

N° Série:/2014

Université Kasdi Merbah Ouargla



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

Département de forage et mécanique des chantiers pétroliers

MEMOIRE

Pour obtenir le Diplôme de Master

Option: Forage

Présenté Par :

ALILICHE Tarik, KIRAT Abdelaali

-THEME-

***Choix d'un train de tige pour réaliser
un forage horizontal à HMD
Etude d'un cas puits : OMJZ 201***

Soutenu le : / / 2014 devant la commission d'examen

Jury:

Président:	ZIARI SABER	M /A	Univ. Ouargla
Rapporteur:	ABIDI AISSA	M /A	Univ. Ouargla
Examineurs :	ALIZERROUKI AHMED	Docteur	Univ. Ouargla

REMERCIEMENTS

Nous remercions dieu tout puissant qui nous a donné le courage et la volonté et de nous avoir bénie jusqu'à la réalisation de ce travail.

On remercie vivement les membres de jury qui nous honore en jugeant notre rapport de fin d'étude.

*Nous tenons aussi à remercier chaleureusement notre enseignant
M^r AISSA ABIDI mines de savoir et d'expérience, pour ses grands soutiens au travail.*

Nous n'oublierons pas de remercier tous les enseignants du département de FORAGE et GEOLOGIE, pour les efforts qu'ils ont fournis durant notre cursus afin de nous amener jusqu'au bout de la formation.

Enfin, grands merci à nos familles respectives et nos amis qui nous ont aidés.

Nous profitant de l'occasion pour remercier tous ceux qui ont collaboré de près ou de loin à la réalisation de ce rapport.

TARIK ALILICHE

& ABDELAALI KIRAT



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

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

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

Mes dédicaces s'adressent également à mes chers frères et sœurs et à tous les membres de la famille KIRAT.

Une spéciale dédicace à ma chère future femme :

M K

Aussi, je dédie ce travail à tous mes chers amis sur tout:

*FARÈS YOUSOUF SOUFIANE MEHDI NASREDDINE et
YASSINE*

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

ALILICHE TARIK.....

© Ladie Lynn

ABDELAAZ

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

*La mémoire de mes chers défuntés père et mère que Dieu ait ces âmes
et les accueille en Son Vaste Paradis.*

*Mes dédicaces s'adressent également à mes chers frères et sœurs et à tous
les membres de la famille ALILICHE.*

Une spéciale dédicace à ma chère fiancée : S K

Aussi, je dédie ce travail à tous mes chers amis sur tout:

DJOSEFE FARES DABDOUK NASREDDINE et YASSINE

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

ABDELAALI KIRAT.....

TARIK

Résumé

Le choix d'un train de tige pour réaliser un forage horizontal à HMD se fera en fonction du diamètre du puits, du poids à appliquer sur l'outil de la trajectoire. Il faut veiller à utiliser des garnitures de fond aussi courtes que possible afin de réduire le couple, la friction, les pertes de charge annulaires et les risques de rupture liés au travail de cette partie de la garniture en compression. Une transition doit être aménagée entre les tiges et la garniture de fond afin de minimiser les risques d'endommagements par fatigue.

مضمون هذا العمل سوف يكون لاختيار الادوات لتحقيق الحفر افقي، في حاسي مسعود الذي سيتم بتحقيق
يجب حرص علي استخدام منصات خلفية قصيرة قدر

الإمكان التقليل من عزم الدوران والاحتكاك وتحميل حلقيية الخسائر والمخاطر المتصلة بأعمال هذا
. يجب أن تجهز انتقال بين القضبان وتقليم أسفل بغية التقليل إلى أدنى حد من خطر الإصابة

Abstract

The choice of Bottom Hole Assembly for relies the horizontal drilling in HMD will be depending on the diameter of the well, and the weight on bit. We must be careful to use the BHA as short as possible to reduce the torque, friction, annular load losses and risks of rupture related to the work of this part of the stream in compression. A transition must be fitted between the pipes and the BHA in order to minimize the risk of damage by fatigue.

Table des Matières

Remercîment.....	I
Dédicace.....	II
Résumé.....	III
Liste des figures	IV
Liste des tableaux.....	XI
Liste Abréviations	XII
Introduction générale	1

Chapitre 1 : Situation du champ HMD

1. Généralité sur le champ de HMD	2
1.1. Géologie du site.....	2
2. Systèmes des coordonnées.....	2
3. Intérêt pétrolier	2
4. Localisation de puits OMJZ 201.....	3

Chapitre 2 : Généralité sur le forage horizontal

1. Le forage horizontal.....	4
2. Les objectifs du forage horizontal.....	4
3. Représentation de la trajectoire d'un forage horizontale	4
4. Les types des puits horizontaux	4
4.1 Les puits à moyen rayon (medium radius).....	4
4.2 Les puits à rayons court ou ultracourt (short radius).....	4
4.3 Les puits à rayons court ou ultracourt (short radius).....	5
5. Problèmes majeurs des puits horizontaux.....	5
6. Equipements spécifiques au forage horizontal à HMD.....	5
6.1 Moteurs de fond	5
6.1.1 Description	6
6.1.2 Principe.....	7
6.1.3 Caractéristiques	7
6.2 Masse tiges amagnétiques.....	9
6.2.1 Types de stabilisateurs	9
7. Equipements de mesure.....	10
7.1 Outils de mesures en temps différé	10
7.2 Outils de mesures en temps réel	10
7.2.1 Steering tools.....	10
7.2.2 MWD (Measurement WhileDrilling) et LWD (Logging While Drilling).....	11

Chapitre 3 : le choix de garniture de forage horizontal

Introduction.....	12
1. Les problèmes liés à la garniture de forage	12
2. L'objectif du choix de la garniture	12
2.1 Le choix des outils de forage	13

2.2 Le choix du moteur de fond.....	13
2.1.1 Le choix de l'outil MWD et de la tige amagnétique.....	14
2.2.1 La tige ou la masse tige amagnétique	14
2.2.2Le débit	14
2.2.3 Durée et température maximales anticipées du run	14
3 Puits horizontal.....	15
4. Le choix des tiges	15
4.1Le choix des diamètres intérieur et extérieur	15
4.2Profondeur maximale accessible avec un grade de tige donné	16
4.2.1 Cas des puits déviés	16
4.2.2Positionnement des coulisses	18
4.3Positionnement de la coulisse dans la section build up	19
4.4Positionnement de la coulisse dans la section horizontale.....	20
4.4.1Configuration avec 2 coulisse.....	20
4.4.2Configuration avec 1 seule coulisse.....	20
4.4.3Configuration sans coulisse	21
5. Positionnement des stabilisateurs	21
5.1Garniture de montée (Build-up assemblies).....	21
5.2Garniture de maintien de l'inclinaison (Packed-hole assemblies).....	21
6. Autres garnitures utilisées	24
6.1 Garnitures lisses (slick assemblies)	24

Etude de cas OMJZ 201(ENF29)

L'objectif.....	25
1 Données de puits	25
1.1Build up 12 ^{1/4}	25
1.2Build up 8 ^{1/2}	26
1.3Drain Horizontal 6	26
2. Calculs pour le choix de la garniture	26
2.1 La phase 12 ^{1/4}	26
2.1.1Moteur de fond	26
2.1.2L'outil MWD et la tige amagnétique	27
2.1.3Les masse-tiges	29
-1. Application.....	29
2.1.4Les tiges	29
-2. Application.....	30
-2.a. Calcul la contrainte de déflexion alternée.....	30
-2.b. calcul de La contrainte de compression	30
-2.c. Calcul le Dog Leg(DLS) max.....	31
-2.1.a. Calcul la contrainte de déflexion alternée.....	31
-2.1.b. La contrainte de compression	31
-2.1.c. Calcul le DLS max.....	32
-Remarque.....	32
-De KOP jusqu'à l'inclinaison 27,7 °	33
3. La phase 8 ^{3/8} (Build-up).....	33
3.1 Description de diagramme	35
4. La phase 6" (drain horizontal).....	35

5. Les frottements entre la garniture et la paroi du puits.....	36
5.1 Dans la partie vertical du puits	36
5.2 Dans la partie inclinée du puits en absence de flambage hélicoïdal.....	37
5.3 Dans la partie inclinée du puits en présence de flambage hélicoïdal.....	37
-1. Application.....	39
6. La Phase 12 ^{1/4}	39
-6.a La remontée.....	39
-6.b La descente.....	39
7. La Phase 8 ^{3/8}	40
-7.a La remontée.....	40
-7.b La descente.....	40
8. La phase 6" (drain).....	41
9. Cas de la garniture dans le puits OMJZ 201	41
9.1 La BHA de La Phase 12 ^{1/4}	41
9.1.1 Les paramètres de forages	42
9.2 La BHA de La Phase 8 ^{3/8}	42
9.2.1 Les paramètres de forages.....	43
9.3 La BHA de La phase 6" (drain)	43
10. Les paramètres des moteurs de fonds	44
10.1 La phase 12 ^{1/4} :(8" MOTOR SN° 5306 bent 1.5°, 4/5 lobe, 5.3 stg).....	44
10.2 La Phase 8 ^{3/8} :(HHD372 G8 SN° 7135869 WITH BIT BREAKER).....	44
10.3 La BHA de La phase 6" (drain) :(MOTOR A500M2310.5HS SN° 2942 bent 1.15°).....	45
11. conclusion et Recommandations	46
 Annexes.....	
 Bibliographie	

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : situation du champ de HMD	1
Figure II.1 : le résumé d'une trajectoire de puits horizontal	4
Figure II.2 : moteur de déplacement positif	7
Figure II.3 : configuration des moteurs de fond.	8
Figure II.4 : relation entre le torque et la vitesse de rotation des moteurs de fond.	8
Figure II.5 : stabilisateurs	9
Figure III.1 : profil de puits en J	16
Figure III.2 : multi garniture (build-up , maintien d'angle, drop-off)	23
Figure IV.1 : trajectoire prévisionnelle du puits OMJZ 201	25
Figure IV.2 : abaque de l'AKO du moteur de fond	27
Figure IV.3 : Carte et abaques pour la détermination des longueurs non-amagnétiques nécessaires	28
Figure IV.4 : critique de flambage	34
Figure IV.5 : représentation des forces sinusoïdales	36
Figure IV.6 : représentation des fores hélicoïdal	38

LISTE DES TABLEAU

Tab I.1. Localisation de puits OMJZ 201	2
Tab II.1. Les différents types des puits horizontaux	4
Tab IV.1. Les moments d'inertie des éléments de BHA	32
Tab IV .2 . BHA	41
Tab IV.3. BHA	42
Tab IV.4. BHA	42
Tab IV.5. BHA	43
Tab. IV.6. BHA	43
Tab IV.7. BHA	44
Tab IV.8. BHA	44
Tab IV.9. BHA	45

Liste Abbreviations

BHA: Bottom Hole Assembly

PDM: Positive Displacement Motor

KOP: Kick-Off Point

TVD: True Vertical Depth

TD: Terminal Depth

TMD: Total Measured Depth

PDC: Polycrystalline Diamant compact

MWD: Measurement While Drilling

FG: Full Gage

ER EM MWD: Extended Range Electromagnetic Measurement While Drilling

LWD: Logging While Drilling

DC: Drill-Collar

DP: Drill-Pipe

HWDP: Heavy Weight Drill-Pipe

NMUG: Non Magnetic Inder Gage

NMFG: Non Magnetic Full Gage

NMDC: Non-Magnetic Drill-Collar

EMSS: Electronic Single Shot

EMMS: Electronic Multisho

BHP: Bottom Hole Pressure

ROP: Rate Of Penetration

NPU: Nitrogen Production Unite

NGU: Nitrogen generation Unite

PPM: Pull Push Machine

WOB: Weight On Bit

DWOB: Down hole Weight On Bit

DTOR: Down hole Torque

MTF: Magnetic Tool Face

HSTF: High Side Tool Face

PWD: Pressure While Drilling

APWD: Annular Pressure While Drilling

LCM: Lost Circulating Material

NPT: No productive time

DD: Directional drilling

BUP: Build Up

BUR: Taux de build up

ECD: Equivalent circulating density

O: is the Reference Point for the Well

VS: vertical section

UTM: Universel Transverse Mercator

DLS: Dog Leg Signifie

Introduction générale

Introduction

Réussir le forage d'un puits pétrolier le plus rapidement possible et à moindre coût est devenu un défi continu pour les professionnels du secteur. Pour relever ce défi, un bon choix de la garniture de forage s'impose, notamment pour les puits à trajectoires fortement déviées.

Donc, il faut accorder le plus grand soin à la conception du train de sonde dès lors qu'il s'agit d'un puits horizontal. La composition des trains de sonde aujourd'hui diffère considérablement de celles d'hier. Il y a une nette tendance à la simplification et à l'allègement du train de sonde, afin de rendre les opérations de forage plus efficaces.

Les gradients de build up et les conditions locales de forage dictent le choix des équipements pour forer la section build up, et la section horizontale. Certains équipements sont standard, tels les masse-tiges, et les tiges de forage. D'autres sont spécifiques aux puits horizontaux tels les moteurs de fond, les outils MWD.

L'objectif de ce travail est de choisir les meilleures compositions des garnitures pour la réalisation des opérations de forage dans le puits OMJZ 201 et , commençant par la phase 12¼ au sommet de KOP(kick off point) , puis le forage d'une partie de build up , passe par les deux autres phase de 8''3/8 jusqu'au notre drain 6'' , Ces garniture doivent être capables de résister toutes les forces de frottement, de flambage, de tension... aux quelles peuvent être rencontrées pendant leurs travaux dans le puits.

L'étude présentée dans ce mémoire a été découpée en quatre chapitres. Le premier comporte quelques pages sur la généralité sur le champ de Hassi Messaoud, et la description de notre puits qu'on va étudier.

Le second donne des généralités sur le forage pétrolier horizontal avec ces équipements standard et spécifiques.

Le troisième chapitre pour la représentation des différentes compositions de la garniture qu'on peut les utilisées pour l'achèvement des travaux liés aux puits pétroliers.

Le quatrième chapitre est consacré aux formulations théoriques utilisées pour le choix de la garniture de forage.

Dans le dernier chapitre nous nous intéressons aux choix et calculs des garnitures de forage pour l'achèvement des travaux du puits OMJZ 201 dans les meilleures conditions économiques et techniques.

Chapitre 1

Situation de champ HMD

1. Généralité sur le champ de HMD

1.1 Géologie du site

Le champ pétrolifère de Hassi Messaoud est localisé sur la carte géographique d'Algérie en coordonnées Lambert par :

X= [790,000 --- 840,000] Est

Y= [110,000 ---150,000] Nord

Il s'étend sur 2200km².

