 = 2,74 \text{ m}^3$$

$$V_{lc-t} = 2,74 \text{ m}^3$$

$$V_{ls} = 1,87 + 0,39 + 2,74 = 5 \text{ m}^3$$

$$V_{ls} = 5 \text{ m}^3$$

-Le volume total de laitier :

$$V_I = V_{lt} + V_{lq} + V_{ls}$$

$$V_I = 64,37 + 30,80 + 5$$

$$V_I = 100,17 \text{ m}^3$$

6-3-5-Calcul de quantité de ciment et volume d'eau de gâchage :

Tableau 11:quantite gachage

Laitier	Densité	Volume (m ³)	Volume d'eau	Rendement (l/t)
Laitier de tête	1,34	64,37	440,83	1180,41
Laitier de queue	1,90	30,80	424,17	765,34
Laitier de sabot	2,00	5,00	347,20	688,87

6-3-5-1- calcul de quantité de ciment :**- Quantité de ciment pour le laitier de tête :**

$$\begin{array}{l} 1180,41 \text{ L} \longrightarrow 1\text{t} \\ 64370 \text{ L} \longrightarrow Q_{ct} \end{array}$$

$$Q_{ct} = \frac{64370 \times 1}{1180,41} = 54,53 \text{ t}$$

$$Q_{ct} = 54,53 \text{ t}$$

- Quantité de ciment pour le laitier de queue :

$$\begin{array}{l} 765,34 \text{ L} \longrightarrow 1\text{t} \\ 30800 \text{ L} \longrightarrow Q_{cq} \end{array}$$

$$Q_{cq} = \frac{30800 \times 1}{765,34} = 40,24 \text{ t}$$

$$Q_{cq} = 40,24 \text{ t}$$

- Quantité de ciment pour le laitier de sabot :

$$\begin{array}{l} 688,87 \text{ L} \longrightarrow 1\text{t} \\ 5000 \text{ L} \longrightarrow Q_{cs} \end{array}$$

$$Q_{cs} = \frac{5000 \times 1}{688,87} = 7,26 \text{ t}$$

$$Q_{cs} = 7,26 \text{ t}$$

-La quantité de ciment totale :

$$Q_c = Q_{cs} + Q_{cq} + Q_{ct} = 102,02 \text{ t}$$

$$Q_c = 102,02 \text{ t}$$

6-3-5-2- calcul de volume d'eau de gâchage :

-Volume d'eau pour le laitier de tête :

$$440,83 \text{ L} \longrightarrow 1 \text{ t}$$

$$V_{et} \longrightarrow 54,53 \text{ t}$$

$$V_{et} = 440,83 \times 54,53 = 24,03 \text{ m}^3$$

$$V_{et} = 24,03 \text{ m}^3$$

-Volume d'eau pour le laitier de queue:

$$424,17 \text{ L} \longrightarrow 1 \text{ t}$$

$$V_{eq} \longrightarrow 40,24 \text{ t}$$

$$V_{eq} = 424,17 \times 40,24 = 17,07 \text{ m}^3$$

$$V_{eq} = 17,07 \text{ m}^3$$

-Volume d'eau pour le laitier de sabot:

$$347,20 \text{ L} \longrightarrow 1 \text{ t}$$

$$V_{es} \longrightarrow 7,26 \text{ t}$$

$$V_{es} = 347,20 \times 7,26 = 2,52 \text{ m}^3$$

$$V_{es} = 2,52 \text{ m}^3$$

Le volume totale d'eau: $V_e = 24,03 + 17,07 + 2,52$

$$V_e = 43,62 \text{ m}^3$$

6-3-6- Calcul du volume\ quantité des additifs pour chaque laitier :

a)- laitier de tête :

-Le type de ciment : liteCRETE

-Les additifs :

Tableau 12: quantite des additifs

Additifs	Code	Rendement	Volume\quantité
Antifoam	D175	2 lt/t	106 lt
Sel (BWOW 18%)	D044	79,35 kg/t	4206 kg
Dispersant	D604AM	50 lt/t	2650 lt

b)-laitier de queue :

- Le type de ciment : G
- Les additifs :

Tableau13: les additifs

Additifs	Code	Rendement	Volume\quantité
Antifoam	D175	1 lt/t	47 lt
Fluid loss	D168	15 lt/t	705 lt
Dispersant	D080A	6 lt/t	282 lt
Retarder Acc	D197	4,5 lt/t	212 lt

c)-laitier de sabot :

- Le type de ciment : Dyckerhoff
- Les additifs :

Tableau 14 : laitier de sabot

Additifs	Code	Rendement	Volume\quantité
Antifoam	D175	2 lt/t	15 lt
Fluid loss	D168	15 lt/t	110 lt
Dispersant	D080A	6 lt/t	44 lt
Retarder Acc	D197	4,5 lt/t	33 lt

