

# *Mémoire de fin d'études*

En vue De L'obtention Du Diplôme License en Hygiène, sécurité et environnement

*Thème*

## **Evaluation des risques liés aux équipements des Contrôle des éruptions dans le forage en Underbalance**

(Application de méthode HAZOP)

Etude d'un cas de puit

**OMNZ#201**



**Réaliser par :**

- **Zaiez Aymen**
- **Mekkaoui Nidhal**

**suivi par :**

**Mr. KADRI Med Mahdi**



# Dédicace

*Nous dédions ce modeste travail :*

*A notre Père « Athmane » Allah yarhimou. Nous ne pouvons pas l'appeler, mais nous pouvons penser à lui comme nous pensons toujours. C'est la seule chose que nous pouvons faire parce qu'il est mort, mais Nous demandons à Dieu toujours d'avoir pitié de lui et d'entrer dans son paradis.*

*A mes très chère mères «Hayat, Rabaia» et mes très*

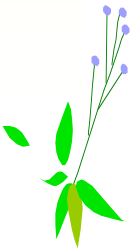
*Cher pères «Athmane et Kamel» qui mes ont toujours soutenus.*

*A nos frères et sœurs «Islem, Taki eedine, Yasser, Abdelraouf, Meriem et wallaa».*

*A toutes la famille grand(e) et petit(e) qu'il soit.*

*A tous mes amis «Moha, Ammar, Abdellilah, Zine abbedine, Amine, Karim, Hamid, Alla, Talale, Ahmed yassine».*

*Et toute la promo HSE 2015*





# Remerciement

*En premier lieu, nous tenons à remercier notre DIEU, notre créateur pour nous avoir la force pour accomplir ce travail.*

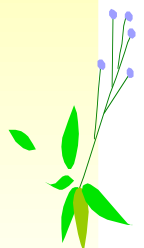
*Nous adressons nos vifs remerciements à notre professeur consultant M<sup>R</sup> Kadri Mohamed el mehdi pour nous avoir diligentés tout au long de ce travail, pour sa compréhension, sa patience, sa compétence, et ces remarques qui m'ont été précieuses,*

*Nous remercions beaucoup M<sup>R</sup> Ismail qui nous a aidé à compléter ce travail.*

*Ainsi qu'aux membres de la société ENAFOR et WEATHERFORD qui nous ont beaucoup aidé à réaliser ce travail dans des bonnes conditions.*

*Nous présentons nos chaleureux remerciements aux enseignants du département Hygiène, sécurité et environnement pour leurs aides et orientations durant notre formation.*

*Nos derniers remerciements et ce ne sont pas les moindres, vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour l'aboutissement de ce travail.*



# Sommaire

REMERCIEMENT ET DEDICACE	
LISTE DES FIGURES LISTE DES TABLEUX	
LISTE DES GRAPHS	
ABREVIATIONS	
INTRODUCTION GENERAL .....	01
<b>CHAPITRE I : Les techniques avancées de forage</b> .....	03
<b>I. LES TECHNIQUES AVANCES EN FORAGE</b> .....	03
I.1 Forage dirige .....	04
I.2 Forage Under balance .....	05
<b>II. TECHNIQUE DE FORAGE UBD</b> .....	06
II.1 Définition .....	06
II.2 Principe du forage Under balance .....	06
II.3 Les avantage du forage UBD .....	06
II.4 Les inconvéniens du forage UBD .....	10
II.5 Problèmes Liés à la technique UBD .....	11
II.6 Causes de la non-continuité des conditions UBD .....	13
II.7 Application de l'UBD à Hassi-Messaoud .....	14
II.8 La sécurité (HSE) .....	15
<b>III. EQUIPEMENTS DE FORAGE UNDERBALANCE</b> .....	17
<b>III.1</b> Equipement de surface .....	17
<b>III.1.1</b> Equipement de Nitrogène .....	17
<b>III.1.2</b> Equipements de contrôle Et Lignes De Surface .....	22
<b>III.1.3</b> Equipement de séparation .....	27
<b>III.1.4</b> Equipement de récupération .....	28
<b>CHAPITRE II : Partie pratique</b> .....	30
<b>I. Généralités sur le Champ de Hassi-Messaoud</b> .....	30
I.1 Situation géographique et géologique .....	30
I.3 Architecture standard d'un puits dans le champ de Hassi Messaoud .....	32
<b>II. Etude de cas</b> .....	33
II.1 Méthode HAZOP .....	33
II.2 Application de méthode HAZOP sur le circuit de débit .....	37
<b>Conclusion</b> .....	52
<b>Bibliographie</b> .....	53
<b>Annexe</b>	
<b>Résumé</b>	

## Liste des Tableaux

---

### Liste des Tableaux

<b>TABLEAUX</b>	<b>TITRE</b>	<b>PAGE</b>
<b>01</b>	Les caractéristiques de Compresseur. (I.1)	<b>18</b>
<b>02</b>	Les caractéristiques Du Refroidisseur. (I.2)	<b>19</b>
<b>03</b>	Les caractéristiques de générateur d'azote. (I.3)	<b>20</b>
<b>04</b>	Les caractéristiques de générateur d'azote. (I.4)	<b>21</b>
<b>05</b>	Caractéristiques de la Pompe de Refoulement. (I.5)	<b>21</b>
<b>06</b>	Caractéristiques du Push pull machine. (I.6)	<b>23</b>
<b>07</b>	Application de méthode HAZOP sur le nœud (Compression Package - Mud Pumps - SP Manifold - Drill String). (II.1)	<b>44</b>
<b>08</b>	Application de méthode HAZOP sur le nœud (Annulus_ RCD_ UBD Choke). (II.2)	<b>48</b>
<b>09</b>	Application de méthode HAZOP sur le nœud (Sample catcher - Separator - Flare line / Shakers). (II.2)	<b>50</b>
<b>10</b>	Application de méthode HAZOP sur le nœud (Storage Tank - Transfer Pump - Flare). (II.3)	<b>51</b>
<b>11</b>	tableau d'abréviations. (II.4)	<b>52</b>