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

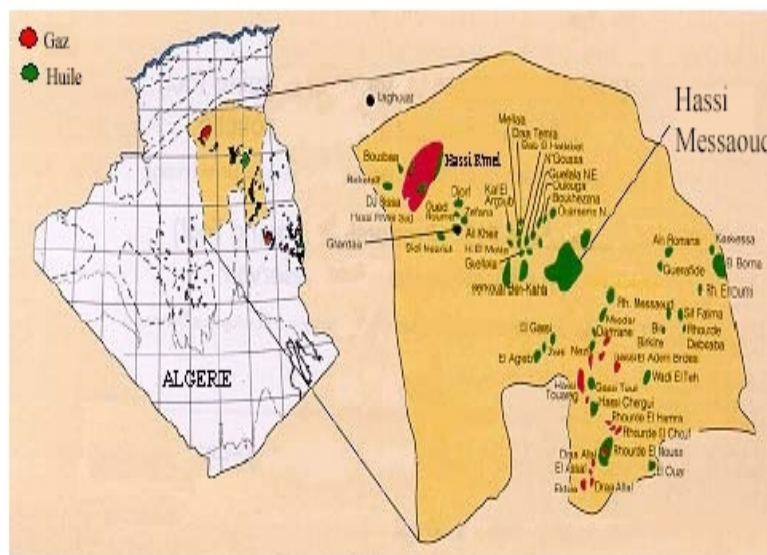


Figure I.1 : situation du champ de HMD

2. Systèmes de coordonnées

- Le système UTM (Universel Transverse Mercator)
- Le système Lambert
- Les coordonnées polaires

3. Intérêt pétrolier

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

Le réservoir est lié au grès-quartzétiques du Cambrien, l'horizon le plus productif est lié aux lithozones Ra et RI dont les qualités pétrophysiques sont assez bonnes. La

couverture est assurée par une épaisse et étanche assise argilo-salifère du Trias. Le champ de Hassi-Messaoud est considéré comme une mosaïque de gisement, délimitée par les barrières de perméabilité.

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

4. Localisation de puits OMJZ 201 :

Le puits OMJZ 201 horizontal est situé dans le secteur occidental du secteur d'OMJ du champ de Hassi Messaoud entre les puits OMJZ 203, OMJZ 302, OMJZ 21 et OMNZ 271 dans la zone 31 de gisement de Hassi Messaoud.

L'objectif de ce puits c'est l'évaluation de la production potentielle dans le réservoir cambrien Ra(D4basaly) [14].

Nom du puits	OMJZ 201
Champs	HASSI MESSAOUD
Bloc	OMJ
Classification	Development
Localisation de surface	UTM: x=768702,93y= 3501389,05m LSA: x =801948,6m / Y=140077,91 Latitude N 31 °48 '64,26 '' Longitude E 05° 53' 17,41'' Référence d'UTM Zone 31 en Nord Sahara.
Elévations	Z sol: 142.5.0 m Z table: 152.0 m
Profondeur	(MD)= 3469m / (TVD)= 4176m

Tab I.1 Localisation de puits OMJZ 201

Chapitre 2

Généralité sur le forage horizontal

1. Le forage horizontal :

On appelle puits horizontal un puits qui se termine par un drain foré à une inclinaison située aux environs de 90 degrés, c'est à dire comprise entre 80 et 100 degrés ou plus. Le forage horizontal est un exercice beaucoup plus coûteux et complexe que les forages conventionnels... En général, les statistiques montrent qu'il est nécessaire de majorer le budget d'un puits vertical de 30 à 40 %, pour obtenir le budget d'un puits horizontal. Alors, dans quelles occasions doit-on considérer le dopage d'un puits horizontal ? [05].

2. Les objectifs du forage horizontal :

- Le forage horizontal permet le développement de champs qui n'auraient pu être exploités commercialement autrement.
- Dans beaucoup de réservoirs, le forage horizontal permet d'augmenter la production mais aussi d'améliorer le taux de récupération, ceci par un meilleur drainage et en retardant l'arrivée d'eau.
- Limiter le nombre des puits forés sur un champ

3. Présentation de la trajectoire D'un Forage Horizontal :

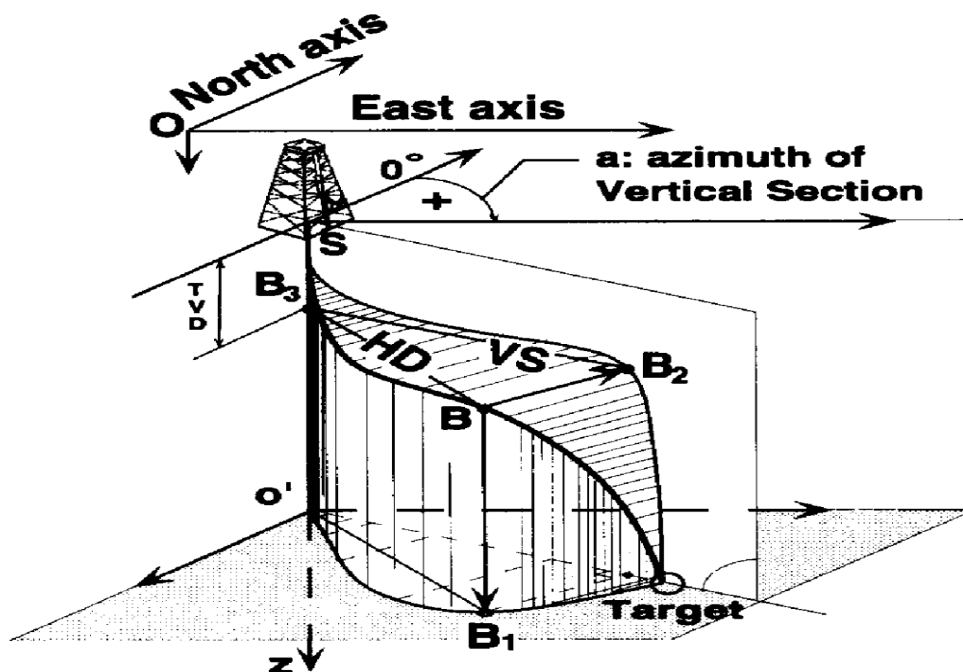


Figure II.1 : le résumé d'une trajectoire de puits horizontal. [06]

4. Les types des puits horizontaux :

Les types des puits horizontaux	La distance	Le gradient
Les puits à long rayon (long radius)	200 mètres	(gradients < 3 deg/10m)
Les puits à moyen rayon (medium radius)	80 et 200 mètres	(3 < deg/10m < 7)
Les puits à rayons court ou ultracourt (short radius)	300 mètres	des rayons de courbure pouvant atteindre 5 à 6 mètres

Tab II.1 les différents types des puits horizontaux

Le tableau suivant montre les différents types des puits horizontaux :

5. Problèmes majeurs des puits horizontaux :

- Le premier problème majeur caractérisant les puits Horizontaux est bien leur coût de revient qui demeure très élevé (moyenne de 7.000.000 \$).
- L'endommagement du réservoir par la boue de forage, avec un skin qui est très important.
- La difficulté d'atteindre les objectifs géologiques prévisionnels.
- Un autre problème dû à la complétion « open hole » est l'éboulement des parois, et l'accumulation des sédiments pendant la production.
- Difficultés de descendre des liners crépines (drain trop lent)
- Difficultés de descendre des ECP (Isolations des venues de gaz ou d'eau)
- Les pertes de boue des puits fores en over-balance sont très considérables [09].

6. Equipements spécifiques du forage horizontal à HMD :

6.1 Moteurs de fond :

. Les moteurs de fond aussi appelés moteurs à déplacements positifs sont devenus les outils sans lesquels le forage dirigé n'aurait pu évoluer aussi rapidement dans ces dernières années. Ils sont plutôt destinés à la déviation pour la construction de "Build up" ou pour des corrections en cours de forages déviés.

Avec l'apparition des outils PDC ils sont utilisés avec succès en forages droits et parties droites des forages déviés [05] .

6.1.1 Description :

Les principaux éléments constituant d'un moteur de fond PDM sont les suivants

- **Un étage moteur :**

Différentes variantes permettent d'obtenir des vitesses et des puissances différentes. L'augmentation du nombre d'étages permet d'accroître la perte de charge totale admissible par le moteur donc le couple et la puissance de sortie. Il est difficile de dépasser 100 hp de puissance, car le joint universel ne permet pas de supporter des efforts trop importants.

- **Un étage de roulements :**

Il est constitué de roulements axiaux et radiaux qui supportent l'arbre de transmission et transfèrent les efforts de manière à ce que l'étage moteur ne soit pas sous contrainte. Ces roulements sont lubrifiés, soit par le fluide de forage lui-même, soit en étant enfermés dans des logements étanches remplis d'huile.

Plus que l'étage moteur, c'est l'étage "sensible" duquel dépend la durée de vie du moteur.

- **Un joint universel (cardan) :**

Le rotor et l'arbre de transmission sont reliés par un joint de cardan, nécessaire pour transformer le mouvement excentrique du rotor en un mouvement concentrique.

- **Un arbre d'entraînement :**

L'arbre d'entraînement apparaît à la partie inférieure du corps du moteur et permet le vissage de l'outil de forage.

- **Une valve de détournement (by-pass) :**

Les PDM sont protégés par une valve de détournement (by-pass) installée à la partie supérieure du corps. Cette valve fonctionne par pression différentielle et permet le détournement du fluide lorsque le moteur ne tourne pas (Il faut se souvenir que l'étage moteur est étanche lorsque le rotor ne tourne pas). Cette valve a plusieurs rôles:

- Elle permet le remplissage du train de tiges en cours de descente et son vidage en cours de remontée.

-Elle permet d'amortir le démarrage de la rotation.

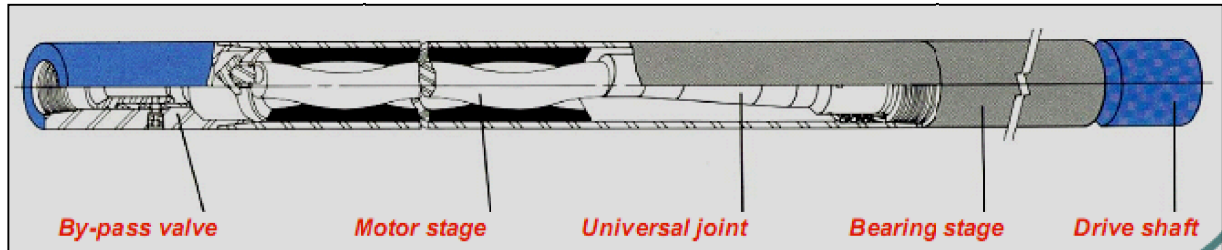


Figure II.2 : moteur de déplacement positif [03]

6.1.2 Principe :

Les éléments clés d'un moteur de fond sont le rotor et le stator:

- rotor: pièce hélicoïdale (hélice externe en queue de cochon) fabriquée en acier inoxydable,
- stator: **élastomère** moulé en forme d'hélice interne, avec une spire supplémentaire par rapport au rotor

Le rotor et le stator correspondent étroitement et engendrent des cavités étanches les unes des autres. Quand le fluide de forage est pompé à travers le moteur, une montée de pression apparaît entraînant la rotation du stator et permettant le passage du fluide dans la cavité voisine. Le fluide progresse alors de cavité en cavité entraînant ainsi une rotation régulière du rotor [07].

La vitesse de rotation est proportionnelle au débit à travers le moteur.

6.1.3 Caractéristiques :

Ces moteurs sont caractérisés par trois paramètres principaux :

- **Le nombre de lobes :**

Le plus courant est 1/2 lobes, c'est à dire 1 lobe pour le rotor et 2 lobes pour le stator. Des multi lobes sont aussi employés (3/4, 5/6 et même 9/10).

En augmentant le nombre de lobes, on obtient :

- un couple plus élevé
- une vitesse de rotation plus faible
- une diminution **de l'efficacité**

-une diminution de la durée de vie [07]

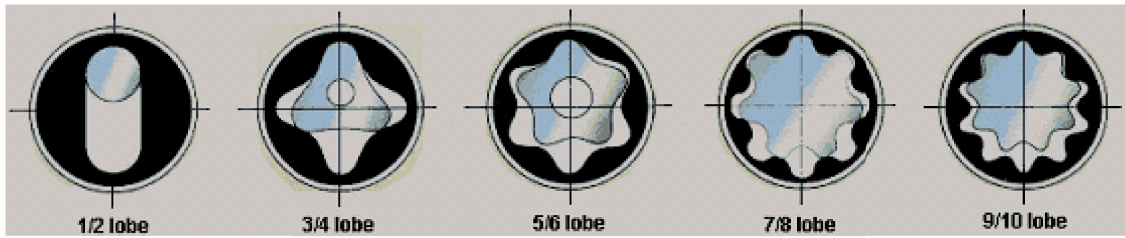


Figure II.3 : configuration des moteurs de fond [01]

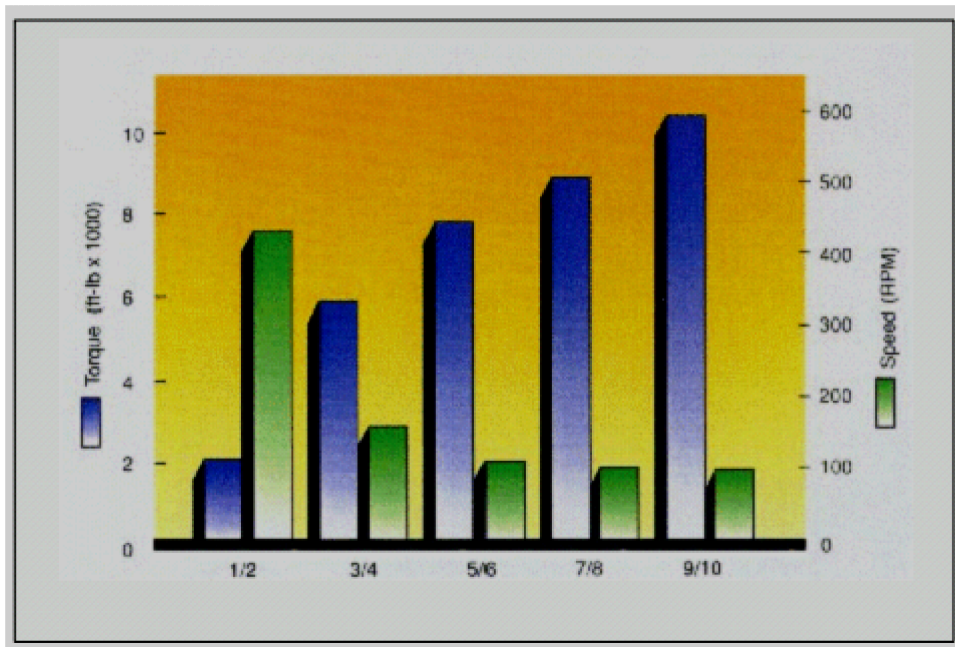


Figure II.4 : relation entre le torque et la vitesse de rotation des moteurs de fond [01]

6.2 Masse tiges amagnétiques :

Les masse-tiges amagnétiques sont les éléments les plus utilisés pour éliminer les perturbations du champ magnétique dues à la présence train de tiges. Elles sont trois à quatre fois plus chères que les masse-tiges en acier standard [05] .