6-3-7-Calcul De Temps D'injection :

$$T_{inj} = \frac{V_l}{Q_{inj}}$$

$$T_{inj} = \frac{V_{lt}}{Q_{inj-lt}} + \frac{V_{lq}}{Q_{inj-lq}} + \frac{V_{ls}}{Q_{inj-ls}}$$

$$T_{inj} = \frac{64370}{800} + \frac{30800}{800} + \frac{5000}{700} = 126,10 \text{ min}$$

$$T_{inj} = 126,10 \text{ min (Soit 2 heures et 6 min)}$$

6-3-8-Calcul De Volume de Chasse :

C'est le volume intérieur de casing compris entre la tête de cimentation et l'anneau

$$V_{ch} = V_1 + V_2$$

$$V_1 = \text{volume intérieur de casing } 13 \frac{3}{8}, 54,5\#, \text{ k-55 } (V_{int} = 80,63 \text{ l/m})$$

$$V_2 = \text{volume intérieur de casing } 13 \frac{3}{8}, 68\#, \text{ N-80 } (V_{int} = 78,08 \text{ l/m})$$

$$V_1 = (H_{tête} + L_{CSG \ 54,5\#}) \times V_{int}$$

$$V_1 = (2,5 + 1144) \times 80,63$$

$$V_1 = 92,44 \text{ m}^3$$

$$V_2 = L_{CSG \ 68\#} \times V_{int}$$

$$V_2 = L_{CSG \ 68\#} \times V_{int}$$

$$V_2 = 1145 \times 78,08$$

$$V_2 = 89,40 \text{ m}^3$$

$$V_{ch} = V_1 + V_2 = 92,44 + 89,40 = 181,84 \text{ m}^3$$

$$V_{ch} = 181,84 \text{ m}^3$$

6-4-Calcul Des Temps :**6-4-1-calcul du temps de chasse :**

$$T_{ch} = \frac{V_{ch}}{Q_{ch}}$$

$$T_{ch} = \frac{181410}{1000} = 181,41 \text{ min}$$

$$T_{ch} = 181,41 \text{ min}$$

6-4-2-Calcul de durée de Cimentation :

$$D_C = T_{inj} + T_{ch}$$

$$D_C = 126,10 + 181,41 = 307,51 \text{ min}$$

$$D_C = 126,10 + 181,41 = 307,51 \text{ min}$$

$$D_C = 307,51 \text{ min (Soit 5 heures et 8 min)}$$

6-4-3-Calcul de durée de l'opération :

Tableau 15 : temp de l'opération

Taches	Vol (m ³)	Débit (l/min)	Temps (min)
Montage de ligne			35
Teste de ligne a 3000 psi			15
Pompage de chemical Wash	10		10
Pompage de brine	3		3
Largage de bouchon inférieur			5
Mixage et pompage de laitier de tête	64,37	800	81
Mixage et pompage de laitier de queue	30,80	800	39
Mixage et pompage de laitier de sabot	5,00	700	8
Largage de bouchon supérieur			5
Chasse avec l'eau	1	1000	1
Chasse avec la boue	181,84	1000	182

Durée de l'opération : 6 heures 24 min

Tableau 16 : Calcul De Cimentation :

THEME	LES ECUATION	RESULTAT
Calcul De Débit Maximum	$Q_{\max} = Q_{\text{forage}} \frac{V_{\text{trou-tubage}}}{V_{\text{trou-DC}}}$	$Q_{\max} = 1268,61/m$
Calcul du temps minimum	$T_{\min} = \frac{V_{\text{tube}} \cdot 60}{Q_{\max}}$	$T_{\min} = 51.53s$
Calcul du volume de boue a circuler	$V_{\text{cir}} = V_{\text{entrefere}} + V_{\text{decouvert}}$	$V_{\text{cir}} = 104,2 \text{ m}^3$
volume de boue a circuler au sabot	$V_{\text{cir au sabot}} = H_s \cdot V_{\text{int.}}$	$V_{\text{cir au sabot}} = 38,10 \text{ m}^3$
Calcul de la pression de fracturation	$P_{\text{frac}} = \frac{Z_s \cdot d_{\text{frac}}}{10,2}$	$P_{\text{frac}} = 74.15 \text{ bars}$
volume de laitier de tête	$V_{\text{lt}} = V_{\text{lt c-c}} + V_{\text{lt c-t}}$	$V_{\text{lt}} = 64,37 \text{ m}^3$
volume de laitier de queue	$V_{\text{lq}} = V_{\text{uni c-t}} \times \text{hauteur} \times 1.15$	$V_{\text{lq}} = 30,80 \text{ m}^3$
volume de laitier de sabot	$V_{\text{ls}} = V_{\text{la-s}} + V_{\text{ls-f}} + V_{\text{lc-t}}$	$V_{\text{la-s}} = 1,87 \text{ m}^3$
-Le volume total de laitier	$V_{\text{l}} = V_{\text{lt}} + V_{\text{lq}} + V_{\text{ls}}$	$V_{\text{l}} = 100,17 \text{ m}^3$
Quantité de ciment pour le laitier de tête	1180,41 L → 1t 64370 L → Q _{ct}	$Q_{\text{ct}} = 54,53 \text{ t}$
Quantité de ciment pour le laitier de queue	765,34 L → 1t 30800 L → Q _{cq}	$Q_{\text{cq}} = 40,24 \text{ t}$
Quantité de ciment pour le laitier de sabot	688,87 L → 1t 5000 L → Q _{cs}	$Q_{\text{cs}} = 7,26 \text{ t}$
-La quantité de ciment totale	$Q_{\text{c}} = Q_{\text{cs}} + Q_{\text{cq}} + Q_{\text{ct}}$	$Q_{\text{c}} = 102,02 \text{ t}$