## LISTE DES FIGURES

---

### LISTE DES FIGURES

<b>FIGURES</b>	<b>TITRES</b>	<b>PAGE</b>
<b>1</b>	Profile d'un forage dirige. (I.1)	<b>4</b>
<b>2</b>	Circulation des fluides en UBD. (I.2)	<b>8</b>
<b>3</b>	Coincement différentiel lors du forage en OBD. (I.3)	<b>9</b>
<b>4</b>	Circuit de production de nitrogène. (I.4)	<b>17</b>
<b>5</b>	Compresseur. (I.5)	<b>18</b>
<b>6</b>	Refroidisseur. (I.6)	<b>18</b>
<b>7</b>	Générateurs d'azote. (I.7)	<b>19</b>
<b>8</b>	Module de séparation air-azote. (I.8)	<b>19</b>
<b>9</b>	Surpresseur (Booster). (I.9)	<b>20</b>
<b>10</b>	Stack BOP standard. (I.10)	<b>22</b>
<b>11</b>	PPM (Pull Push Machine) TISCO. (I.11).	<b>23</b>
<b>12</b>	Tête rotative passive. (I.12)	<b>24</b>
<b>13</b>	Tête rotative active. (I.13)	<b>24</b>
<b>14</b>	Vanne ESD. (I.14)	<b>25</b>
<b>15</b>	Choke Manifold. (I.15)	<b>25</b>
<b>16</b>	Module d'échantillonnage géologique. (I.16)	<b>26</b>
<b>17</b>	Flow line principale. (I.17)	<b>26</b>
<b>18</b>	Flow line secondaire. (I.2)	<b>27</b>
<b>19</b>	séparateur vertical. (I.2)	<b>28</b>
<b>20</b>	Trip Tank. (I.2)	<b>29</b>
<b>21</b>	Situation géographique de HMD. (II.1)	<b>30</b>
<b>22</b>	Stratigraphie géologique. (II.2)	<b>31</b>
<b>23</b>	Profil du puits OMNZ#201 ENF-UBD. (II.3)	<b>32</b>
<b>24</b>	P&ID des équipements d'UBD. (II.4)	<b>37</b>

## LISTE DES GRAPHS

---

## LISTE DES GRAPHS

<b>GRAPHES</b>	<b>TITRES</b>	<b>PAGE</b>
<b>1</b>	Intervalle de stabilité des parois (I.2)	<b>11</b>
<b>2</b>	L'augmentation de BHP pendant les connexions (I.2)	<b>14</b>

## Abréviations

**UBD** : La technique de forage under balance

**PH** : pression hydrostatique

**BOP**: blow out prevente

**OBD** : La technique de forage over balance

**RBOP**: rotative blow out preventer

**Cible(s)** : Le(s) point(s) visé(s) en sous-sol

**SIDE-track** : Le forage d'un puits latéral consiste à abandonner un puits au cours de forage

**ROP** : taux d'avancement

**MWD** : Outils de mesures en temps réel

**EMWD** : Electromagnétique Outils de mesures

**BHP** : La pression de fond (Bottom hole pressure)

**RPM** : Rotation par minute

**Drawdown** : pression de stabilité des parois en pourcentage

**NPU** : Unité de production d'azote

**ESD** : Emergency Shutdown

**PPM** : push pull machine

**HSE** : Hygiène, sécurité et environnement

**DST** : drill stem test

**$\Delta p$**  : draw down

**ECD** : equivalent circulating density

**DP** : drill pipe

**HAZOP** : Hazard Operability

**ICI** : Imperial Chemical Industries



# **INTRODUCTION**

## **GENERAL**

# INTRODUCTION GENERALE

---

## Introduction

Le pétrole et le gaz jouent un rôle très important et capital dans l'industrie des pays de monde. Le forage est resté jusqu'à maintenant le seul moyen et la seule méthode pour extraire et exploiter ces sources d'énergie.

La découverte du champ de Hassi Messaoud en 1956 et la production commencée en 1958, à cause des longues et continues années de production, 43 ans à environ. Le gisement de Hassi Messaoud a subi un déclin important de la pression de gisement, on enregistre actuellement six zones.

Dans le but d'améliorer les taux de la production, les compagnies pétrolières impliquent des techniques avancées en forage.

La technique UBD répond à ses objectifs. Elle consiste à réaliser un forage avec une pression de fond qui est intentionnellement inférieure à celle du gisement. Le débit est contrôlé en surface et le réservoir débite au cours du forage.

En Algérie, SONATRACH a commencé l'application de cette technique, au 2002, dans le champ de Hassi Messaoud, et plus précisément dans les zones déplétées, Pour améliorer la productivité et éviter l'endommagement au niveau de ses réservoirs.

Pour cela et dans ce sens, on va essayer en premier lieu, à travers cette étude de donner, un panorama sur les techniques avancées, l'historique et leurs applications au monde et en Algérie, et à la fin on va préciser l'étude sur la technique Under Balance (technique de forage UBD, équipements de forage en UBD, risques liés au forage UBD).

Notre étude s'articule en (les chapitres) :

Dans la première partie on va essayer de donner, une généralité sur les techniques de forage avancées, et leurs applications en monde et en Algérie et La technique UBD, (Équipement UBD, de surface, de fond).

Dans la Deuxième partie de cette étude, on va représenter la région d'étude et faire une application de méthode HAZOP sur le puits ONMZ#201 au niveau de la région de Hassi Messaoud.

Dans notre cas d'étude qui revient à notre intérêt selon notre spécialité HSE, l'évaluation par la méthode HAZOP nous a montré que la circulation de débit dans l'équipement peut

## INTRODUCTION GENERALE

---

provoquer des dommages graves pour : les biens, les personnes et l'environnement. Selon les conséquences données dans les tableaux de HAZOP qui prouvent les résultats.