6.2.1 Types de stabilisateurs :

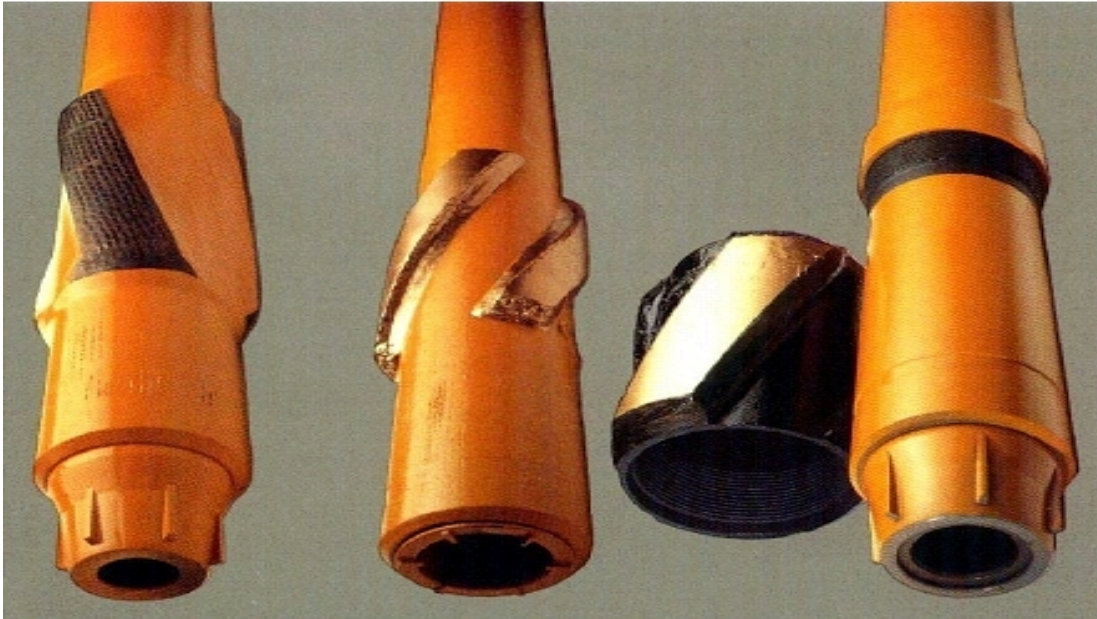


Figure II.5 : stabilisateurs [07]

a. Stabilisateurs à lames soudées :

Les lames (en général au nombre de trois) sont soudées

Sur le corps.

b. Stabilisateurs à lames intégrales :

Les stabilisateurs dits à lames intégrales sont, soit forgés, soit usinés dans un bloc d'acier. Les lames sont larges et "spiralées" autour du corps

c. Stabilisateurs à chemise :

Les stabilisateurs à chemises sont constitués d'un mandrin sur lequel vient s'installer une chemise portant des lames.

Il existe deux types différents de ce Stabilisateur, dépend de leur mode de montage de leur chemise:

d. Stabilisateurs à diamètre variable :

Des stabilisateurs à diamètres variables ont été développés dans les années 80 et sont également disponibles sur le marché.

7. Equipements de mesure :

7.1 Outils de mesures en temps différé :

Les outils de mesures en temps différé sont conçus pour effectuer une ou plusieurs mesures de l'inclinaison et de l'azimut du puits, les enregistrer et les conserver jusqu'à leur lecture après remontée de l'outil en surface [07].

On distingue les:

- Inclinomètres
- Single-shots magnétiques
- Multi-shots magnétiques
- Gyroscopes

7.2 Outils de mesures en temps réel :

Les outils de mesures en temps réel sont conçus pour effectuer une ou plusieurs mesures de l'inclinaison et de l'azimut du puits et les transmettre vers la surface. Les outils les plus sophistiqués ont de plus des capteurs permettant la mesure, la transmission et le stockage de paramètres d'évaluation des formations.

7.2.1 Steering tools

Les *Steering tools* mesurent l'inclinaison et l'azimut du puits (et donc le tool face) et transmettent l'information à travers un câble électrique. Associés à un système d'orientation ils transmettent une visualisation instantanée du tool face. Sont les seuls instruments fournissant une information permanente, permettant en particulier l'observation de l'effet du couple réactif sur le moteur et de l'évolution résultante du tool face.

7.2.2 MWD (Measurement While Drilling) ET LWD (Logging While Drilling):

Ils mesurent et transmettent l'inclinaison, l'azimut et le **tool face**, à l'aide de capteurs ultra sensibles, accéléromètres et des **magnétomètres**, leur conférant une précision inégalée par les instruments de mesure classiques.

Les paramètres mesurés sont transmis vers la surface après avoir été codés sous forme binaire. Deux systèmes de transmission sont utilisés:

- La transmission par impulsions à travers le fluide de forage ("mud pulses")
- La transmission électromagnétique.

Les composants d'un MWD sont:

- l'étage de mesure
- l'étage de télémétrie
- l'étage de puissance

Chapitre 3

Le choix de garniture horizontal

Introduction :

Aujourd'hui de plus en plus d'opérateurs utilisent seulement des tiges de forage de la surface jusqu'au fond sans aucun problème. Quelques HWDP sont incorporées au sommet de la coulisse de forage afin d'augmenter leur force d'impact.

Une garniture standard de forage horizontal moderne ressemble à ceci :

Outil - Moteur - Stabilisateur - MWD - NMDC - HWDP - Up Jar - 3 x HWDP - n DP - HWDP -Up/Down Jar - 3 x HWDP - DP jusqu'à la surface.

1. Les problèmes liés à la garniture de forage :

Lorsqu'une garniture fore d'une profondeur " d_0 " à une profondeur " d_1 ", plusieurs problèmes peuvent se présenter :

- L'érosion latérale, l'érosion hydraulique empêchent le trou de rester un cylindre parfait.
- la courbure du trou et par conséquent l'angle change sous l'effet de la BHA elle-même, des pendages, des failles.
- les différents types de coincement de la garniture de forage.
- certaines formations peuvent avoir une réponse rigide, élastique, plastique ou viscoplastique à l'effort induit par les contacts avec l'outil, les stabilisateurs ou les masse-tiges.
- les efforts internes à la formation, et ainsi sa réponse à l'attaque latérale ou frontale de l'outil varient constamment.
- des vibrations et des chocs sur les parois du trou apparaissent avec des amplitudes et des fréquences diverses.

Toutes ces influences sont difficiles à quantifier. Les raisons en sont :

- le manque de données précises,
- le manque de lois physiques applicables.

Mais une chose peut être connue parfaitement : la garniture elle-même [04].

2. L'objectif du choix de la garniture :

Le choix de la garniture de forage a pour but :

- La détermination des différents équipements tubulaires nécessaires aux opérations de forage qui peuvent supporter les différentes contraintes qui seront rencontrées sans risque de fatigue, d'endommagement, de rupture, de coincement

- L'obtention de la garniture la plus légère possible et le moins de surface de contact possible avec les parois du puits, pour minimiser à la fois le torque et les frottements.
- L'obtention d'une garniture capable de fournir la poussée nécessaire sur l'outil de forage [01].

2.1 Le choix des outils de forage :

Dans les forages de développement, les formations sont connues. Pour une formation donnée, plusieurs types d'outils qui sont capables d'assurer un bon service. Une étude comparative des performances des outils et des paramètres d'utilisation des outils (Mécaniques : le type et la forme de l'outil, le poids sur l'outil (WOB), la vitesse de rotation (RPM) et Hydrauliques : le débit, la pression, la nature de fluide de forage) effectués au cours des premiers puits permettra d'effectuer les autres forages de développement dans des conditions meilleures de rapidité et d'économie.

Dans le cas d'utilisation d'un moteur de fond, son prix de location est ajouté au prix de location de l'appareil pour calculer le coût de forage proprement dit et le coût des manœuvres est calculé sans introduire le prix de location du moteur.

2.2 Le choix du moteur de fond :

Lors du choix du moteur de fond on doit tenir en compte :

- Le diamètre de l'outil, le diamètre extérieur de la BHA.
- Le débit des pompes et la pression hydraulique : chaque moteur est caractérisé par un débit et une pression de fonctionnement déterminés par le constructeur.
- Le gradient de l'inclinaison de la trajectoire, pour la détermination de l'angle de déflexion du moteur.
- La température maximale du puits parce que le moteur est composé de certaines organes peuvent être endommagées par les hautes températures [01].

2.3 Le choix de l'outil MWD et de la tige amagnétique :

La rotation et le frottement de la garniture de forage sur les parois du puits créent un Champ magnétique orienté le long de l'axe de la garniture. Au sein d'un élément de la garniture fabriqué avec un acier ordinaire, la valeur de ce champ est supérieure à celle du champ terrestre. En forage dévié, il sera donc nécessaire d'incorporer dans la garniture une longueur suffisante de masses-tiges ou d'une tige amagnétiques de part et d'autre du point de mesure pour éviter les interférences entre les instruments de mesure (MWD) donnant l'azimut du puits et la garniture de fond.

L'outil MWD a système électromagnétique a l'avantage d'être indépendant du fluide de forage, donc de pouvoir transmettre à tout moment (même en l'absence de circulation), et d'être utilisable en forage à l'air ou à la mousse (forage underbalance). L'inconvénient de ce système est la profondeur opérationnelle qui est liée directement aux formations forées (en fait à leur résistivité) et peut de ce fait être limitée. A cause de cet inconvénient ce système n'est pas utilisé au champ de HMD (certaines formations sel massif).

L'alimentation de l'MWD choisi est celle des batteries parce que l'utilisation d'une génératrice (turbine) entraînée par le fluide de forage demande toujours la circulation pour la production du courant, et aussi le fonctionnement de la turbine peut être altéré par des bouchons de colmatant moyens et grossiers [01].

Le choix de l'outil MWD se base sur les critères suivants :

2.3.1 La tige ou la masse tige amagnétique :

S'assurer que OD et le filetage sont les mêmes que ceux de la BHA.

2.3.2 Le débit :

Pour les MWD équipés de turbine qui fournissent l'énergie, s'assurer que la génératrice est compatible avec la plage de débit du programme de forage.

2.3.3 Durée et température maximales anticipées du **run** :

S'assurer que la durée de vie des batteries ne soit pas un facteur limitant du run, auquel cas il faudra préférer un MWD à générateur de courant. De même si le MWD a déjà accumulé un grand nombre d'heures, il sera préférable de descendre une nouvelle unité.

Pour la température il faut s'assurer qu'elle ne dépassera pas le maximum recommandé de façon à ne pas endommager les composants électroniques.

3. Puits horizontal

Dans le cas du forage horizontal, l'obtention de la poussée à l'outil nécessite une redéfinition totale du problème. L'idée initiale est de relocaliser les masses-tiges dans une partie du puits où elles retrouveraient leur utilité primaire, à savoir utiliser les forces de gravité pour fournir un poids.

Pour la détermination du nombre des masse-tiges dans les puits horizontaux, on applique la formule suivante :

$$WOB = L_{DC} \cdot m_{DC} \cdot K \cdot 10^{-3} \cdot \cos i \dots (1) \quad k=d(b)-d(a) / d(a) \quad [02]$$

Avec i : inclinaison du puits exprimée en ($^{\circ}$)

On prenant une marge de sécurité S :

$$L_{DC} = \frac{WOB \cdot 10^3}{\left(\frac{100-S}{100}\right) \cdot K \cdot m_{DC} \cdot \cos i} \dots (2)$$

4. Le choix des tiges

Le choix des tiges se fera en fonction des considérations suivantes :

- Les pertes de charge à l'intérieur des tiges doivent avoir une valeur acceptable pour chaque phase de forage.
- Le diamètre extérieur des tools joints devra être compatible avec le diamètre nominal de la phase de forage.
- Le poids de la garniture doit être le plus faible possible.
- Le grade d'acier et le poids nominal devront être compatibles avec la résistance mécanique demandée à la garniture compte tenu des efforts combinés en cours de forage et également des efforts accidentels.
- On veillera à ne pas dépasser les limites d'utilisation des composants de la garniture (tension, torsion, pression d'écrasement, pression d'éclatement, flambage, déviation maximum, vitesse critique de rotation) pour minimiser les déformations, l'usure, la fatigue et les risques d'incident[05].

4.1 Le choix des diamètres intérieur et extérieur :

Le choix des diamètres des tiges de forage est conditionné par la formule suivante :

$$\frac{S_{tr} - S_{ext DP}}{S_{int DP}} = 3 \text{ à } 5 \quad \text{donc} \quad \frac{D_{tr}^2 - D_{ext DP}^2}{D_{int DP}^2} = 3 \text{ à } 5 \dots (3) \quad [02]$$

4.2 Profondeur maximale accessible avec un grade de tige donné :

4.2.1 Cas des puits déviés :

On limite en général la traction à 80 % de la traction maximale admissible T_{\max} . La traction sera donc :

$$T = 0,8 \cdot T_{\max} - R \dots (4) [02]$$

Où T , T_{\max} et R exprimés en $kdaN$

La valeur de la réserve de traction R doit être choisie en fonction du profil du puits à forer. Il faut tenir compte de la **trajectoire** (variation de l'inclinaison et de l'azimut), de la profondeur, de la nature de la boue, des risques de coincement, des frottements à la paroi du trou, etc. L'augmentation des frottements et du couple de rotation est principalement due à la friction sur les parois du trou. Il faut d'abord estimer la valeur de ces frottements pour déterminer la valeur de R (qui ne doit pas être prise inférieure à la valeur de ces frottements).

Dans le cas du puits dévié, le poids de la garniture dépend de l'inclinaison i qui :

- Est égale à 0 de la surface au point de kick off,
- Varie dans les phases de build up (et de drop off),
- Est constante dans les phases stabilisées (et égale à 0 sous la phase de drop off).

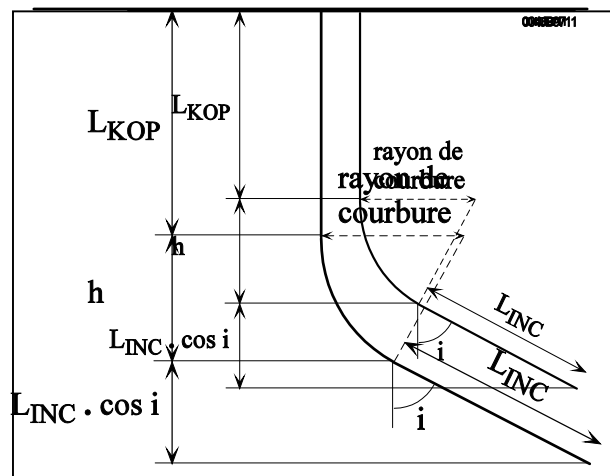


Figure III.1 : profil de puits en J

Dans le cas d'un profil de puits en **J** (comme la figure) et en considérant que les masses-tiges sont dans la partie rectiligne inclinée et qu'il n'y a pas de poids sur l'outil :

Dans la partie verticale au dessus du point de kick off, le poids de la garniture **P₁** est donné par :

$$\mathbf{P_1 = 0,981 \cdot 10^{-3} \cdot K \cdot L_{KOP} \cdot m_{DP} \dots \dots \dots (5)[02]}$$

P₁ : Poids de la garniture dans la boue se trouvant au dessus du point de kick off, en **kdaN**,

L_{KOP}: Longueur de tiges se trouvant au dessus du point de kick off, en **m**,

m_{DP}: Masse linéaire des tiges se trouvant au dessus du point de kick off, en **kg / m**,

k : Facteur de flottabilité.

