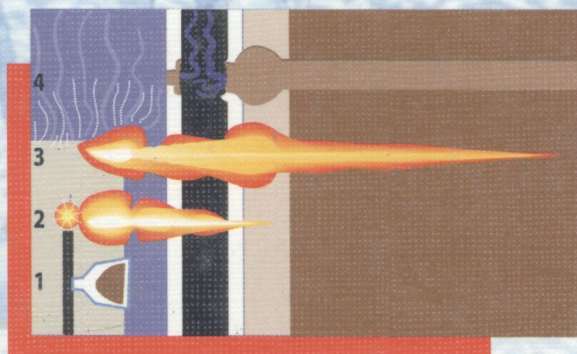
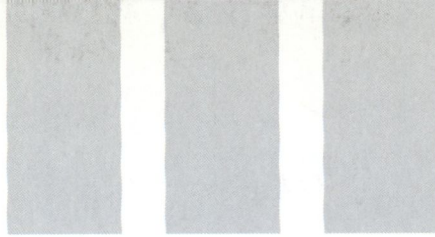


Dominique Veillon

La liaison couche-trou



Editions TECHNIP



Dominique VEILLON

Ancien Ingénieur Elf Aquitaine Production
Ancien Professeur à l'ENSPM (C. DEG)

LA LIAISON COUCHE-TROU

Centre
DÉVELOPPEMENT
ET EXPLOITATION
DES GISEMENTS

جامعة أمحمد بوقرة - بومرداس
Université M'hamed Bouguerra - Boumerdes

المكتبة الجامعية

رقم 550. 822 / VEI

جامعة أمحمد بوقرة - بومرداس
Université M'hamed Bouguerra - Boumerdes

المكتبة الجامعية

الرقم 0069461

2001

Editions

TECHNIP

27, rue Ginoux
75737 PARIS Cedex 15, France



TABLE DES MATIÈRES

Remerciements	V
Avertissement	VII

Chapitre 1 INTRODUCTION À LA LIAISON COUCHE-TROU

1.1 Définir et situer la complétion	1
1.1.1 Qu'est-ce que la complétion ?	1
1.1.2 Quand commence la complétion ?	3
1.1.3 Déroulement de la complétion	3
1.1.3.1 La liaison couche-trou	3
1.1.3.2 La liaison fond-surface	4
1.1.3.3 L'activation	4
1.1.3.4 Les interventions sur puits	4
1.2 Paramètres affectant la complétion	5
1.2.1 Paramètres liés au Forage	5
1.2.1.1 Diamètre du trou	5
1.2.1.2 Fluide de traversée de couche	5
1.2.1.3 Profil du puits	8
1.2.1.4 Réalisation effective du programme de forage	8
1.2.1.5 Environnement	9
1.2.2 Paramètres liés au Gisement	9
1.2.2.1 Pression statique de couche et son évolution	9
1.2.2.2 Interfaces d'effluents et leur évolution	11
1.2.2.3 Nombre de couches à exploiter	11
1.2.2.4 Nature des effluents	11
1.2.2.5 Caractéristiques des réservoirs	14
1.2.3 Paramètres liés à l'Exploitation	14
1.2.3.1 Phase d'éruption naturelle	14
1.2.3.2 Phase d'activation	16
1.2.4 Conclusion	18
1.3 Notions de géologie : minéraux et roches	18
1.3.1 Les minéraux. Définition	18
1.3.2 L'écorce terrestre. Composition chimique moyenne	18
1.3.3 Les minéraux essentiels	19

TABLE DES MATIÈRES

1.3.3.1	La silice	19
1.3.3.2	Les silicates	19
1.3.3.3	Les carbonates	22
1.3.3.4	Les évaporites	23
1.3.3.5	Autres minéraux	23
1.3.4	Les roches	24
1.3.4.1	Les roches éruptives	24
1.3.4.2	Les roches sédimentaires	25
1.3.4.3	Les roches métamorphiques	30
1.4	Relations utiles de réservoir et d'écoulement	31
1.4.1	Notions de base	31
1.4.1.1	Porosité	31
1.4.1.2	Saturation	31
1.4.1.3	Pression	33
1.4.1.4	Perméabilité	33
1.4.1.5	Mobilité	35
1.4.1.6	Mouillabilité	35
1.4.1.7	Index de productivité	36
1.4.1.8	Skin effect	37
1.4.1.9	Rendement de l'écoulement	41
1.4.1.10	Pertes de charge des liquides dans les conduites	42
1.4.1.11	Pertes de charge des liquides dans les duses	42
1.4.2	Intérêt des essais de puits	42