# Chapitre I

## Les techniques avancées de forage

---

## I. LES TECHNIQUES AVANCÉES EN FORAGE

Le premier forage pétrolier a été réalisé en 1859 à Titusville en Pennsylvanie. La avec une technique simple c'est le forage par battage. Avec le développement de la technologie le mode rotary fut apparaitre en 1901 aux États-Unis (Texas). Depuis ce jour cette technique est universellement utilisée avec des façons avancées actualisé avec le temps. [1]

### I.1 Forage dirige

Le forage dirige ou directionnel est la technique permettant de suivre une trajectoire donnée jusqu'à atteindre l'objectif impose (une cible planifiée selon le réservoir).

Le forage directionnel est devenu un outil très important dans le développement des gisements d'hydrocarbures.

Le facteur économique a dicté la nécessité du forage directionnel, probablement l'aspect le plus important de forage directionnel est qu'il permet aux producteurs, partout le monde, de développer des réserves qui ne pourraient jamais être économiquement atteintes de n'importe quelle autre façon.

Le forage directionnel a été au commencement employé comme opération réparatrice, pour un sidetrack autour d'un poison, correction de la verticalité d'un puits, ou pour contrôle des éruptions.

L'intérêt pour le forage directionnel a commencé en 1929 après le développement des outils de mesure dans le champ de seminole, l'Oklahoma, Etats-Unis.

En 1930, le premier puits directionnel a été foré à Huntington Beach, Californie, Etats-Unis. Le puits a été foré d'un endroit terrestre vers offshore.

Le forage directionnel avait reçu une publicité plutôt défavorable jusqu'à ce qu'il ait été employé en 1934 pour contrôle d'un puits en éruption près de Conroe, Texas, Etats-Unis. [4]

## Nomenclature dans un forage dirigé

**Position du puits :** L'emplacement de la tête de puits

**Cible(s) Target(s) :** Le(s) point(s) visé(s) en sous-sol

**Direction de la cible :** L'azimut relatif entre la tête de puits et la cible

**Référence de profondeur :** L'origine des mesures de profondeur

**Trajectoire :** Le cheminement du puits depuis la tête de puits jusqu'à sa profondeur finale.

**Kick-off :** Le point où le puits quitte la verticale

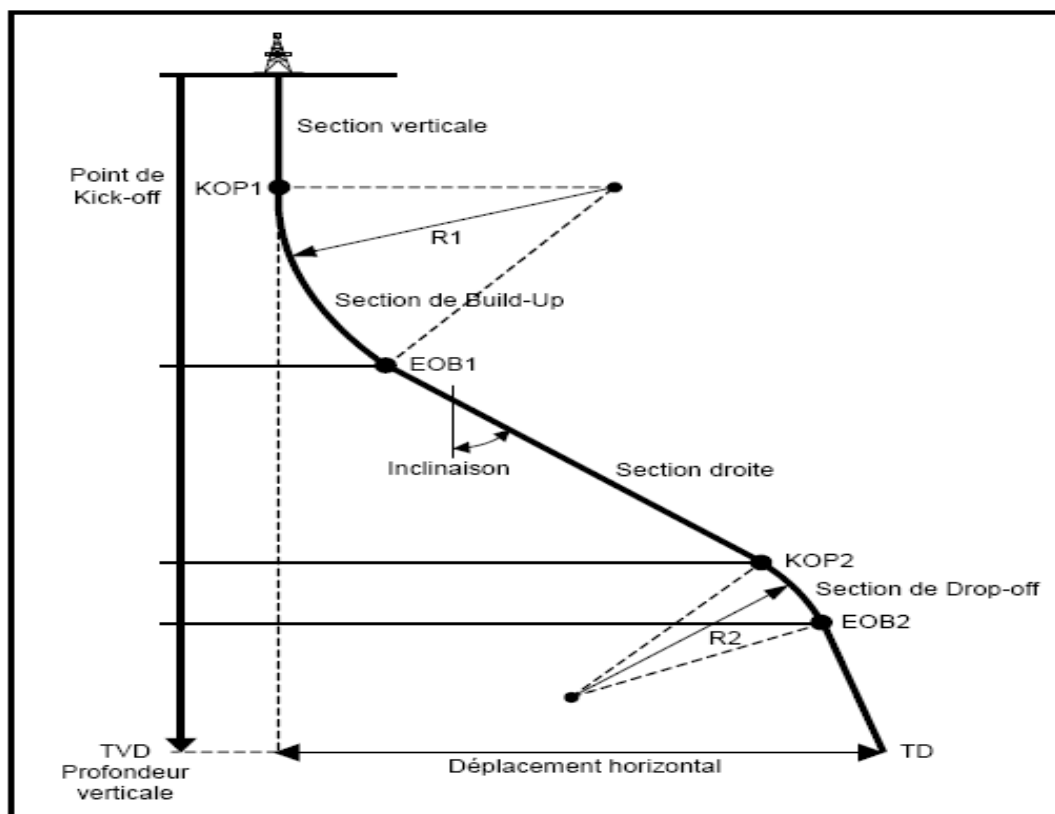
**Inclinaison :** L'angle du puits par rapport à la verticale

**Azimut :** La direction du puits par rapport au Nord

**Profondeur mesurée(MD) :** Longueur du puits mesurée le long de la trajectoire

**Profondeur verticale (TVD) :** La distance verticale entre le plan horizontal contenant un point du puits et le plan de la référence de profondeur

**Déplacement horizontal Distance(HD) :** horizontale entre un point du puits et la projection verticale de la tête de puits [4]



*Fig I.1 : Profil d'un forage dirigé [2]*

---

## I.2 Forage Under balance

La technique Under balance est aussi vieille que le forage conventionnel. Les premiers foreurs ont été utilisés des techniques Under balance dans les forages forés en utilisant le câble sans présence des fluides de forage.

Le concept du forage avec un fluide avec un fluide, dont la pression de circulation est inférieure à celle de réservoir a été fait breveter la première fois en 1866 comme moyen de nettoyage du puits, et toutefois la russe a été appliquée la technique de forage à l'air et au gaz en 1920, les premières applications utilisaient l'air comprimé pour forer le trou. L'évolution de la technologie au cours des années, permet d'introduire d'autres fluides tels que la mousse et le fluide aéré (gazéifié) pour des conditions de forage spécifiques, dans les années 1930 la technique a été appliquée à Oklahoma, California, Texas, ont utilisé les fluides aérés et gazéifiés à phase liquide est soit de l'eau ou de l'huile avec les systèmes fermes.