Dans la partie de build up (et de drop off), le poids de la garniture **P₂** est donné par :

$$\mathbf{P_2 = 0,981 \cdot 10^{-3} \cdot K \cdot h \cdot m_{DP} \dots \dots \dots (6)[02]}$$

h : Hauteur (verticale) correspondant à la longueur du build up, en **m**.

Cette hauteur **h** est reliée à la longueur du build up **L_{BUP}** par :

$$\mathbf{h = 573 \cdot \frac{L_{BUP}}{i} \cdot \sin i} \quad \text{Ou :} \quad \mathbf{h = \frac{573}{BUR} \cdot \sin i \dots \dots \dots (7) [02]}$$

LBUP : Longueur de tiges se trouvant dans la zone de build up, en **m**,

BUR : Taux de build up, en ° / **10 m**,

i : Inclinaison du puits, en °.

Dans la partie inclinée rectiligne, le poids **P₃** est donné par :

$$\mathbf{P_3 = 0,981 \cdot 10^{-3} \cdot K \cdot (L_{INC} \cdot m_{DP} + L_{DC} \cdot m_{DC}) \cdot \cos i \dots \dots \dots (8) [05]}$$

L_{INC} : Longueur de tiges se trouvant dans la partie inclinée rectiligne du puits, en **m**,

L_{DC}: Longueur de masses-tiges, en **m**,

M_{DC} : Masse linéaire des masses-tiges se trouvant dans la partie inclinée rectiligne, en **kg/m**,

Le poids total **P** dans la boue de la garniture dans le puits est (**P₁ + P₂ + P₃**). La longueur maximum de tiges de grade donné est obtenue en écrivant que **T = P₁ + P₂ + P₃**. Nous avons :

$$P = 0,981 \cdot 10^{-3} \cdot K \cdot m_{DP} (L_{KOP} + h + L_{INC} \cdot \cos i + \frac{L_{DC} \cdot m_{DC}}{m_{DP}} \cdot \cos i) \dots\dots(9) \quad [02]$$

On posant : $H = L_{KOP} + h + L_{INC} \cdot \cos i$

Donc :

$$P = 0,981 \cdot 10^{-3} \cdot K \cdot (H \cdot m_{DP} + L_{DC} \cdot m_{DC} \cdot \cos i) \dots\dots(10) \quad [02]$$

H : Longueur des tiges de grade donné exprimée en **m**

$$H_{\max} = \frac{10^3 \cdot (0,8 \cdot T_{\max} - R)}{0,981 \cdot K \cdot m_{DP}} - \frac{L_{DC} \cdot m_{DC}}{m_{DP}} \cdot \cos i \dots\dots(11) \quad [02]$$

4.2.2 Positionnement des coulisses

Le placement des coulisses dans les puits horizontaux est un sujet très controversé. Il n'y a pas de solution universelle. Les conditions locales peuvent changer radicalement la "meilleure position" de la coulisse.

Le nombre (2 coulisses, une seule, pas de coulisse.. .) et la position des coulisses dépend des facteurs suivants :

- L'expérience locale : est l'élément majeur à considérer lors du choix du placement des coulisses. Dans une formation connue pour ses problèmes, il faut incorporer une coulisse. Par contre dans une zone réputée pour la stabilité de ses parois.
- Profil du puits : Certains profils sont plus enclins à des problèmes que d'autres. Les puits forés avec des gradients de build up élevés causent souvent des problèmes menant au coincement de la garniture. De même certains profils favorisent le développement de keyseats, obligeant à utiliser une coulisse.
- Type de coulisse disponible : Certains types de coulisses ne sont pas conçus pour travailler en compression. Comme la section horizontale entière du puits se fore avec un train de forage en compression, seule une coulisse conçue pour travailler normalement en compression peut être descendue. Dans les drains de petit diamètre où l'on utilise un système MWD à sonde récupérable, le diamètre **intérieur de la**

- coulisse peut ne pas permettre à la sonde de passer à travers. Si les seules coulisses disponibles sont de type standard (battage vers le haut et vers le bas), la coulisse ne peut pas être placée au-dessus de la BHA de navigation dans la section horizontale, à moins que le mécanisme de battage vers le bas ne soit désactivé. Autrement on risque d'endommager MWD, moteur et outil, lors du déclenchement accidentel de la coulisse vers le bas.
- Nettoyage du puits : Si on anticipe des problèmes de nettoyage de trou, il faut incorporer une coulisse.
- Géologie : Si la section build up ou horizontale traverse une formation avec des petits bancs intercalaires durs, il faut alors incorporer une coulisse, car il y a une forte probabilité pour que la BHA se coince ou bien pose sur ces bancs.

De plus si une section est forée avec un gradient de build up important dans une formation avec des inter-bancs, il y a une forte chance pour que la garniture de navigation stabilisée pour forer le drain horizontal se coince à la descente ou à la remontée.

En fin certaines formations sont enclines à se détériorer après un laps de temps, aboutissant à une instabilité des parois. Là encore il faut impérativement incorporer une coulisse.

- BHA : Si le programme de forage prévoit la descente d'une garniture de forage rotary, il faut mettre une coulisse pour palier au coincement possible du stabilisateur plein trou.

Les coulisses sont relativement peu chères, et elles procurent l'assurance du bon marché contre le risque de coincer des BHA coûteuses [07].

4.3 Positionnement de la coulisse dans la section build up :

Dans la section build up, il est recommandé de placer une coulisse de battage standard (vers le haut + vers le bas) aussi près possible de la BHA. De plus elle doit être située aussi près que possible et au-dessus des éléments de gros diamètre.

La coulisse ne doit jamais être placée au point neutre de tension/ compression. Une marge de sécurité de 25 % en compression ou en tension doit être appliquée [07].

4.4 Positionnement de la coulisse dans la section horizontale

4.4.1 Configuration avec 2 coulisses :

Dans les réservoirs ou les zones à risque de collage par pression différentielle, il faut considérer une configuration à deux coulisses.

La 1ère (bottom jar ou deep jar) doit être une coulisse pour battre vers le haut (up jar), placée près de la BHA directionnelle en vue de la dégager en cas de coincement.

La 2ème, située beaucoup plus haut, est une coulisse standard placée dans la partie inférieure de la section build up. Cette coulisse ne doit descendre au-dessous de 70° d'inclinaison. Une raison est qu'il ne faut pas avoir de HWDP au-delà de cette inclinaison car ces tiges ne constituent alors plus rien qu'une masse inutile (puisque la composante axiale de leur poids qui peut donc être transmise à l'outil est faible) qui augmente le torque & drag. Le rôle de cette coulisse est de remédier au coincement possible des tiges de forage dans la section horizontale.

Le tarage des coulisses doit être le suivant :

- 1ère coulisse : vers le haut seulement 20 T
- 2ème coulisse : vers le haut 40-45 T (standard)
vers le bas WOB max + 50 % sécurité.

La 2ème coulisse ne peut être incorporée dans la section build up que si le gradient de build up du puits est inférieur à la tolérance maximale en dog leg de la coulisse spécifiée par le fabricant. Autrement il en résulterait des dommages sévères pour le mandrin et les étanchéités de la coulisse [07].

4.4.2 Configuration avec une seule coulisse :

Si l'on n'anticipe pas de problème de collage par pression différentielle ou de nettoyage du puits, on peut se limiter à une seule coulisse. Elle peut être placée soit au-dessus de la BHA directionnelle, et dans ce cas elle doit être du type up jar, soit dans la partie inférieure du build up, et dans ce cas être de type standard et avec les mêmes restrictions qu'au paragraphe précédente [07].

4.4.3 Configuration sans coulisse :

Certains opérateurs préfèrent ne pas incorporer de coulisse dans leurs garnitures, et procéder à un back-off et repêcher le poisson avec une coulisse si nécessaire.

Cette pratique n'est pas recommandée [07].

5. Positionnement des stabilisateurs :

La position relative des deux premiers Stabilisateurs constitue le facteur critique déterminant le comportement de la garniture, qui peut être : descendante, stable, montante [07].

5.1 Garniture de montée (Build-up assemblies)

Une garniture de montée consiste en un stabilisateur installé au plus près de l'outil de forage (near-bit), agissant comme une rotule. Il en résulte une force latérale positive quand une poussée (poids) est appliquée à l'outil.

Cet effet n'existe pas ou reste trop limité tant que le puits n'a pas atteint une certaine inclinaison (10 à 12 degrés). Ceci expliquant pourquoi il est difficile sinon impossible de commencer un build-up en rotary. Les tendances normales des garnitures de montée:

- L'augmentation du poids augmente le gradient de montée (un effet inverse pouvant survenir si le poids est trop important).
- Le gradient de montée augmente avec l'inclinaison (une même garniture montera plus à 30 degrés qu'à 20 degrés)
- Un élément suivant le near-bit et possédant une rigidité réduite rapprochera le point de tangence et donc augmentera le gradient. C'est en particulier le cas de nombreux MWD.
- Un élément suivant le near-bit ayant un diamètre réduit et donc une rigidité inférieure (drill-collar sous dimensionné par rapport au diamètre "normal"), rapprochera le point de tangence et donc augmentera le gradient (garniture dite "**cracker** assembly") [07].

5.2 Garniture de maintien de l'inclinaison (Packed-hole assemblies)

L'inclinaison d'un puits peut être maintenue à l'aide d'une garniture dite "stabilisée" (packed-hole assembly), combinaison de plusieurs stabilisateurs et éléments tubulaires arrangés de manière à obtenir une résultante latérale nulle ou négligeable. La composition de base d'une telle garniture consiste en:

- Un stabilisateur near-bit (plein trou, rarement sous-dimensionné)
- Plusieurs stabilisateurs string (plein-trous ou sous-dimensionnés)

- Des éléments tubulaires (drill-collars, MWD, etc) les reliant de manière à obtenir un ensemble rigide, mais aussi suffisamment souple pour, par exemple, permettre de compenser une tendance à la chute.

La combinaison exacte nécessaire dépend étroitement des conditions locales:

- inclinaison du puits
- poids sur l'outil : la variation de poids reste limitée avec ce type de garniture.
- vitesse de rotation : l'augmentation de la vitesse augmente la rigidité apparente.
- type de formation : le comportement de la garniture dépend de la formation traversée. Ce problème doit être anticipé lorsque le forage de longues sections est prévu.

Plus que jamais, l'expérience locale est utile à la détermination de la bonne garniture.

Les garnitures les plus utilisées sont dites:

- "Trois points" un near-bit et deux stabilisateurs string : outil + near-bit FG + NMDC et MWD + NM String stab FG + NMDC (9m) + String stab FG + DC (9m) + DC...
- "quatre points" un near-bit et trois stabilisateurs string : Outil + Near-bit FG + DC court (2 à 3 m) + String stab FG + NMDC (9 m) et MWD + NM String stab FG + NMDC (9 m) + String stab FG + DC ...

Ou : outil + Near-bit FG + DC court (2 à 3 m) + String stab FG + NMDC (9 m) et MWD + NM String stab UG + NMDC (9 m) + String stab FG + DC ...

Des garnitures plus sophistiquées sont quelquefois utilisées, utilisant:

- deux stabilisateurs consécutifs (piggy back)
- des masse-tiges de gros diamètre et des drill-collar carrés

Une chute d'inclinaison est souvent difficile à réaliser ou à contrôler, en particulier aux faibles inclinaisons. Revenir à la verticale peut se révéler quasiment impossible avec une garniture rotary. Cette opération a peu de chance de réussir dans les formations dures. Ce devrait être évité dans la mesure du possible. L'effet de chute sera d'autant meilleur que la force pendulaire est forte, il faut donc repousser le point de tangence aussi loin que possible de l'outil [07].

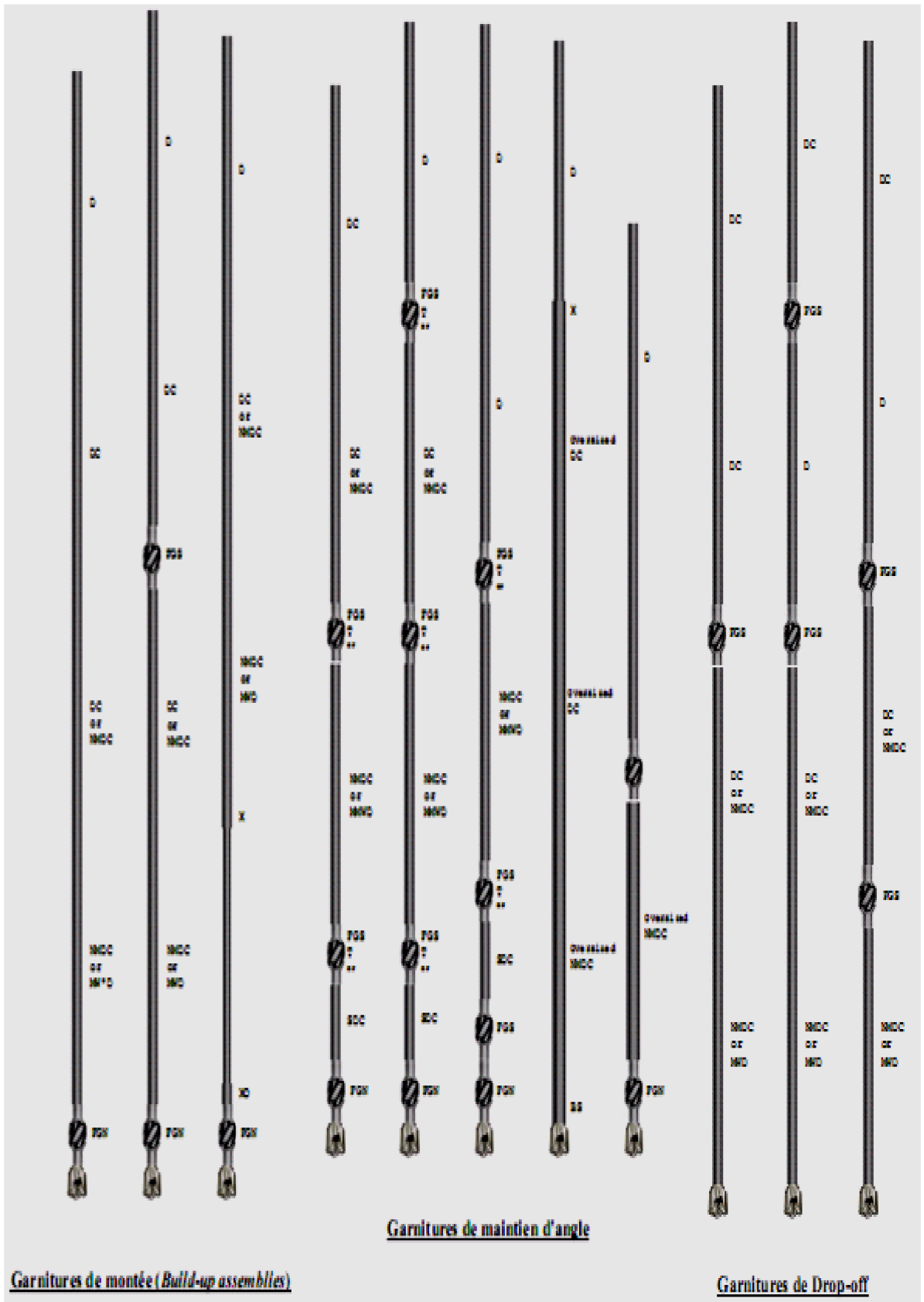


Figure III.2: multi garniture (build-up , maintien d'angle, drop-off) [08]

La garniture de chute la plus courante consiste à intercaler dans les masses-tiges un stabilisateur (string plein trou), à une distance de 15 à 20 mètres au dessus de l'outil.