Chapitre 2 DIFFÉRENTS MODES DE COMPLÉTION

2.1	Impératifs essentiels	45
2.1.1	Bonne tenue des parois du trou	45
2.1.2	Sélectivité de l'effluent à produire	45
2.1.3	Pertes de charge minimum à l'écoulement	46
2.1.4	Contrôle permanent de l'effluent	46
2.1.4.1	Contrôle de la pression	46
2.1.4.2	Contrôle de l'agressivité	46
2.1.4.3	Contrôle de la toxicité	46
2.1.5	Autres impératifs	47
2.2	Principaux modes de liaison couche-trou	47
2.2.1	Complétion en trou ouvert	48
2.2.1.1	État du réservoir	48
2.2.1.2	Avantages	49
2.2.1.3	Inconvénients - Limitations	49
2.2.1.4	Domaine classique d'utilisation	49

TABLE DES MATIÈRES

2.2.2	Complétion en trou cuvelé	50
2.2.2.1	État du réservoir.....	50
2.2.2.2	Avantages	51
2.2.2.3	Inconvénients - Limitations	51
2.2.2.4	Domaine classique d'utilisation	51
2.2.3	Exploitation en complétion simple	51
2.2.3.1	Avec tubing suspendu	52
2.2.3.2	Avec tubing et packer	53
2.2.4	Exploitation en complétion multiple	55
2.2.4.1	Avec deux tubings parallèles et deux packers	56
2.2.4.2	Avec un tubing et un packer	58
2.2.5	Variantes d'exploitation	59
2.2.5.1	Complétion sélective alternée	59
2.2.5.2	Exploitation simultanée de plusieurs niveaux	61
2.2.5.3	Complétion sans tubing	62
2.2.6	Changement de mode de liaison couche-trou	63
2.2.6.1	Passage d'un trou ouvert à un cuvelage cimenté	63
2.2.6.2	Passage d'un cuvelage cimenté à un trou ouvert	64
2.2.7	Puits horizontaux	64
2.3	Choix du mode de complétion	66
2.4	Chronologie d'une complétion	71
2.4.1	Contrôle et conditionnement du trou	71
2.4.2	Repérage du réservoir et diagraphies	72
2.4.3	Restauration éventuelle de la cimentation	73
2.4.4	Équipement	73
2.4.5	Déménagement	73
2.4.6	Perforation	73
2.4.7	Essai de puits	74
2.4.8	Traitement éventuel.....	74
2.4.9	Mise en service - Suivi dans le temps - Évaluation.....	74
2.4.10	Interventions : entretien, reprise, abandon.....	74
2.5	Moyens nécessaires	75
2.5.1	Appareils de complétion, avec équipement et déséquipement	75
2.5.2	Unités d'intervention sur puits en pression, sans déséquipement.....	76
2.5.2.1	Les unités de snubbing	76
2.5.2.2	Les unités de coiled tubing	78
2.5.2.3	Les unités de travail au câble métallique	82
2.5.3	Unités de manœuvre sur puits non éruptifs	85
2.5.4	Moyens annexes	85
2.5.4.1	Opérations au câble électrique	86
2.5.4.2	Opérations d'essai de puits	86
2.5.4.3	Opérations de pompage	86