La technique de forage par la mousse et le fluide aère appelée « flow drilling » a été développée la première fois au sud de Texas par Texas compagnie en 1938, puis elle est devenue mondiale avec des exploits au Canada, en Australie et en Chine. Elle a été principalement utilisée pour le développement des champs à pression épuisée. Les premières techniques ont été développées par Angel (1957) et Moore et Cole (1965) essaient de prévoir le volume d'air ou de gaz nécessaire pour un nettoyage efficace du trou foré.

Pendant les années 90, l'UBD avait été appliqué avec succès dans des éruptions de forage en offshore et à travers l'Europe. Il y avait également plusieurs tentatives éditées dans la littérature pour développer une procédure systématique de conception basée sur l'estimation des paramètres hydrauliques de forage en Under balance dans applications de forage.

Actuellement, le forage Under balance est le développement le plus passionnant dans le secteur de forage, et la majorité des compagnies pétrolières ont développé des logiciels pour les calculs hydrauliques et des autres devers objectifs, au même temps que la technique de forage horizontal et multilatéral, il tient la valeur énorme pour forer des puits plus rentables.

**En Algérie** les techniques de forage avance sont introduits depuis 30 ans tel que la technique de forage dirige, et des technique a été appliqué plus tard comme la technique de forage horizontal est offre une meilleure avantage pour la productivité au niveau de champ de Hassi Messaoud, durant les années 2008/2009 environs de 10 à 13 programmes de forage horizontal en Under balance ont été réalisé.

SONATRACH a commencé l'application de la technique UBD, au 2002, dans le champ de Hassi Massaoud, et plus précisément dans les zones déplétées, et chaque année la société SONATRACH a été préparé des programmes de forage en Under balance surtout les forages de type de développement, comme les puits MDZ 664, OMLZ 312, MDZ 602, MDZ 626. [9]

## **II- TECHNIQUE DE FORAGE UBD**

### **II-1 Définition**

L'Under balance est une technique de forage ou la pression de Fond est intentionnellement maintenue à une valeur inférieure à la pression de réservoir. Si l'opération UBD est bien réalisée, on aura l'intrusion des fluides de formation à l'intérieur du puits et un acheminement vers la surface. Le forage en Under balance aide à améliorer la productivité du réservoir, car la faible pression hydrostatique empêche l'invasion de la boue et solides dans la formation ainsi que du mud cake. [5]

### **II-2 Principe du forage Under balance**

Le principe de la technique en Under balance est de maintenir la pression de fond inférieure à celle du réservoir selon une  $\Delta P$  désiré. Toute en assurant un contrôle de débiten surface, la pression de fond (BHP) doit être maintenue entre eux valeurs de pressions limites, qui en réalité délimitent la fenêtre de la pression de travail. La pression des pores donne la limite supérieure. [5]

### **II.3 Avantages de l'UBD**

Les avantages de l'UBD peuvent être subdivisés en deux principales catégories tout en prenant en considération le facteur économique:

- maximiser la récupération des hydrocarbures.
- minimiser les problèmes de forage. [1]



---

**❖ Avantages liés au réservoir****A- Réduction de l'endommagement du réservoir, augmentation de la Production et réduction d'une stimulation**

L'augmentation de la productivité du réservoir est le but principal recherché à travers l'application de l'UBD. Elle est de l'ordre de 2-6 à celle obtenue en forage conventionnel ou la perméabilité est abîmée.

La boue lourdes employée dans l'OBD crée une différence de pression entre le fond et le réservoir, entraînant une invasion et une contamination du ce dernier. Ceci réduit la productivité et nécessite des opérations spéciales de stimulation pour rétablir la perméabilité. Par la définition de l'UBD, ces problèmes peuvent être évités :

- Le fluide de forage minimise l'endommagement ;
- N'affecte pas la perméabilité et donc la production ;
- La probabilité de stimulation est réduite ou éliminée.

La réduction de l'endommagement signifie plus de productivité et moins de coût de l'opération de stimulation. [1]

**B- Evaluation instantanée du réservoir au cours du forage**

Les conditions de l'UBD permettent l'écoulement du fluide de la formation vers le puits jusqu'en surface sous une différence de pression négative. Une augmentation du débit indique la présence d'une formation productrice. Inversement, pendant le forage conventionnel la pression de l'overbalance empêche la formation de débiter, les zones potentiellement productrices doivent être identifiées à partir : des déblais, analyse des carottes, logging ou DST. Ce qui nécessite beaucoup de temps, de moyens et surtout d'argent.

En UBD plusieurs caractéristiques peuvent être identifiées :

- **Caractéristiques de production** : les types de fluides et leurs débits (gaz, huile, l'eau) ;
- **Les paramètres du réservoir** : la pression de gisement et la température ;
- **Les pressions de fond dynamique (BHP).**

Les mesures de débits de production faites en UBD donnent suffisamment d'informations d'où la non nécessité de tester la formation réduisant ainsi le coût de l'évaluation. [1]

## C- Production pendant le forage

Lorsque le puits est foré en UBD, la production commence dès la traversée des zones productrices. Avec des équipements de surface convenables, il est possible de stocker l'huile durant le forage. Quelques puits ont amorti leurs coûts avant que l'opération de forage soit terminée. [1]

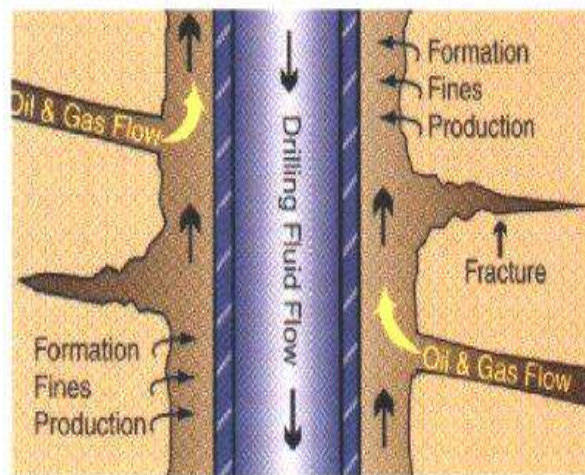
### ❖ Avantages liées au forage

#### A- Diminution des pertes de circulation

Elle est définie comme une perte de boue en quantité dans la formation. Cette dernière se produit lorsque la pression hydrostatique du fluide de forage excède la pression de fracturation de la formation.