Dans la plupart des cas, l'utilisation d'une garniture de chute provoque une forte déviation vers la droite. Si une garniture de chute ne produit pas l'effet escompté, diverses tentatives peuvent être faites pour améliorer le résultat:

- en diminuant le poids sur l'outil

- en diminuant la rotation

Les garnitures les plus utilisées sont les suivantes:

- Outil + NMDC (9 m) et MWD + NMDC (9 m) + Stab string FG + DC (9m) + String stab FG + DC ...
- Outil + NMDC (9 m) et MWD + NMDC (6 m) + Stab string FG + DC ...
- Outil + NMDC (9 m) et MWD + Stab string FG + NMDC (9 m) + Stab string FG + DC ...

6. Autres garnitures utilisées :

6.1 Garnitures lisses (slick assemblies) :

La plus simple des garnitures est dite "lisse" (Slick assembly). Elle consiste en:

- 1 outil + 1 NMDC et MWD + 1 DC (ou NMDC) + n DC + ...

L'application de la théorie pendulaire permet les considérations suivantes:

- Lorsque le train de tiges est suspendu (pas de poids sur l'outil), seule la force pendulaire est appliquée à l'outil. Elle tendrait à ramener le puits à la verticale.
- L'application d'un poids introduit une flexion et rapproche le point de tangence de l'outil, diminuant donc force pendulaire et créant une force axiale poussant l'outil. La résultante de ces forces est difficilement prévisible, dépendant à la fois du poids et de la rigidité des éléments inférieurs.

Une telle garniture peut difficilement être utilisée en forage dirigé [07].

Chapitre 4

Etude d'un cas puits OMJZ 201

L'objectif :

L'objectif est de déterminer les équipements tubulaires capables de supporter tous les efforts qui seront rencontrés durant les opérations,

Ceci sans rupture ou endommagement.

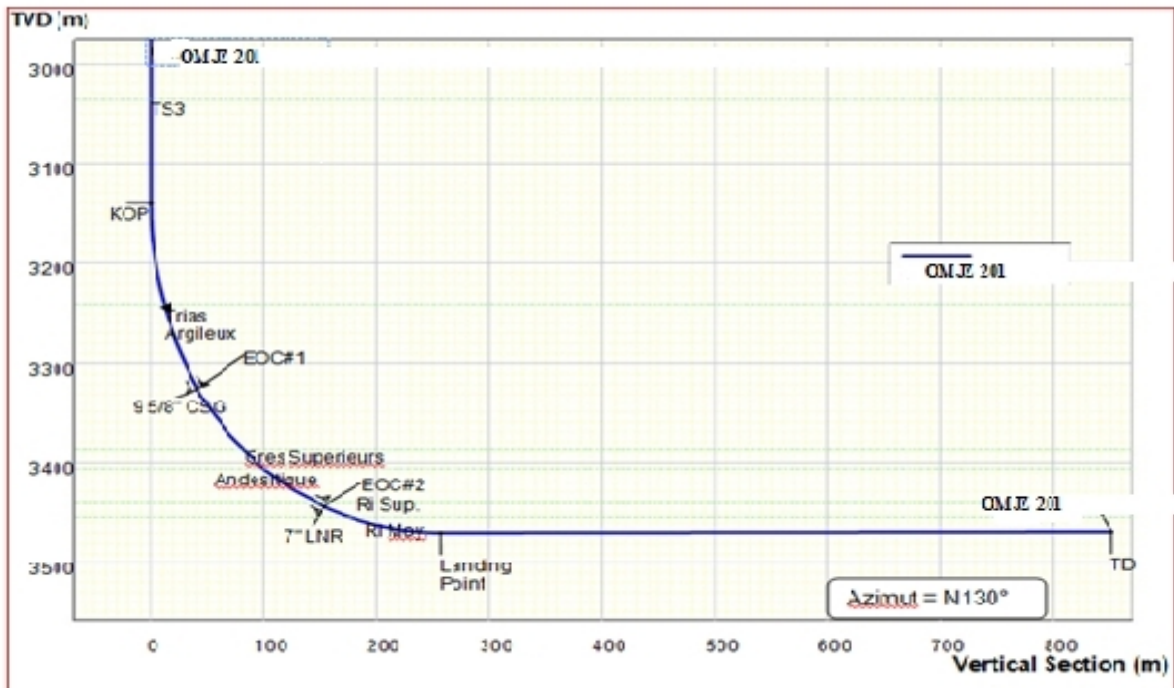


Figure IV.1 : trajectoire prévisionnelle du puits OMJZ 201[14]

1. Données de puits :

- KOP = 3070m
- Azimut du puits = 130° par le nord
- Le rayon de courbure $R = 433m$

1.1 Build up $12^{1/4}$:

- Densité de la boue : $d_B = 1,97 \text{ sg}$
- MD = 3070 m jusqu'à 3299.5 m
- TVD = 3070 m jusqu'à 3259 m
- Formations : Trias salif S3 / Trias argileux
- Section vertical = 38m

- Gradient de l'inclinaison : $G_c = 4,015^\circ / 30m$

- Inclinaison : $i = 27,7^\circ$

1.2 Build up 8^{3/8} :

- Densité de la boue : $d_B = 1,45 \text{ sg}$

- MD = 3299.5m jusqu'à 3414 m

- TVD = 3260m jusqu'à 3374,5 m

- Formations : Trias ARG.GRES.CARB / Trias Argileux / Andestique

- Section vertical=125m

- Gradient de l'inclinaison : $G_c = 7,403^\circ / 30m$

- Inclinaison : $i = 53,7^\circ$

1.3 Drain Horizontal 6 :

- Densité de la boue : $d_B = 1,44 \text{ sg}$

- MD = 3414 m jusqu'à 4140 m

- TVD = 3374,5 m jusqu'à 3399 m

- Formations : Andestique / Cambrian RI

- Section vertical= 202.34m

- Gradient de l'inclinaison : $G_c = 10,351^\circ / 30m$

- Inclinaison : $i = 89,17^\circ$

2. Calculs pour le choix de la garniture :

2.1 La phase 12^{1/4} :

2.1.1 Moteur de fond :

Le diamètre extérieur du moteur de fond doit être le plus proche possible du diamètre de la BHA. Suivant le type de l'outil utilisé et le poids appliqué sur ce dernier on choisi le type de moteur (HS ou LS). Lorsqu'on utilise un outil diamanté monobloc avec un faible poids de préférence l'utilisation d'un moteur HS qui fournit une vitesse de rotation élevée et un

torque faible. Par contre, pour un outil à molette et poids élevé, il faut utiliser un moteur LS qui fournit une vitesse de rotation faible et un torque plus élevé.

L'AKO du moteur est déterminé selon le dog leg ($^{\circ}/100\text{ft}$) maximum de la trajectoire à l'aide de l'abaque suivant :

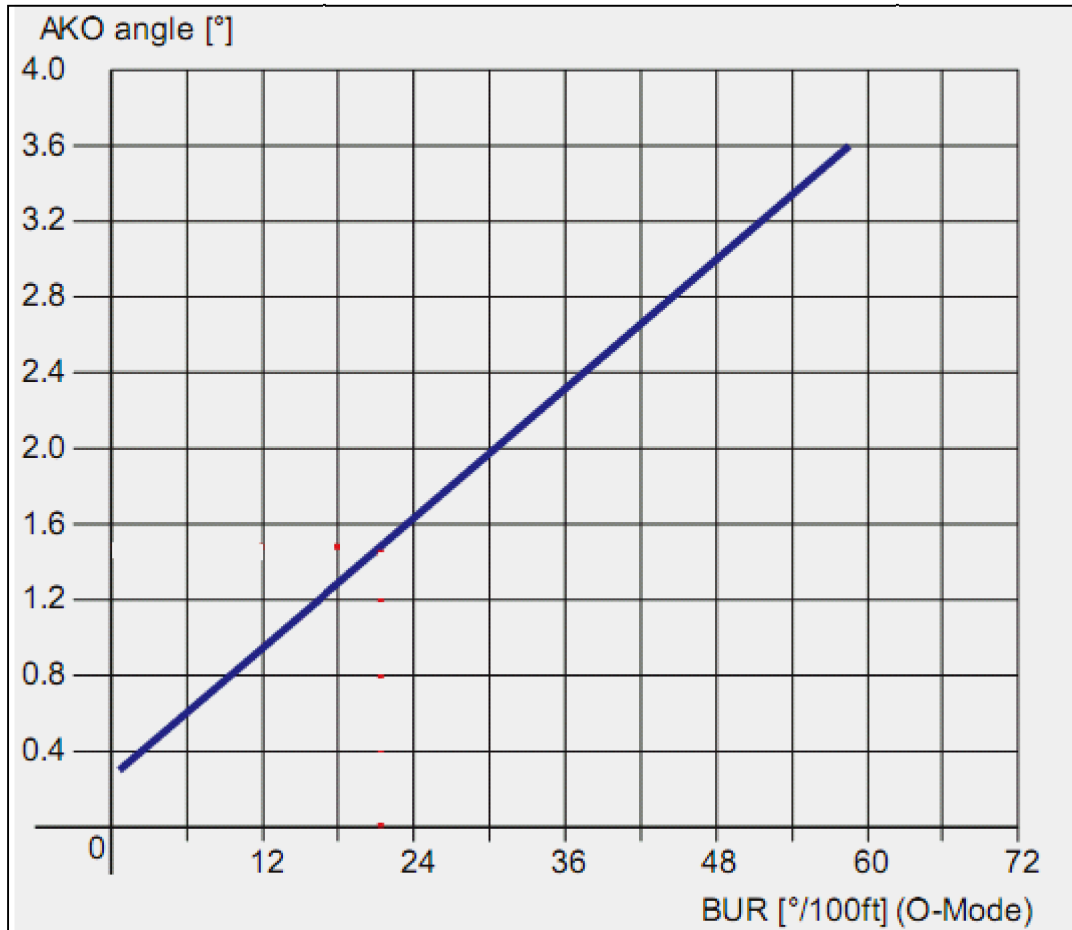


Figure IV.2: abaque de l'AKO du moteur de fond [06]

Pour le build up $12^{1/4}$ on utilise un **AKO = 0,8°**.

Pour le drain horizontal on utilise un **AKO = 1°** pour la correction de trajectoire en cas d'erreur.

2.1.2 L'outil MWD et la tige amagnétique :

L'outil MWD à système électromagnétique n'est pas utilisé au champ de Hassi Messaoud (certaines formations sel massif). Car la profondeur opérationnelle est liée directement aux formations forées (en fait à leur résistivité). Donc on utilise un MWD doté d'un système "mud pulses". On préfère d'utiliser une alimentation par turbine pour limiter le nombre des mnœuvres.

Afin de limiter les interférences du champ magnétique, les capteurs de mesures doivent être positionnés dans une longueur suffisante de tubulaires en acier amagnétique (drill-collars, tiges lourdes, tiges). Pratiquement la détermination de cette longueur se fait à l'aide de la carte et des abaques figurant dans la figure suivante :

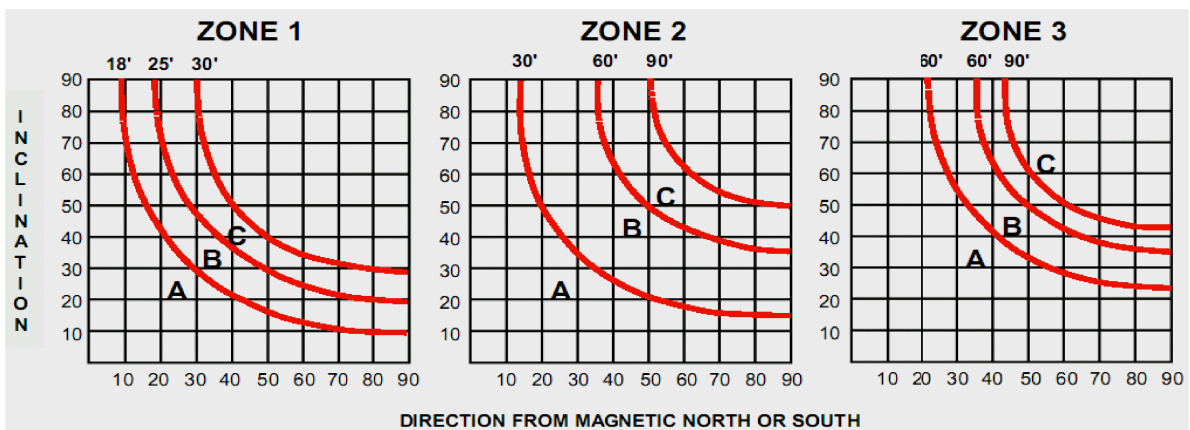
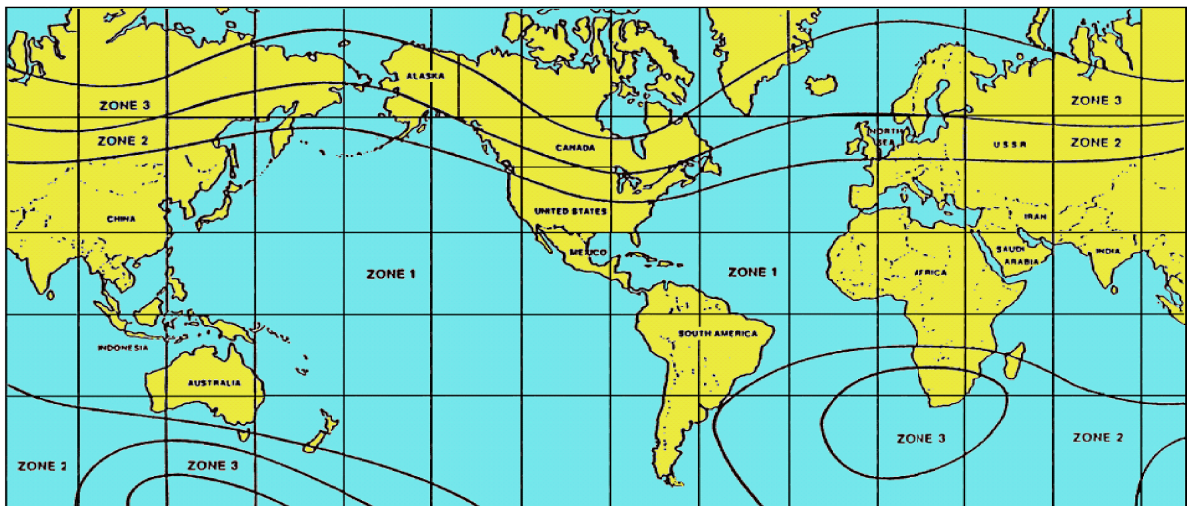


Figure IV.3 : Carte et abaques pour la détermination des longueurs non-amagnétiques nécessaires

Le paramètre "masse" n'apparaît pas dans les abaques. Si une masse conséquente, telle que celle d'un moteur, est effectivement présente, il est nécessaire d'installer les capteurs vers le centre de la longueur déterminée [07].