Chapitre 3 FLUIDES DE COMPLÉTION

3.1 Définition et utilisation	87
3.2 Caractéristiques requises	
3.2.1 Densité	87
3.2.1.1 Fonctions - Caractéristiques	88
3.2.1.2 Inconvénients - Limitations	88
3.2.1.3 Détermination de la densité	88
3.2.2 Viscosité	88
3.2.2.1 Fonctions - Caractéristiques	94
3.2.2.2 Inconvénients - Limitations	94
3.2.2.3 Viscosifiants utilisables (colloïdes organiques)	94
3.2.3 Propreté	94
3.2.3.1 Fonctions - Caractéristiques	96
3.2.3.2 Inconvénients - Limitations	96
3.2.4 Filtration au fond - Compatibilité	96
3.2.4.1 Fonctions - Caractéristiques	98
3.2.4.2 Inconvénients - Limitations	98
3.2.4.3 Réducteurs de filtrat utilisables	98
3.2.5 Corrosivité	98
3.2.5.1 Agents et facteurs de corrosion	99
3.2.5.2 Moyens de prévention	99
3.2.6 Écologie et sécurité	100
3.2.6.1 Écologie	101
3.2.6.2 Sécurité	101
3.2.7 Économie	101
3.3 Principaux fluides de complétion	102
3.3.1 Les mousses	103
3.3.1.1 Composition - Caractéristiques	104
3.3.1.2 Avantages	104
3.3.1.3 Inconvénients - Limitations	104
3.3.1.4 Applications	104
3.3.2 Fluides avec microsphères de verre	104
3.3.3 Fluides à base d'huile	104
3.3.3.1 L'huile brute et le gas oil	107
3.3.3.2 Les boues à l'huile	107
3.3.3.3 Les boues à émulsion inverse	107
3.3.3.4 Les boues à émulsion directe	108
3.3.4 Fluides à base d'eau	109
3.3.4.1 L'eau utilisée seule	109
3.3.4.2 Fluides à base d'eau sans solides	109
3.3.4.3 Fluides à base d'eau à teneur modérée en solides	110
3.3.4.4 Fluides à base d'eau à forte teneur en solides	111
	112

TABLE DES MATIÈRES

3.4 Les fluides de packer	114
3.4.1 Rôle	114
3.4.2 Caractéristiques - Choix	116
3.5 Critères de choix des fluides de complétion	117
3.5.1 En fonction de leur utilisation	117
3.5.2 En fonction de la formation	117
3.5.3 En fonction des fluides eux-mêmes	118
3.5.4 En fonction de la logistique et de la sécurité	118
3.5.5 En fonction du coût des fluides	118
3.6 Mise en œuvre	118
3.6.1 Point de cristallisation	119
3.6.2 Préparation - Filtration - Propreté	119
3.6.3 Mise en place	120
3.6.4 Récapitulation - Conseils pratiques	122

Chapitre 4 PERFORATION DES CUVELAGES

4.1 Principe de perforation par charges creuses	123
4.2 Supports des charges	125
4.2.1 Supports cylindriques creux	126
4.2.1.1 Avantages	126
4.2.1.2 Inconvénients	126
4.2.1.3 Exemples de supports	126
4.2.2 Supports sans protection extérieure	128
4.2.2.1 Avantages	129
4.2.2.2 Inconvénients	129
4.2.2.3 Exemples de supports	129
4.3 Paramètres relatifs aux perforations	129
4.3.1 Définitions	129
4.3.2 Caractéristiques géométriques des perforations. Règles API	132
4.3.3 Effets des paramètres dus aux charges	134
4.3.3.1 Pénétration et densité de tir	134
4.3.3.2 Diamètre d'entrée	134
4.3.3.3 Écartement - Angle de tir	139
4.3.3.4 Densité de tir et fragilisation	141
4.3.4 Effets dus aux formations et aux puits	141
4.3.4.1 Profondeur d'endommagement des couches	141
4.3.4.2 Caractéristiques des formations	142