L'UBD est appliqué pour le forage des réservoirs sévèrement déplétés ou des réservoirs à faibles pressions de gisement où le risque de perte est majeur avec la méthode du forage conventionnel.

Donc si les conditions de l'UBD sont maintenues les pertes de circulation sont minimisées ou éliminées [1]



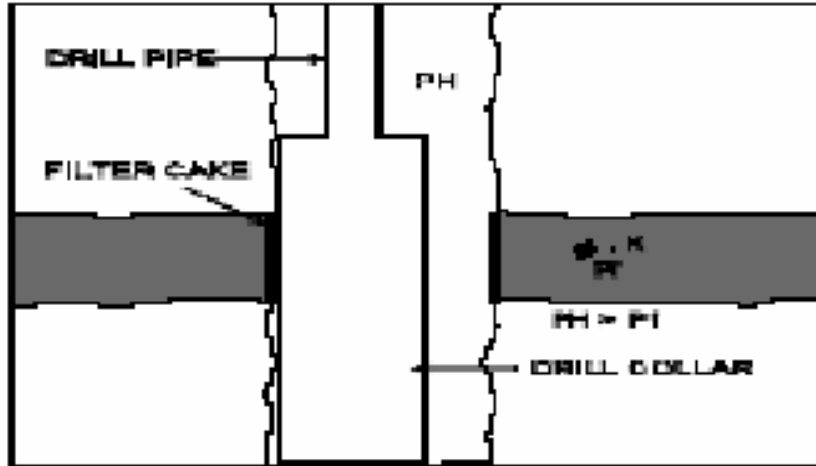
*Fig I.2 : circulation des fluides en UBD [1]*

#### B- Diminution de la probabilité de coincement différentiel

Le coincement est causé par :

- La garniture excentrée.
- Dépôt de cake en face d'une zone perméable et de faible pression de formation.

En UBD, la pression hydrostatique ne s'exerce pas sur les parois du trou et pas de dépôt de cake. Le problème de coincement par pression différentielle est évité même si la formation est poreuse et perméable. [1]



*Fig I.3: coincement différentiel lors du forage en UBD [1]*

#### D- Augmentation des vitesses d'avancement

En forage conventionnel, la pression hydrostatique exerce une force contre la roche, exigeant ainsi une énergie plus importante pour permettre la destruction de cette dernière. Si la roche est compacte avec un dépôt de cake sur les parois du trou, cela influe directement sur la vitesse d'avancement de l'outil.

Par contre en UBD la pression hydrostatique du fluide n'exerce aucune force sur la roche ; puisque le puits débite et sans dépôt de cake risquant d'embourber les cutters (généralement on fore avec le brut azoté). On assure ainsi une bonne vitesse d'avancement de l'outil (ROP excède 5 fois le ROP en forage overbalance).

En outre, puisque la pression de gisement est supérieure à la pression hydrostatique, une d'énergie minimale est dépensée pour détruire la roche et par conséquent des taux de pénétration élevés. [1]

#### E- Augmentation de la durée de vie des outils de forage

Une quantité considérable de chaleur est produite par le frottement de l'outil lorsqu'il entre en contact avec la formation. Le fluide de forage transmet cette chaleur loin de ces emplacements de frottement par la convection. Il convient de noter que les solides dans le

fluide de forage contribuent à créer une chaleur supplémentaire en plus celle produite par l'outil.

En employant UBD les frottements sont minimisés :

- l'absence de forces additionnelles tenant la formation en place ;
- fraction solide est maintenue à une valeur minimale.

Afin d'obtenir la condition optimale de ROP, l'UBD exige moins d'efforts sur l'outil et réduit la charge sur les cutters et les roulements d'où une augmentation de la durée de vie de l'outil. [1]

## **F- Diminution du temps de réalisation**

Pendant le forage en OBD, plusieurs problèmes surviennent et par conséquence augmente le temps de réalisation du puits d'où des coûts supplémentaires non programmés, augmentant le coût global de ce dernier.

En UBD ces problèmes sont réduits ou éliminés d'où un gain de temps de forage considérable. [1]

## **II.4 Les inconvénients de l'UBD**

L'UBD offre une multitude d'avantages, on remarque par ailleurs quelques facteurs limitatifs pouvant générer des complications lors de l'exécution du programme de forage tel que :

- utilisations de technologie supplémentaires et complexités opérationnelles, ce qui demande une connaissance parfaite du terrain;
- instabilités potentielles du puits de forage (telles que la présence des Schistes);
- risques opérationnels (tels que des pressions superficielles plus élevées, des taux de récupération élevés);
- utilisation d'équipements spéciaux;
- risque d'incendie au fond du puits (si %O<sub>2</sub> est important);
- débit d'eau excessif (cas du forage à la mousse). [1]

## II.5 Problèmes Liés à la technique UBD

### a- Instabilité du trou

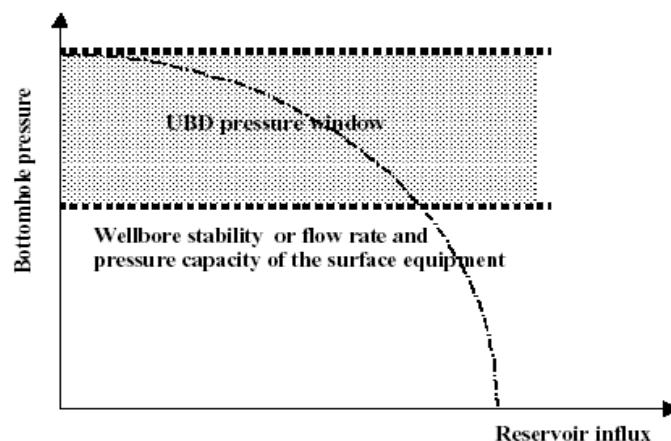
Comme dans le forage conventionnel l'instabilité du trou peut survenir des phénomènes mécaniques ou chimiques. Ceux-ci peuvent s'accroître par le forage en UBD. Quel que soit le mécanisme, l'instabilité du trou peut induire le coincement de la garniture au fond. Si les fragments des roches sont trop grands pour que le fluide puisse les soulever du trou, ils tombent et s'accumulent et puis causant le coincement de la garniture.