Le puits OMJZ 201 situé dans la zone 1, donc on utilise l'abaque de cette zone pour la détermination de la longueur de la tige magnétique. On trouve L_{NMDP} **30ft**

2.1.3 Les masse-tiges :

Dans les puits horizontaux les DC sont placés soit dans la partie verticale soit dans la partie build up (ne dépasse pas l'inclinaison 70°) ce type de garniture est appelé la garniture inversée. Dans ce cas le poids fournit par les DC doit être supérieur au poids de la garniture qui se trouve dans la partie horizontale pour qu'il puisse pousser l'outil.

D'après le formulaire du foreur les masse-tiges les plus utilisées ont les diamètres nominaux suivants : 4^{3/4} , 6^{3/4} , 8 , 9^{1/2} , 11^{1/4} .

pour calculer la longueur maximale des DC nécessaire pour fournir un poids de 13 tons sur l'outil et 2 ton pour vaincre les frottements qui peuvent exister dans la partie horizontale et le build up, on place les DC dans la partie verticale du puits

1. Application :

$$WOB = L_{DC} \cdot F_{PN} \cdot m_{DC} \cdot K \cdot 10^{-3} \cdot \cos \alpha \dots \dots \dots (12) [02]$$

$$L_{DC} = \frac{WOB \cdot 10^3}{F_{PN} \cdot m_{DC} \cdot K \cdot \cos \alpha} = \frac{15 \cdot 10^3}{0,65 \cdot 255,6 \cdot 0,75 \cdot \cos 1,98^\circ}$$

$L_{DC} = 120m$ On prend 12 DC (114m).

2.1.4 Les tiges :

Lors du choix du diamètre extérieur des tiges on tient compte le diamètre extérieur de leurs tool-joint, ce dernier est un peu grand que le diamètre nominal.

La phase de forage est de 12^{1/4} les tiges 5^{1/2} ont des tool joint de diamètre 7^{1/4} , donc on peut les utiliser dans la partie de la garniture qui se trouve dans le drain horizontal + le build up. Ces tiges ont un diamètre intérieur de 2^{13/16} .

De même façon pour les tiges qui se trouvent dans la partie verticale au-dessus des DC on trouve les tiges qui ont un diamètre nominal de 3^{1/2} .

Pour le choix du grade de l'acier on commence les calculs par le grade le plus faible jusqu'en trouve le grade convenable qui résiste toutes les forces aux quelles soumise la garniture de forage [11].

2. Application :

- DP 3,5 G105 13,30 #

2.a. Calcul de la contrainte de déflexion alternée :

σ_B : La contrainte de flexion admissible dans l'élément considéré (*Psi*)

I : Le module d'inertie de l'élément soumis à la flexion alternée (in^4)

E_{app} : Le poids apparent de la garniture en dessous du DLS considéré (*lbf*)

D_e : Le diamètre extérieur de l'élément considéré (*in*)

L : La demie longueur entre les tool-joints (*in*)

$$B = \frac{.D_e \cdot E_{app} \cdot J}{739 \cdot L \cdot \sin \frac{10660}{J}} \dots\dots(13) [02]$$

$$I = \frac{1}{64} (D_e^4 - D_i^4) = I = 4,56 \text{ in}^4 \dots\dots\dots(14) [02]$$

$$J = \sqrt{\frac{EI}{E_{cinapp}}} = 12330r^2 \dots\dots (15)[02]$$

Où

$$\{D_e = 3.5", D_i = 2,75"\}$$

$$B = \frac{.D_e \cdot E_{app} \cdot J}{739 \cdot L \cdot \sin \frac{10660}{J}} = 34643,06 \text{ Psi}$$

$$B = 34643,06 \text{ Psi}$$

2.b. calcul de La contrainte de compression :

$$\sigma_C = \frac{E_{c.int}}{S_a} \dots\dots\dots(16) [02]$$

$$S_a = \frac{1}{4} (D_e^2 - D_i^2) = 3,68 \text{ in}^2 \dots\dots (17)[02]$$

$$C = \frac{9.10^3}{3.62} = 248618 \text{Psi}$$

$$c = 2486,18 \text{Psi}$$

A partir du diagramme de Goodman on utilise des tiges $3^{1/2}$ grade S, mais dans notre puits OMJZ 201 ils ont utilisé des tiges avec $3^{1/2}$ grade G avec une vitesse de rotation limitée à 40 m/min

2. c. Calcul le dog leg (DLS) max :

$$DLS_{max} = \frac{739. B.l. \sin \frac{10660}{J}}{D_e.E_{inapp}.J} \dots\dots(18)[02]$$

B Est tiré par le diagramme de Goodman pour les tiges $3^{1/2}$ grade G avec $C = 2486,18 \text{Psi}$ on trouve $B = 30500 \text{Psi}$

$$DLS_{max} = 26,41^\circ / 30 \text{m}$$

▪ HWDP 3,5 G105 13,30 #

2.1.a. Calcul de la contrainte de déflexion alternée :

$$J = \sqrt{\frac{EI}{E_{cinapp}}} = 14685 \text{in}^2 \dots\dots\dots(19)[02]$$

$$I = \frac{1}{64} (D_e^4 - D_i^4) = 6,47 \text{in}^4$$

$$B = 34643,06 \text{Psi}$$

2.1.b. La contrainte de compression :

$$c = \frac{E_{c.int}}{S_a} = 159577 \text{ Psi}$$

$$c = 2486,18 \text{ Psi}$$

2.1.c. Calcul le DLS max :

$$DLS_{max} = \frac{1480 \sigma_B \cdot I \cdot \sin\left(\frac{5330}{J}\right)}{ODE_{inapp} \cdot J}$$

A partir du diagramme de Goodman pour $c = 1595,77 \text{ Psi}$ on a $B = 19500 \text{ Psi}$

$$DLS_{max} = 23,80^\circ / 30 \text{ m}$$

On peut utiliser les HWDP car $DLS < DLS_{max}$

Remarque :

Afin d'éviter une concentration importante de contraintes à la jonction des masses tiges et des tiges de forage, et donc d'amplifier le risque de défaillance par fatigue, il est recommandé que le rapport des moments d'inerties relatifs aux sections (**I**) concernées n'excède pas 5.5 lorsque l'on fore dans des formations présentant une formabilité importante, et 3.5 lorsque l'on fore des formations dont la formabilité est faible

$$I = \frac{1}{64} (D_e^4 - D_i^4)$$

D_e : Diamètre extérieur de l'élément.

D_i : diamètre intérieur de l'élément.

Dimensions du tubulaire (D _e - D _i) en (in)	Moment d'inertie (I) en (in ⁴)
DC 9 ½ - 3	396
DC 8 - 2 ^{13/16}	198
HWDP 5 ½ -3,63	36,37
HWDP 5 - 3	26.70
DP 5 ½ - 4,78	19,28
DP 5 – 4,28	14,30
DP 3 ½ - 2,76	4,50
DP 5 ½ - 3,5	15,6

Tab IV.1 : Moment d'inertie des éléments de BHA

-De KOP jusqu'à l'inclinaison 27,7 ° :

La force de compression qui produit un flambage sinusoidal

$$F_{fl\ sin} = 2 \left(\frac{E \cdot I_a \cdot K \cdot P \cdot \sin i}{r} \right)^{\frac{1}{2}} \dots (20) \text{ [02]}$$

r = 2,06 . 10⁻²m(rayon de courbure)

i = 27,7 °(inclinaison)

$$F_{fl\ sin} = 1,71 \text{ KdaN}$$

La force de compression qui produit un flambage hélicoïdal est :

$$F_{fl\ hl} = 2(2 \cdot \sqrt{2} - 1) \left(\frac{E \cdot I_a \cdot K \cdot P \cdot \sin i}{r} \right)^{\frac{1}{2}} \dots (21) \text{ [02]}$$

$$F_{fl\ hl} = 3,13 \text{ KdaN}$$

La force de compression appliquée sur les tiges dans cette partie de la trajectoire est :

$$F = WOB \cdot 9,81 \cdot \cos i$$

$$F = 2,8 \text{ KdaN}$$

Dans cette partie les tiges choisies sont exposées au risque de flambage sinusoidal. On y oblige de les changer.

Comme nous voyons le flambage est dépend du moment d'inertie des tiges, et du jeu radial entre le trou et le corps de la tige ; donc on propose des tiges de diamètre et d'épaisseur supérieures aux celles des tiges 3^{1/2} 9,5# E EU NC 38 TJ 5 .

On trouve les tiges : 5^{1/2} 21,9# I EU G105 TJ 7^{1/4} .

Pour ces tiges : F_{fl sin} = 4,6 KdaN

3. La phase 8^{3/8} (Build-up):

- DP 5,5 G105 21,9 #

$$I_a = \frac{1}{64} [(OD)^4 - (ID)^4] = 5,9110^6 m^4$$

$$F_{sin} = 2 \sqrt{\left(\frac{E \cdot I_a \cdot k \cdot P}{r}\right) \cdot \sin i} \dots\dots\dots(22)$$

$$F_{sin} = 2 \sqrt{\frac{210000 \cdot 5,910,81729019,81}{1,4375 \cdot 0,0254}} (\sin i)^{1/2} = 18,13 (\sin i)^{1/2} Tf$$

$$F_{sin} = 18,13 (\sin i)^{1/2} Tf$$

$$F_{hél} = 2,17 \cdot F_{sin} = 39,35 (\sin i)^{1/2} Tf$$

$$F_{hél} = 39,35 (\sin i)^{1/2} Tf$$

- HWDP 5 G105 50 #

$$F_{sin} = 2 \sqrt{\left(\frac{E \cdot I_a \cdot k \cdot P}{r}\right) \cdot \sin i} = 2 \sqrt{\frac{210000 \cdot 11,0,736744,9,81}{1,6875 \cdot 0,0254}} (\sin i)^{1/2}$$

$$F_{sin} = 34,86 (\sin i)^{1/2} Tf$$

$$F_{hél} = 2,17 \cdot F_{sin} = 75,66 (\sin i)^{1/2} Tf$$

$$F_{hél} = 75,66 (\sin i)^{1/2} Tf$$

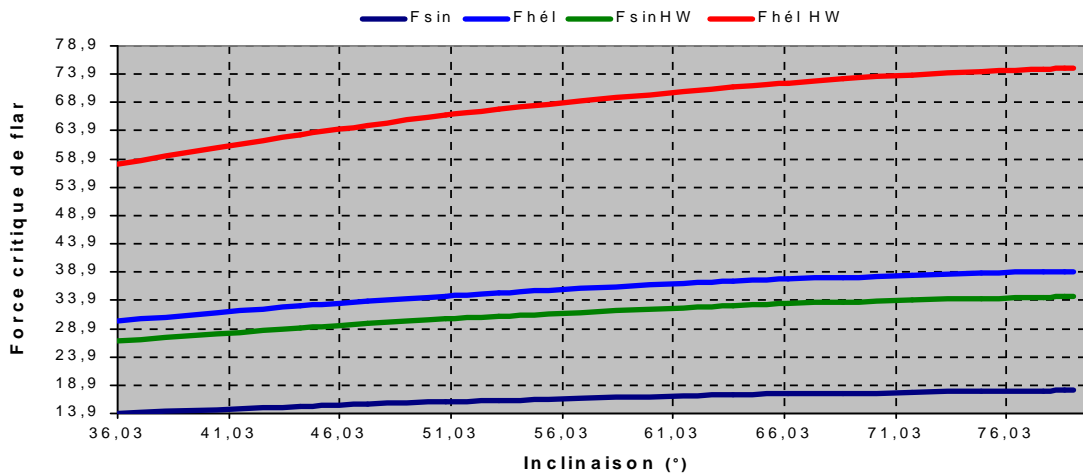


Figure IV.4 : critique de flambage

3.1 Description de diagramme :

L'évolution des forces critiques de flambage sinusoïdal et hélicoïdal des DP (drillpipe) 5 1/2 et HWDP (heavy weight drillpipe) 5" dans la phase build up 8 3/8, est représentée dans la **Fig.4**. Comme prévu, à partir de la figure on remarque que les forces de flambage hélicoïdal sont toujours supérieures à celles de flambage sinusoïdal, quelque soit le type de tige utilisé (DP ou HWDP). Puisque on a besoin des grandes forces pour engendrer ce type de flambage (hélicoïdal). Aussi, on remarque que les forces critiques de flambage sin pour les masses tiges lourdes (HWDP) sont toujours supérieures à celles des tiges simples (DP). C'est à cause de la grande épaisseur des masses tiges lourdes.

4. La phase 6" (drain horizontal) :

- DP 3,5 G105 13,30 #

$$I_a = \frac{1}{64} [(OD)^4 - (ID)^4] = 1.871 \text{ dm}^4$$

$$F_{sin} = 2 \sqrt{\frac{EI_a \cdot k \cdot P}{r}} = 2 \sqrt{\frac{210000,870,83519799,81}{1,250.0254}}$$

$$F_{sin} = 9129$$

$$F_{hé} = 2(2\sqrt{2} - 1) \sqrt{\frac{EI_a \cdot k \cdot P}{r}} = (2\sqrt{2} - 1) F_{sin} = 16771$$

$$F_{hé} = 16771$$

La force de compression produisant une déformation permanente de l'élément de garniture soumis au flambage hélicoïdal

5. Les frottements entre la garniture et la paroi du puits :

5.1 Dans la partie vertical du puits :

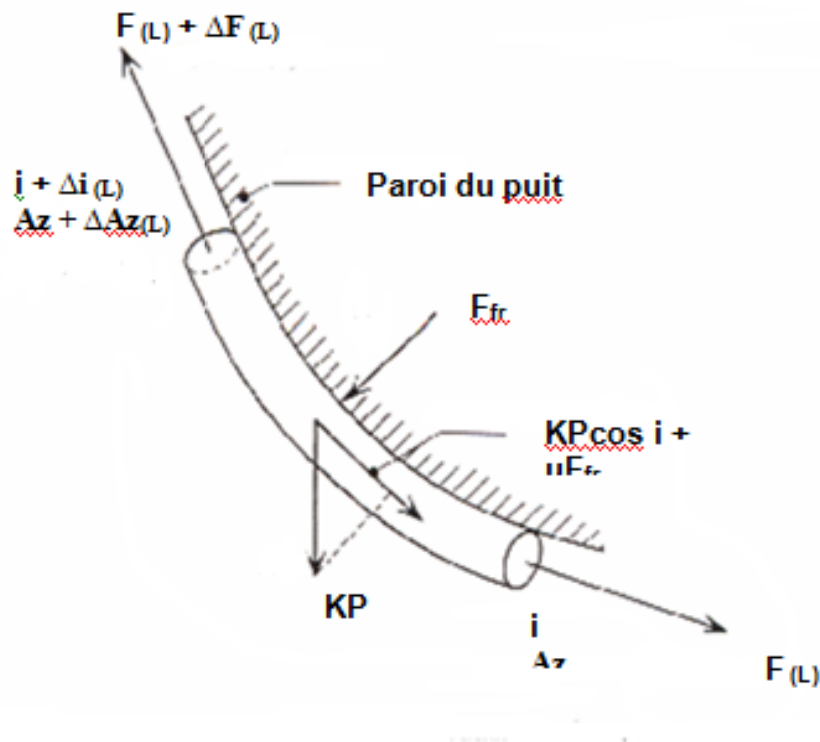
On considère qu'il n'y a pas de frottement dans la partie vertical du puits si la garniture n'est pas soumise au flambage hélicoïdal [10].