-Volume d'eau pour le laitier de queue	$424,17 L \longrightarrow 1t$ $V_{eq} \longrightarrow 40,24$ t	$V_{eq} = 17,07 m^3$
Volume d'eau pour le laitier de sabot	$347,20 L \longrightarrow 1t$ $V_{es} \longrightarrow 7,26t$	$V_e = 43,62 m^3$
Temps D'injection	$T_{inj} = \frac{V_l}{Q_{inj}}$	$T_{inj} = 126,10 \text{ min}$
Volume de Chasse	$V_{ch} = V_1 + V_2$	$V_{ch} = 181,84 m^3$
temps de chasse	$T_{ch} = \frac{V_{ch}}{Q_{ch}}$	$T_{ch} = 181,41 \text{ min}$
durée de Cimentation	$D_C = T_{inj} + T_{ch}$	$D_C = 307,51 \text{ min}$
Durée de l'opération	6 heures 24 min	

Conclusion

Conclusion :

De nouvelles recherches en cimentation de puits ont permis de redéfinir la performance du coulis de ciment et de mettre au point de nouveaux matériaux. En redéfinissant ces performances, on peut maintenant influencer l'architecture du puits, le coût et la viabilité de certains projets qui n'étaient pas sûrs de réussir avec l'emploi seul de ciment portland traditionnel.

Cette technologie basée sur l'optimisation des types, nombre et taille de particules dans ces nouveaux ciments est très versatile. Par exemple, des ciments plus légers et de bonne qualité d'isolation permettent de cimenter des réservoirs très déplétés ou d'effectuer des cimentations en un seul étage, des ciments denses très versatiles atteignent de très fortes résistances. Les ciments légers pour faibles températures prennent plus vite, et les ciments de réparation s'injectent plus facilement.

D'une manière générale avec le système LiteCRETE on peut avoir les avantages suivants :

- Elimination du DV, signifie éliminant une source importante pour des fuites dans la colonne, de ce fait réduisant la fréquence de workover.
- Les propriétés de laitier de ciment LiteCRETE fournissent un cycle de vie bon accru si comparé aux systèmes prolongés conventionnels.
- Avoir la bonne intégrité de liaison de la colonne et de ciment réduira au minimum l'échec, par conséquent réduisant au minimum les dommages environnementaux à l'eau souterraine.
- Chaque travail devrait être conçu à basé sur des données réelles de pression de réservoir pour éviter des problèmes de stabilité.

Sommaire

Introduction

Chapitre 1 : PRESENTATION DE LA ZONE

1-1-Situation Et Historique Du Champ Hassi Messaoud.....	01
1-2-Description Lithologique.....	01
1-3-But Du Sondage.....	06
1-4-Objectif Du Puits.....	06
1-5-Objectifs Opérationnels.....	06
1-6-Programme De Forage.....	07

Chapitre 2 : Description De La Phase 16"

2-1-Spécifications De La Phase 16".....	11
2-2-Objectifs De La Phase 16".....	12
2-3-BHA Utilisée.....	13
2-4-Performance De La Phase 16".....	14
2-5-Paramètres De Forage.....	14
2-6-Tete De Puits De La Phase 16".....	15

Chapitre 3 : Descente Et Cimentation De La Colonne 13 3/8

3-1- Préparation du Tubage.....	16
3-2- Caractéristiques Du Tubage Utilise.....	17
3-3-Composition De La Colonne.....	18
3-4- Descente De La Colonne.....	18
3-5- Opération De Cimentation.....	19
3-6-Controle De Cimentation.....	26
3-7-Preparation Des Matières.....	27
3-8-Preparation Du Matériel.....	27
3-9-Circulation Avant La Cimentation.....	28

Chapitre 4 : Déroutement De L'Opération

4-1-Préparation.....	29
4-2-Characteristiques Des Laitiers Et Spacers.....	29
4-3-Chasse De Laitier.....	31
4-4-Detail Des Opérations.....	32

Chapitre 5 : Le LiteCRETE

5-1-Historique.....	36
5-2-les problèmes lies à l'utilisation de la DV.....	37
5-3-La Technologie LiteCRETE.....	37
5-4-Description Du Litecrete.....	38
5-5-Characteristiques Techniques De CemCRETE.....	40
5-6-Characteristique Du Laitier LiteCRETE.....	43
5-7-Les Avantages.....	44
5-8-Système De Contrôle De Fraction L/S.....	44

Chapitre 6 : Calcul De Cimentation

6-1-Les Données De Puits.....	45
6-2-Calcul De Descente De Tubage.....	47
6-3-Calcul De Cimentation.....	48
6-4-Calcul Des Temps.....	54

Conclusion

Bibliographie