Dans le forage en OBD, l'excès de pression de fond par rapport à la pression de formation fournit quelque degré de support aux abords du puits, contrairement en UBD ce support est absent. Au fur et à mesure que le draw down augmente, la tendance de l'instabilité du trou augmente. Cela met une limite inférieure de la pression de fond, au-dessous de laquelle il est impossible de forer efficacement. Cette limitation de la pression de l'underbalance est principalement influencée par :

- les contraintes in situ;
- la dureté des formations;
- la pression actuelle du réservoir.

En général, pour travailler dans de bonnes conditions UBD, les formations dures et consolidées ont des forces suffisantes pour autoriser d'être forées avec l'air sec sans avoir de problème d'instabilités du trou.

Si le profil du puits traverse des terrains durs, le cas des terrains gréseux avec une certaine teneur en argile cela conduit un draw down admissible plus grand. [1]



*Graph I.1: Intervalle de stabilité des parois. [1]*

---

---

### c- Les équipements directionnels de forages

Pendant le forage, le trou doit être fréquemment vérifié, en particulier dans le cas des puits horizontaux.

Conventionnellement, les mesures se font par la télémétrie de la pulsation dans la boue par le MWD qui nécessite un milieu incompressible et monophasique. Les fluides de forage utilisés en UBD étant compressibles, l'intensité des pulses qui sont produites ne se propage pas à la surface avec une amplitude suffisante pour les détecter. Pour cela on utilise le EM MWD électromagnétique qui envoie les signaux via la surface mais présentant l'inconvénient d'être très cher.

Actuellement, les puits forés par la division production utilisent le premier système mais il présente toujours des problèmes de transmissions en utilisant le brut avec un pourcentage de nitrogène ne dépassant pas les 20%. [1]

### d- La production excessive d'hydrocarbure

En réalité les problèmes de contrôles des puits ne sont pas considérés comme limitation au forage en UBD, mais il faut prévoir des équipements de surface capable de supporter le débit maximal de production sans risque et capable aussi de supporter la pression maximale en surface. Si les débits de productions excessifs sont rencontrés alternativement on peut soit :

- connecter au réseau de production
- convertir le forage à l'overbalance. [1]

### e- Le choix du fluide de forage

Chaque roche a des caractéristiques physiques qui exigent le type de fluide à utiliser. La fig. 14 montre les différents types de fluides convenables à chaque type de formations.

**Exemple :** le forage d'une roche dure (cas du réservoir de Hassi Messaoud) en UBD utilise le brut et le nitrogène mais par exemple le type mousse ne sera pas efficace.

Donc chaque fluide a des caractéristiques chimique et mécanique qui sont convenable pour certaines roches. [1]

## f- Problème de corrosion

Le facteur majeur de la corrosion dans l'UBD est la présence d'oxygène. Pour éviter ce problème, il y a toujours des améliorations sur l'unité de nitrogène et cela grâce au système d'azote à membrane produisant un gaz inerte avec une concentration d'oxygène de 3% à 12% avec un équilibre de nitrogène. [1]

## g- Risque d'incendie au fond du puits

Pendant le forage en undebalance, lorsqu'on injecte de l'azote dans le puits, on risque de dépasser le pourcentage d'oxygène admissible qui est de 12%, dans ce cas on risque de provoquer une explosion au fond du puits.

Ce pourcentage d'oxygène dépend de la pression de refoulement selon la formule suivante :

$$\%O_2 = 13.39 - \log(P)$$

Avec P: la pression de refoulement. [1]

## II.6 Causes de la non-continuité des conditions UBD

L'importance de maintenir la continuité des conditions d'underbalance dépend de la motivation fondamentale pour le forage en underbalance dans réservoir donné.

1. la minimisation des problèmes de forage
2. la réduction dans l'endommagement de la formation

Si les conditions d'underbalance sont compromises pendant les opérations du forage, une invasion rapide du fluide de forage dans la formation peut se produire, même pendant une brève période de basculement en Overbalance

Le maintien des conditions d'underbalance est très complexe dans les UBD dit 'induit' [1]

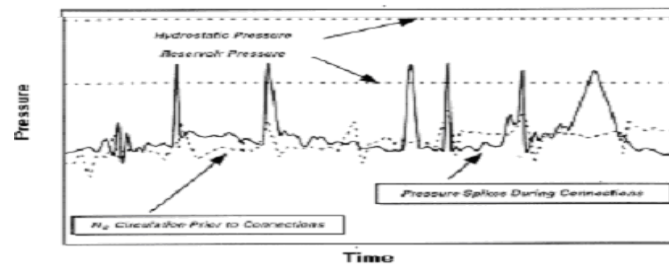
### 6.1. Augmentation de densité

Pendant les opérations du forage, la densité de la boue augmente souvent dû à l'action d'alésage et du forage sur la formation et l'incapacité des centrifugeuses d'assurer un rendement adéquat. [1]

## 6.2. Connections

Les connections représentent l'une des plus grandes raisons d'oscillations de la pression au fond, qui peuvent être évitées par

1. Connections rapides
2. Diminution des périodes de purges
3. Maintien d'un certain écoulement dans les annulaires pendant les connections [1]



**Graph I.2:** L'augmentation de BHP pendant les connections. [1]

## II.7 Application de l'UBD à Hassi-Messaoud

### 7.1. Causes d'utilisation de la technique UDB à Hassi- Messaoud

On fait l'UBD à Hassi Messaoud pour éviter les problèmes de forage en overbalanced au niveau du réservoir tel que les pertes de boue, l'endommagement du réservoir et la lenteur de la vitesse d'avancement.