5.2 Dans la partie inclinée du puits en absence de flambage hélicoïdal

On considère que le flambage sinusoïdal n'ajoute pas de frottement supplémentaire sur la garniture. La variation de la force axiale produite sur un élément de longueur L par [10].

Les frottements et le poids de la garniture peut être obtenue par la relation suivante :

$$F_{(L)} = K.P.COS(i) \pm \mu.F_{fr} \dots (23)$$



Répartition des forces s'appliquant sur un élément de garniture de longueur ΔL

$$F_{fr} = \left((F_{(L)} \cdot \Delta AZ_{(L)} \cdot \sin i_{(L)})^2 + (F_{(L)} \cdot \Delta i_{(L)} \cdot \sin i_{(L)} \cdot P \cdot \sin i_{(L)})^2 \right)^{1/2}$$

Figure IV.5 : représentation des forces [12]

$F_{(L)}$: Variation de la force axiale produite sur l'élément de longueur L se trouvant à la Distance L du fond du puits (N)
K : Facteur de flottabilité
P : Poids linéaire dans l'air de l'élément de garniture de longueur L N/m
I : Inclinaison moyenne de l'élément de garniture (rad)
 μ : Coefficient de frottement (varient de 0.2 à 0.3 mais le plus souvent égal à 0.3)
 F_{fr} : Force latérale produite par le contact entre la garniture et la paroi du trou sur l'élément

de longueur L se trouvant à la distance L du fond du puits (N)

$F_{(L)}$: force s'appliquant sur l'élément de garniture

Az : Variation de l'azimut du puits sur l'élément (rad)

i : Variation de l'inclinaison (rad)

- Le terme $+\mu$ s'applique lors de la remontée de la garniture.
- Le terme $-\mu$ s'applique lors de la descente de la garniture.
- On considère que $\mu=0$ lorsque la garniture est en rotation.

Dans la partie inclinée rectiligne et en absence de variation d'azimut on a :

$$F_{(L)} = KP(\cos i \pm \mu \sin i)$$

5.3 Dans la partie inclinée du puits en présence de flambage

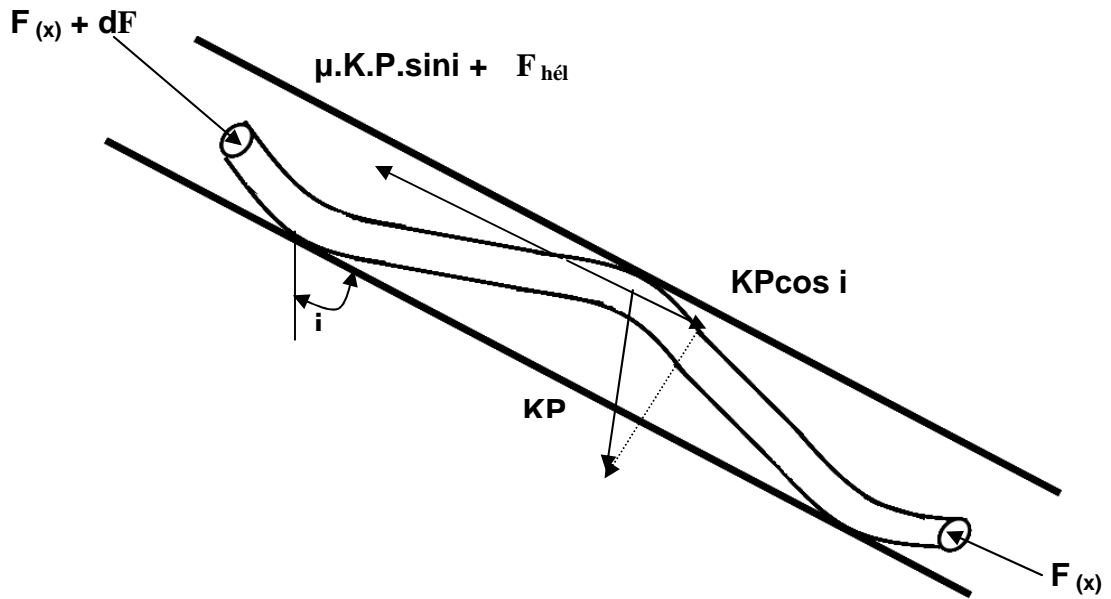
hélicoïdal :

En présence du flambage hélicoïdal la force de frottement supplémentaire produite par le flambage hélicoïdal est donnée par la relation suivante :

$$F_{hé} = \frac{r \cdot (F_{hé})^2}{4EI} \dots\dots (24)[02]$$

La variation de la force axiale $F_{(x)}$ s'appliquant sur la partie de la garniture soumise au flambage hélicoïdal est donnée par l'équation différentielle suivante :

$$\frac{dF}{dX} = K.P. \sin i + \frac{r.F^4}{4.E.I} .K.P.\mu. \cos i$$



Répartition des forces s’appliquant sur un élément de garniture de longueur x soumis au flambage hélicoïdal

Figure IV.6 : représentation des forces hélicoïdales [12]

Dans le cas d’un drain horizontal la solution de cette équation est donne la force axial à une distance x ou débute le flambage hélicoïdal

$$F_{(x)} = 2\sqrt{\frac{E.I.K.P}{r}} \tan \left[\mu.x\sqrt{\frac{r.K.P}{4E.I}} + \arctan F_{hel}\sqrt{\frac{r}{aE.I.K.P}} \right] \dots\dots(25) [02]$$

Alors la distance entre le point ou débute le flambage hélicoïdal et le point ou s’applique la force de compression F_(x) est :

$$x = \frac{F_{sin}}{\mu.K.P} \left[\arctan \frac{F_{(x)}}{F_{sin}} - \arctan \frac{F_{hel}}{F_{sin}} \right] \dots\dots (.26)[02]$$

A partir d’une certaine valeur de F_(x) le frottement deviennent trop importants et empêchent toute transmission supplémentaire de poids sur l’outil il y a blocage de la garniture, ce blocage se produit lorsque la garniture soumise au flambage hélicoïdal devient supérieur à X donnée par la formule suivant :

$$x = \frac{F_{sin}}{\mu \cdot KP} \left[\frac{1}{2} - \arctan \frac{F_{hél}}{F_{sin}} \right] \dots\dots (27)[02]$$

1. Application :

Nous allons calculer les frottements produits dans le puits à la remontée ainsi qu'à la descente de la garniture durant toutes les phases

6. La Phase 12^{1/4} :

HWDP 5" (242.4) sont en contact avec les parois du puits Le long de cette phase

On calcul les frottements avec la relation suivante :

$$F_{(L)} = KP(\cos i \pm \mu \sin i)$$

6.a La remontée :

$$F_{(L)} = 0,7367449,812171,02(\cos i + 0,3 \sin i)$$

$$F_{(L)} = 11,88.(\cos i + 0,3. \sin i)$$

Pour le Build-up, nous avons procédé par itération. L'intervalle 0-37 a été découpé en 7 nous obtenons

$$F = 95.5 \text{ kdaN.}$$

6.b La descente :

$$F_{(L)} = 0,7367449,812171,02(\cos i - 0,3 \sin i)$$

$$F_{(L)} = 11,88.(\cos i - 0,3. \sin i)$$

on procède de la même façon on trouve

$$F = 76 \text{ kdaN}$$

7. La Phase 8^{3/8} :

DP 5" (113.4) et les HWDP 5" (277) sont en contact avec les parois du puits Le long de cette phase

7.a la remontée :

- Tige DP 5"

$$F_{(L)} = 0,817290111349,811,02(\cos i + 0,3 \sin i) = 2689(\cos i + 0,3 \sin i)$$

$$F_{(L)} = 2689(\cos i + 0,3 \sin i) \quad \text{Avec } 52.19 < i < 79.01$$

Nous avons procédé par itération. L'intervalle 52.19 - 79.01 a été découpé en 5 nous obtenons

$$F = 87.78 \text{ kdaN.}$$

- HWDP 5"

$$F_{(L)} = 0,8177442779,811,02(\cos i + 0,3 \sin i) = 1685(\cos i + 0,3 \sin i)$$

$$F_{(L)} = 1685(\cos i + 0,3 \sin i) \quad \text{Avec } 0 < i < 52.19$$

$$F = 113 \text{ kdaN}$$

7.b La descente :

- Tige DP 5"

$$F_{(L)} = 0,817.29,01.113,4.9,81.1,02(\cos i - 0,3 \sin i) = 26.89(\cos i - 0,3 \sin i)$$

$$F_{(L)} = 26.89(\cos i - 0,3 \sin i) \quad \text{Avec } 52.19 < i < 79.01$$

$$: F = 14.5 \text{ kdaN}$$

- HWDP 5"

$$F_{(L)} = 0,8177442779,811,02(\cos i - 0,3 \sin i) = 1685(\cos i - 0,3 \sin i)$$

$$F_{(L)} = 16,85.(\cos i - 0,3 \sin i) \quad \text{Avec } 0 < i < 52.19$$

$$F = 77 \text{ kdaN}$$

8. La phase 6" (drain) :

Dans le drain horizontal 6" foré avec des tiges 3^{1/2} grade G, nous avons trouvé que

$$F_{fl_sin} = 9.129Tf, F_{fl_hél} = 16.7 Tf \text{ et } F_{max} = 91.77Tf.$$

La partie des tiges où la force de compression est comprise entre 9kdaN et 16 kdaN n'est pas soumise au flambage hélicoïdal. La longueur de cette partie de la garniture est :

$$x = \frac{1670000000}{0,3083500699,81} = 630m$$

Donc la longueur du train horizontal que l'on peut théoriquement forer est **630m**

9 .Cas du puits OMJZ 201 :

9.1 La BHA de La Phase 12^{1/4} :

Eléments	Joints	OD [in]	ID
121/4" PDC bit	1	12.25	
SPERRY Motor	1	8.00	6.4
Stub-string	1	8.06	2.81
NM pony Drill collar	1	8.25	3.25
MWD-pulser	1	8.00	2.81
Sub filter	1	8.37	2.81
circulation Sub-	1	8.00	2.25
Cross over	1	7.25	2.87
5.5"DC	12	5.50	3.25
Sub-XO	1	7.25	2.87
61/2" Hydraulic jar	1	6.50	2.750
Sub-XO	1	8.00	2.813
5.5"HWDP	25	5.50	3.25

Tab IV .2 .BHA [14]

9.1.1 Les paramètres de forages :

Bit	12/14 ‘ HCM408 ERR
BHA type	Directional BHA
Flow rate (Lpm)	2550 – 2,850
Nozzles	3X19/32 + 6X15
WOB	10 – 20 T
RPM	90– 150
BACK UP BIT	121/4 ‘ HCM408 ERR

Tab IV .3.BHA [13]

9.2 La BHA de La Phase 8^{3/8} :

Elément	Joints	OD [in]	ID
8 3/8" PDC bit	1	8.375	
Speery Motor	1	6.79	5.40
Drill pipe compressive	5	5	2.81
Speery MWD pulser	1	6.75	2.81
circulating sub	1	6.75	2.06
5 1/2" Drill pipe	9	5.5	3.25
5 1/2" HMWP	21	5.5	3.25
Sub –XO	1	6.75	2.50
61/2 " Hydraulic jar	1	6.50	2.75
Sub –XO	1	6.75	2.50
5 1/2"HMWP	5	5.5	3.00

Tab IV.4.BHA [14]

9.2.1 Les paramètres de forages :

Bit	8 3/8 " FXD84I RR
BHA type	Directional BHA
Flow rate (Lpm)	2000 – 2,300
Nozzles	Check hydraulics calculations
WOB	4 - 10T
RPM	70 – 130
BACKUP BIT	<u>TCI-New</u>: HE44 D3DDMRZ (Varel) (IADC 617)

Tab IV.5.BHA [13]

9.3 La BHA de La phase 6" (drain) :

Eléments	Joints	OD [in]	ID
6" Impreg bit	1	6.00	-
SPEERY Motor	1	4.87	3.8
Drill pipe compressive	1	3.5	2.68
SPEERY MWD pulser	1	4.75	2.68
NM sub filter	1	4.75	2.68
Sub-circulation	1	4.75	2.06
31/2' Drill pipe	24	3.50	2.76
31/2' HMDP	28	3.50	2.06
43/4" Hydraulic jar	1	4.75	2.25
31/2'HMDP S	7	3.50	2.06
31/2" Drill pipe	48	3.50	2.76

Tab. IV.6.BHA [14]

10. Les paramètres des moteurs de fonds :

BAKER INTEQ			Valeur du bend							
Moteur	Ø du trou	stabilisation	0	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6
			Gradient estime en mode oriente (°/100 ft)							
8 M1C	12 1/4"	Complete	-	1,4	2,6	3,6	4,6	5,6	6,7	7,7
		Partielle	-	4,4	5,5	6,6	7,6	8,7	9,2	10,9
		Lisse	-	-	-	-	0,1	1,5	2,9	4,3

10.1 La phase 12^{1/4} :(8" MOTOR SN° 5306 bent 1.5°, 4/5 lobe, 5.3) stg

Tab IV.7.BHA [13et03]

10.2 La Phase 8^{3/8} :(HHD372 G8 SN° 7135869 WITH BIT BREAKER):

		8 M1XL
		Baker Inteq
lobes		5/6
stages		
flow	min	395
	max	900
duse		
speed	min	85
	max	195
Delta		870
Op torque		7670
Stall torque		15340
hp	min	124
	max	285
bit	min	
	max	

Tab IV.8.BHA [13et03]

10.3 La phase 6" (drain) :(MOTOR A500M2310.5HS SN° 2942 bent: 1.15°)

		4 3/4
		F2000M
		Halliburton
lobes		5/6
stages		
flow	min	150
	max	250
duse		-
speed	min	150
	max	240
Op torque		1575
Stall torque		3150
hp	min	45
	max	72

Tab IV .9.BHA [13et03]

Conclusion et Recommandation

Conclusion générale :

Le comportement du trou amène parfois à choisir des compositions particulières pour une zone particulière. Seule l'expérience du champ permet de choisir la bonne garniture.