TABLE DES MATIÈRES

4.3.4.3	Présence d'interface(s)	142
4.3.4.4	Détérioration du cuvelage	145
4.3.4.5	Conditions de perforation	145
4.3.5	Observations. Perforations effectivement ouvertes	147
4.4	Techniques de tir	147
4.4.1	Perforation au câble et en surpression avant équipement	148
4.4.1.1	Principe	148
4.4.1.2	Avantages	148
4.4.1.3	Inconvénients	148
4.4.2	Perforation au câble et en dépression après équipement	150
4.4.2.1	Principe	151
4.4.2.2	Avantages	151
4.4.2.3	Inconvénients	151
4.4.3	Perforation en dépression avec équipement (TCP)	151
4.4.3.1	Principe	154
4.4.3.2	Matériels spécifiques	154
4.4.3.3	Avantages	156
4.4.3.4	Inconvénients - Limitations	157
4.4.4	Autres techniques de tir	161
4.5	Stratégie de perforation	162
4.6	Aspects opérationnels	162
4.6.1	Sécurité	168
4.6.1.1	Explosifs et limites d'utilisation	168
4.6.1.2	Dispositions pratiques	169
4.6.2	Calage en profondeur des perforations	171
4.6.2.1	Perforation au câble électrique	175
4.6.2.2	Perforation par TCP	175
4.6.3	Nettoyage des perforations	176
4.6.3.1	Dégorgement	179
4.6.3.2	Back surging	179
4.6.3.3	Lavage en circulation forcée	180
4.6.3.4	Acidification	181
4.6.3.5	Évaluation du résultat - Remarques	184
4.7	Dispositifs spéciaux	184
4.7.1	Perforations dans un même plan	185
4.7.2	Perforations pour établir une communication	185
4.7.3	Canon à balles	186
4.7.4	Coupe-tubes	186
4.7.5	Perforations radioactives	186
4.7.6	Perforations orientées	187
4.8	Autres procédés de perforation ou assimilés	187
4.8.1	Perforateur hydraulique	187
		190

4.8.2 Fraisage mécanique	190
4.8.3 Divers	192

Chapitre 5

RESTAURATION DES CIMENTATIONS

5.1 Introduction	193
5.2 Cimentations primaires : Buts - Problèmes rencontrés - Conséquences	197
5.2.1 Buts	197
5.2.2 Problèmes rencontrés	198
5.2.2.1 Difficultés dues aux puits à cimenter	199
5.2.2.2 Défauts opérationnels	200
5.2.3 Conséquences	200
5.3 Contrôle des cimentations	202
5.3.1 Remarques préliminaires	202
5.3.2 Les indices	202
5.3.3 Contrôle direct par essais de pression	203
5.3.4 Contrôle indirect par diagraphies	205
5.3.4.1 Diagraphie de température : la thermométrie	205
5.3.4.2 Diagraphies acoustiques	206
5.4 Restauration proprement dite des cimentations	235
5.4.1 Point fondamental	235
5.4.2 Élaboration d'une esquisse de ciment	237
5.4.2.1 Synthèse des données	237
5.4.2.2 Choix de la technique opérationnelle	238
5.4.2.3 Choix et définition du laitier de ciment	240
5.4.2.4 Pression de pompage	249
5.4.2.5 Matériel utilisé	251
5.4.3 Méthodes opératoires	256
5.4.3.1 Aux tiges seules	256
5.4.3.2 Aux tiges et packer avec extension longue	258
5.4.3.3 Aux tiges et packer avec extension courte	260
5.4.3.4 Aux tiges et ciment retainer en squeeze	263
5.4.3.5 Aux tiges et ciment retainer en circulation	264
5.4.3.6 Au coiled tubing	268
5.4.4 Contrôle des résultats	269
5.4.5 Analyse d'un exemple de restauration	269
5.4.5.1 État du puits	269

D. Veillon

La liaison couche-trou

À la fois théorique et pratique, cet ouvrage présente une large synthèse de l'état des connaissances actuelles relatives à la liaison couche-trou.

Outre des notions liminaires de réservoir et de géologie, il examine successivement les différents modes de liaison couche-trou, les fluides de complétion, la perforation des cuvelages, le contrôle et la restauration des cimentations, le traitement de matrice, le traitement profond par fracturation hydraulique, le contrôle des venues de sable, ainsi que diverses méthodes annexes de traitement des couches.

Destiné à un lectorat dépassant le cadre des spécialistes, cet ouvrage intéressera en particulier les ingénieurs et techniciens de *reservoir engineering*, forage, complétion, exploitation et projets, et tous ceux qui, au cours de leur carrière, seront amenés à aborder ces métiers.

Dominique Veillon, diplômé EHEI et École du pétrole et des moteurs, a été ingénieur Elf-Aquitaine Production et professeur à l'École du pétrole et des moteurs.



9 782710 807735

ISSN 0768-147X
ISBN 2-7108-0773-4

couverture **Kolette**