Ces problèmes sont causés par ces caractéristiques de champ de Hassi messaoud qui sont :

- La chute de la pression de gisement de Hassi Massaoud.
- Réservoir faillé qui pose le problème de perte de boue.
- Faible perméable. (2à8%) **ERREUR GRAVE**

L'utilisation de la technique UBD donne des résultats réussites dans la coté économique par exemple : on a récupéré pendant le forage du drain dans le l'utilisation de la technique UBD donne des résultats réussites dans la coté économique par exemple : On à récupérer pendant le forage du drain dans le puits MDZ 550 plus de 7000 m<sup>3</sup>, 1400 m<sup>3</sup> dans les puits MDZ 548 et ONMZ201, 1500 m<sup>3</sup> dans le puits ONMZ 263. [3]



---

## Critères d'un puits apte à être fore en UBD

Pour qu'un puits puisse être candidat au forage en underbalanced il faut qu'il remplisse les conditions suivantes :

- Zones à risques de coincement par pression différentielle :

Dans beaucoup de réservoirs, le collage par pression différentielle est un problème important causant une perte de temps productif significatif (NPT). Les pertes économiques sont représentées par la perte potentielle du BHA et la possibilité de devoir dérouter le trou autour de la pipe perdue.

Le collage différentiel se produit par la présence d'un filtrat important (qui a d'autres effets bénéfiques, que nous verrons par la suite, mais à cet égard il est nocif) et la pression différentielle entre le fluide dans l'anneau et la formation.

- **Réservoirs dépletés.**
- **Formations dures** (denses, perméabilité et porosité faibles) qui a comme conséquences directes un taux de pénétration de l'outil et une durée de vie, (dans le forage conventionnels), très faibles.
- **Zones à pertes de circulations sévères.**
- **Zones sujettes aux endommagements** (skin damage incompatibilité fluide / fluide, incompatibilité fluide/formation).
- **Formations fracturées.**
- **Formation sévèrement cavée.**
- **Zones hétérogènes.**

Une fois le puits candidat choisi, les techniques appropriées pour la réalisation des opérations en underbalanced doivent être sélectionnées en se basant sur les mêmes critères de choix. [3]

## II.8 La sécurité (HSE)

### 8.1. L'aspect sécuritaire

A l'intérieur de la zone dangereuse, un grand nombre de travailleurs est demandé pour les opérations UBD, l'équipe de forage ont priés pendant toute leur carniers que lorsqu' un puits débite, il faut le fermer et le tuer, mais pendant l'UBD, la seule chose qui doit être évitée est tuer le puits parce que cela peut annuler tous les bénéfices de cette technique. Travailler

dans un puits vivant n'est pas une opération normale pour l'équipe de forage et une bonne formation est nécessaire pour s'assurer que les accidents seront évités.

Le processus de L'UBD est plus compliqué comparé aux opérations de forage conventionnel. L'injection du gaz, la surface de séparation ainsi que le snubbing sont demandés sur le puits.

Le réservoir est la forge menant dans le processus de L'UBD. Le chef poste doit comprendre le processus et toutes les interactions requises entre le réservoir, les taux de pompage (débits), l'injection du gaz et le système de séparation pour forer le puits en toute sécurité.

Quand les opérations de manœuvre commencent, le puits doit rester sous contrôle. L'introduction des tiges et leurs enlèvements à l'intérieur du puits (snubbing) n'est pas une opération routière, et une équipe spécialisée dans le snubbing est normalement sollicitée pour manipuler les tiges dont le puits fermé.

## **8.2. L'approche pas par pas**

Il est considéré prudent si le nombre de puits à forer en UBD avec une nouvelle équipe d'utiliser l'approche pas par pas ; 1<sup>er</sup> puits est foré en UBD mais tué en manœuvre, mais le puits sera tué lors de sa complétion.

Le 3eme puits est foré et complété en UBD. Cela permet à tous les membres de l'équipe de maîtriser et de préparer les équipements.

### III. EQUIPEMENTS DE FORAGE UNDERBALANCE

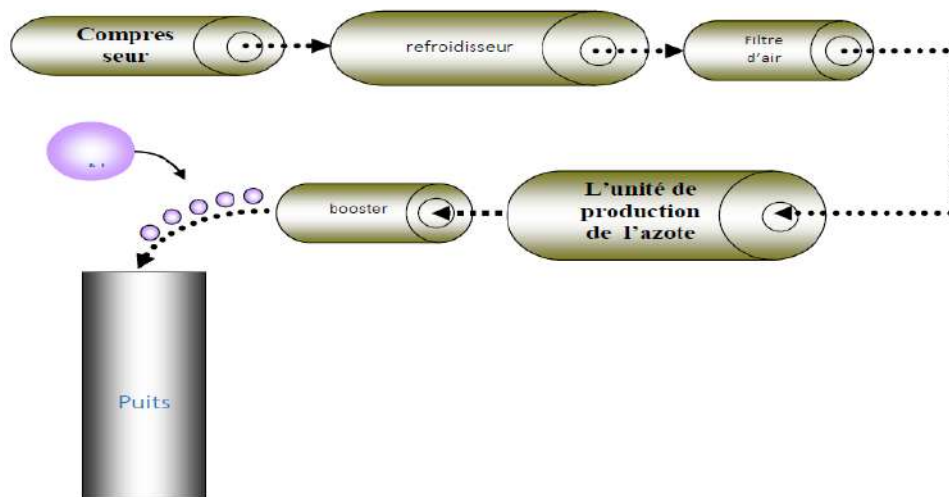
#### Introduction

Le forage en UBD nécessite l'installation des équipements supplémentaires par rapport aux forages conventionnelle, on peut subdiviser ces équipements : [7]

#### III.1 Equipement de surface

##### III.1.1 Equipements de circuits de production de N<sub>2</sub> :

C'est un ensemble des machines servent à générer l'azote en place (au chantier), ces équipements sont classés par l'ordre de fonctionnement comme suit : [7]