On peut voir que la composition de la garniture de forage pour un puits horizontal est affaire de compromis, et que dans la plupart des cas il existe des alternatives. La garniture doit être élaborée de façon à créer le poids nécessaire pour l'outil avec le minimum de frottement axial et rotatif (drag & torque), tout en créant des pertes de charge hydrauliques acceptables pour le rig. Aussi la garniture doit être capable de transmettre le poids à l'outil en mode rotary sans produire de flambage critique dans le puits.

Recommandations :

D'après notre étude nous recommandons :

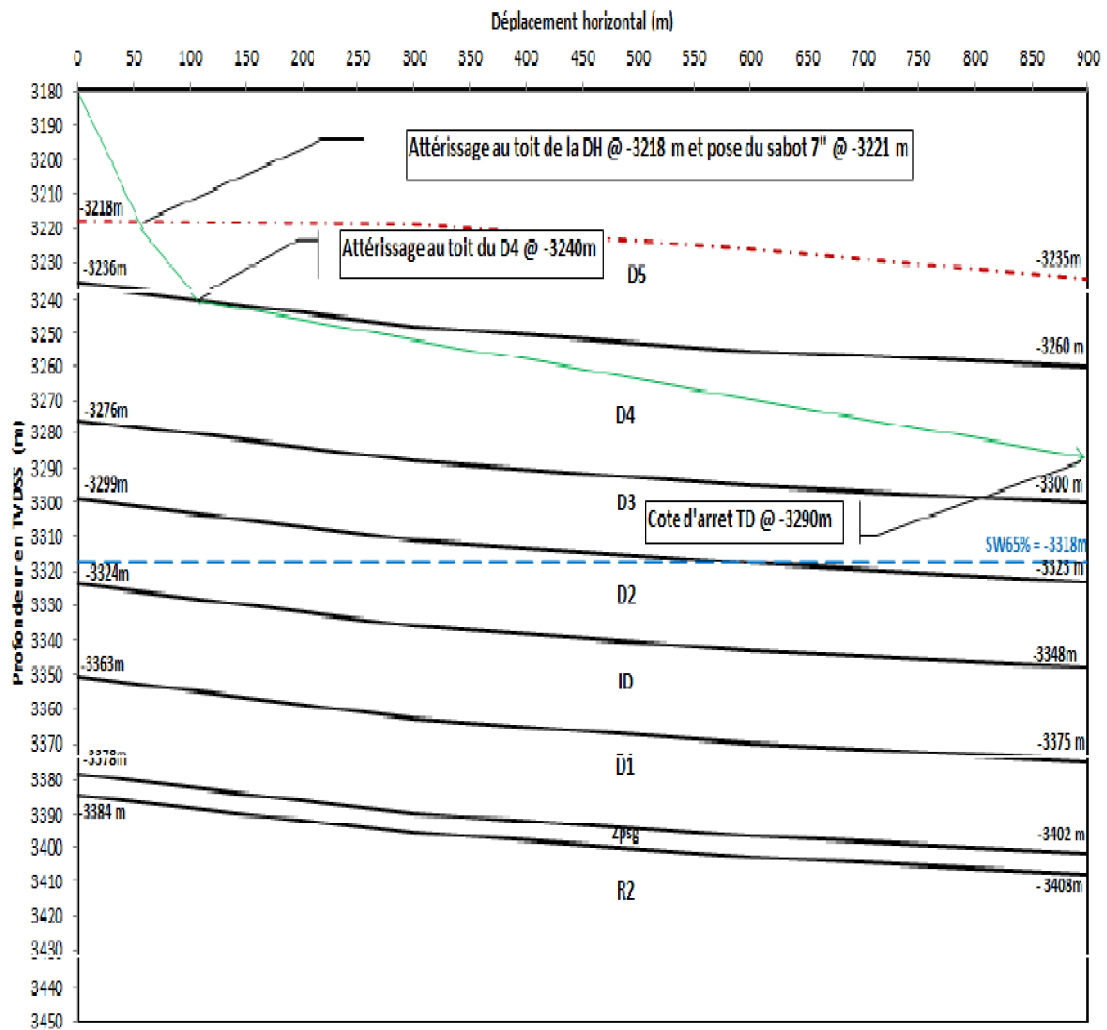
- minimiser ou éliminer les DC, utiliser des tiges de forage pour créer le poids sur l'outil. S'il est vraiment nécessaire d'avoir recours à des DC, limiter leur nombre de façon à juste pourvoir le WOB requis en mode rotary.
- Si on incorpore des DC en tant que volant d'inertie pour réguler la vitesse de rotation du train de sonde, alors il faut les placer dans la partie verticale du puits. Placés dans le build up ou la section tangente, ils ne feront qu'aggraver les frictions torque & drag.
- Si plusieurs grades de tiges sont employés, il faut mettre les tiges les moins résistantes dans la partie horizontale, et les plus résistantes dans le build up et la partie verticale du puits où la tension et le couple sont les plus importants.
- Il faut tenir compte du métrage foré par chaque outil, puisque les tubulaires vont se déplacer d'un intervalle du puits à un autre durant le bit run : il faut donc veiller à ce qu'ils demeurent dans les mêmes segments ou que leur nature soit compatible avec le nouveau segment.
- Autant que possible, Eviter de forer avec des vitesses de rotation critique qui favorisent les vibrations du train de tiges.

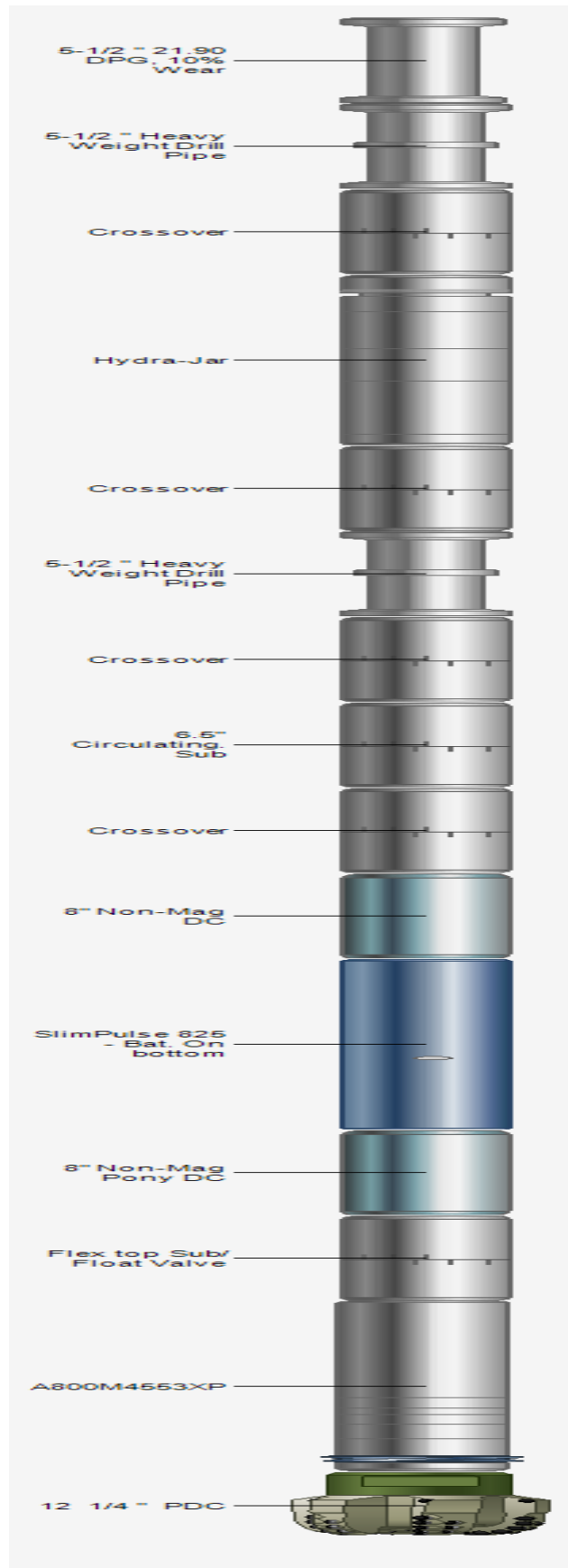
Annexe

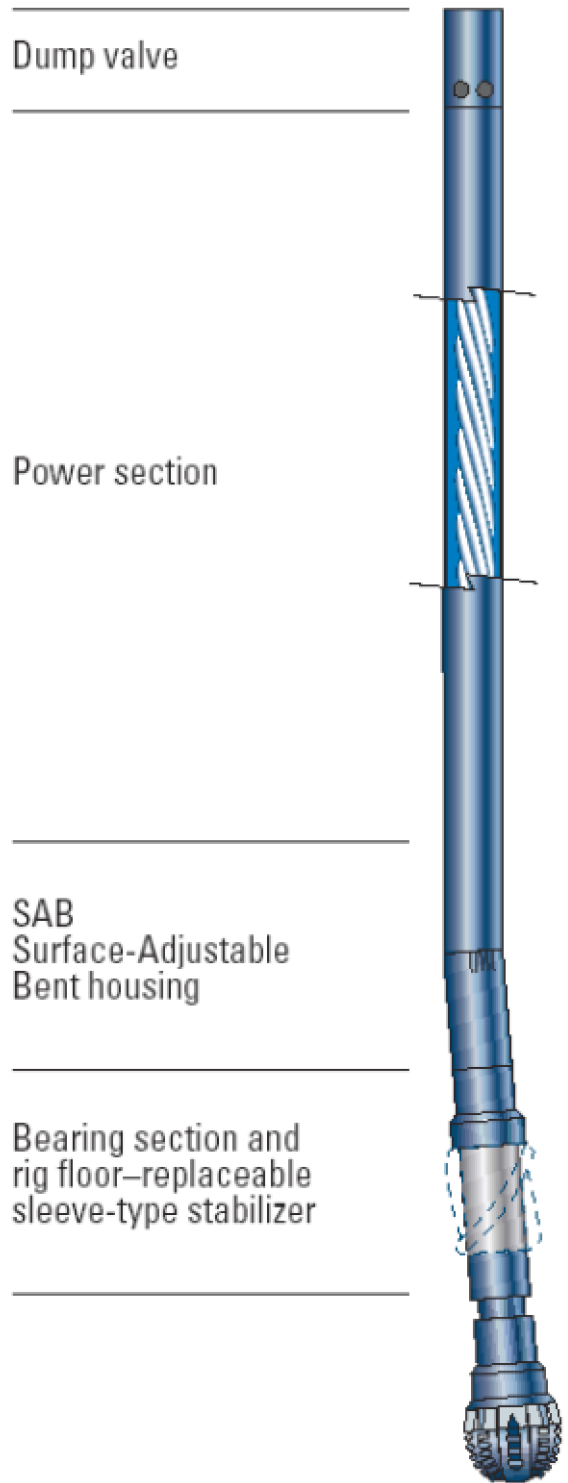
PROFIL PREVISIONNEL DU PUITZ HORIZONTALE OMJZ102

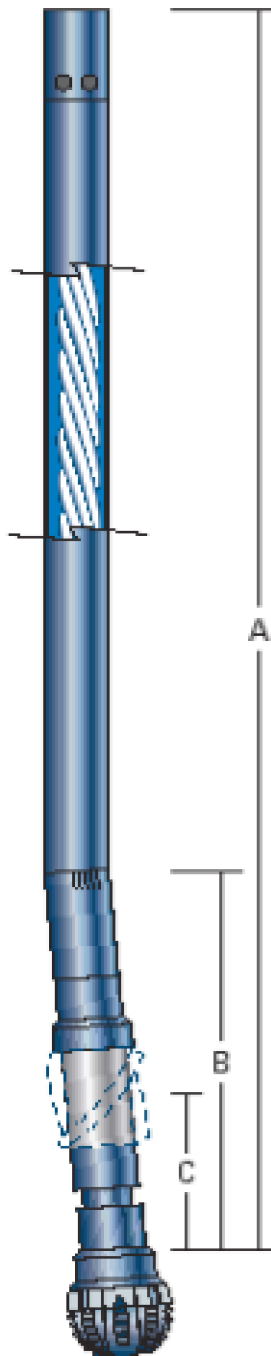
Plate forme
Ztable = 146m

Azimet : N300
Objectif : D4, longueur de drain : 900m









PowerPak A825 8 1/4-in. OD

Adjustable bent housing settings (0°–2°)	0.00°	0.26°
	0.52°	0.77°
	1.00°	1.22°
	1.41°	1.58°
	1.73°	1.85°
	1.93°	1.98°
	2.00°	

Adjustable bent housing settings (0°–3°)	0.00°	0.38°
	0.78°	1.15°
	1.50°	1.83°
	2.12°	2.38°
	2.60°	2.77°
	2.90°	2.97°
		3.00°

Stabilizer sleeve makeup torque	23,000 ft-lbf [31,180 N-m]
---------------------------------	----------------------------

Bent housing adjustment makeup torque	35,000 ft-lbf [47,450 N-m]
---------------------------------------	----------------------------

Bit size	9 1/8–14 1/4 in.
----------	------------------

Bit connection	6 1/4 REG
----------------	-----------

Top connection	6 1/4 REG or 5 1/2 IF
----------------	-----------------------

Working overpull (no motor damage)	219,500 lbf [976 kN]
------------------------------------	----------------------

Max WOB with flow (no motor damage)	50,000 lbf [222 kN]
-------------------------------------	---------------------

Max WOB without flow (no motor damage)	125,000 lbf [556 kN]
--	----------------------

Absolute overpull (motor damage will occur)	754,800 lbf [3,358 kN]
---	------------------------

Note: These limits apply only when bit is stuck.

BIBLIOGRAPHIE

- [01] N.MAHDANI-T.LAZREG Le choix de garniture .Ch III
- [02] Formulaire de foreur - édition technique 1989.
- [03] DIVISIONFORAGE DRMD SERVICE INGENIERIE Cellule Forage Horizontal
Livre
- (Moteurs de fond PDM) ; (Positive Displacement Motors)
- [04] Techniques d'exploitation pétrolier 'Le Forage' Jean-Paul NGUYEN édition 1993.
- [05] La garniture de forage - ENSPM 2006.
- [06] Document (Confidential) Directional Drilling January 1997.
- [07] Forage dirigé ingénierie et méthodes - ENSPM 2005
- [08] Horizontal Drilling Training Manual – Anadrill 1991
- [09] Document(SONATRACH) :forage dirigé (Module FD2)
- [10] Technology Transfer Horizontal Well Control(Schlumberger) Jul'93
- [11] Re-entry Systems Technology – Baker Hughes Inteq 1996
- [12] Developments in Petroleum Engineering – Lubinski 1955
- [13] Les rapports des BHA "Advantage BAH performance report" de la société (Schlumberger)
- [14] Drilling programme final OMJZ201 : préparation et réalisation de short radius (SONATRACH)
-