*Fig I.4: Circuit de production de nitrogène. [7]*

#### A. Compresseurs :

Les compresseurs représentent la base de pyramide de génération d'azote, il y a quatre compresseurs, dont deux fonctionnent et les deux autres sont en back up (réserves), il y a deux rangs de compresseurs, dont le rôle est d'aspirer l'air atmosphérique à un certain taux et le comprimer à une pression comprise entre 100-300 psi avec un débit de compression de 50m<sup>3</sup>/min. [7]



*Fig I.5: Compresseur*

Débit d'entrée d'air	T° d'entrée d'air	Pression sortie N2	Débit de sortie N2
85 m <sup>3</sup> /min	50°C	175 PSI	42 m <sup>3</sup> /min

*Tableau I.1 : Représentant les Caractéristiques de Compresseur.*

### **B. Refroidisseur (Air Cooler) :**

L'air sortant des compresseurs à une température de **43°C** va au refroidisseur qui est composé de trois ventilateurs et trois filtres, l'air est refroidi jusqu'à une température de **32°C**, Après on aura une diminution de pression suite à une perte de charges dans les filtres et un changement de température.

Le rôle de refroidisseur est l'enlèvement de l'humidité pour obtenir un air pur dirigé vers le générateur d'azote. [7]



*Fig I.6: Refroidisseur*

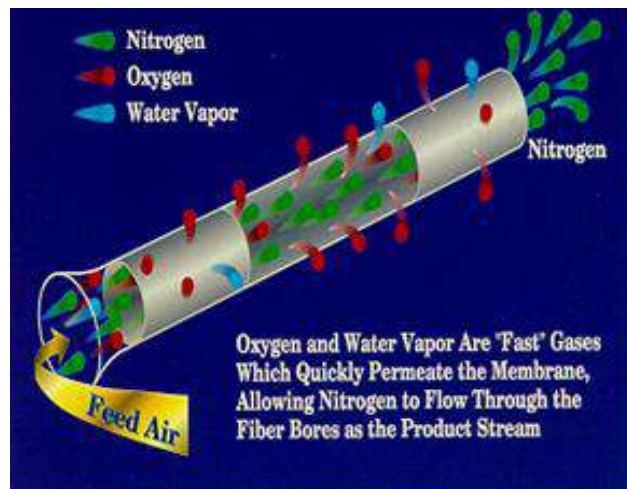
Pression d'entrée N2	Pression N2 comprimé	RPM
175 PSI	1500 à 2500 PSI	Min 1200 tr/min Max 1800 tr/min

**Tableau I.2:** Représentant Les Caractéristiques Du Refroidisseur.

### C. Générateurs d'azote :

C'est une unité d'azote qui comprend des filtres à fibres et une membrane de filtration d'oxygène.

Le principe du générateur d'azote est la diffusion moléculaire, basée sur la taille des molécules constituant l'air et leurs vitesse, c'est à dire dégageant les autres constituants et empêchant le nitrogène à passer afin, d'avoir une condensation de nitrogène, par ce que la vapeur de l'oxygène et d'eau sont des gaz " rapides " qui imprègnent rapidement la membrane, permettant à l'azote de traverser les alésages de fibre comme jet de produit.



**Fig I.7:** Générateurs d'azote

**Fig I.8:** Module de séparation air-azote

L'air est constitué de 78% d'azote, 21% d'oxygène et de 1% d'autres (gaz rares 0,94%, CO<sub>2</sub> 0,03%, H<sub>2</sub> 0,01%).

Les étapes de séparation sont résumées dans les points suivants :

- L'air venant du refroidisseur à une température de 32°C, passe dans les filtres hydrocarbonés pour l'élimination de CO2 ainsi que l'humidité
- Ensuite l'air sera dirigé vers les filtres d'eau pour l'élimination de H2O
- L'air purifié sera dirigé vers la membrane de filtration d'oxygène, cette membrane laisse passer les molécules d'oxygène et fait condensé les molécules d'azote, en fait pas toutes les molécules d'oxygène qui vont être passé, mais en gardant un taux de 5 à 12% [7]

Débit d'entrée d'air	T° d'entrée d'air	Pression sortie N2	Débit de sortie N2	Puissanc e	Pureté N2
85 m3/min	50°C	175 PSI	42 m3/min	75 KW	95%

*Tableau I.3 : Représentant les caractéristiques de générateur d'azote.*

**D. Surpresseur (Booster) :**

Le Surpresseur est un compresseur conçu pour l'augmentation de la pression de gaz d'une certaine pression à une certaine plus grande, selon la capacité du compresseur.

Dans l'unité de génération d'azote, il y a deux surpresseurs dont le premier reçoit le nitrogène avec une pression de 175psi et le comprime à une pression peut atteindre 2500psi avec un débit de 42m3/h, le deuxième surpresseur reçoit le nitrogène déjà sortie du premier surpresseur pour le comprimer à une pression de 5000psi avec un débit de 65m3/h.

On utilise deux surpresseurs par ce qu'on ne peut pas passer de 175psi directement à 5000psi [7]



*Fig I.9: Surpresseur (Booster)*

Pression d'entrée N2	Pression N2 comprimé	RPM
175 PSI	1500 à 2500 PSI	Min 1200 tr/min Max 1800 tr/min

*Tableau I.4 : Représentant les caractéristiques de générateur d'azote.*

### **E. Pompe de Refoulement :**

La pompe qui refoule l'azote vers le puits, a les caractéristiques suivantes :

Diamètre du piston	Course du piston	Débit	Pression max
3"	5"	348 l/min	2300 psi

*Tableau I.5 : Caractéristiques de la Pompe de Refoulement.*

III.1.2 Equipement de contrôle et ligne de la surface

1.2.1. Système d'empilage

L'empilage BOP conventionnel n'est pas compromis pendant les opérations d'underbalance. Une tête du contrôle rotative et une flow line principale avec des valves ESD sont installés sur le stack conventionnel [7]

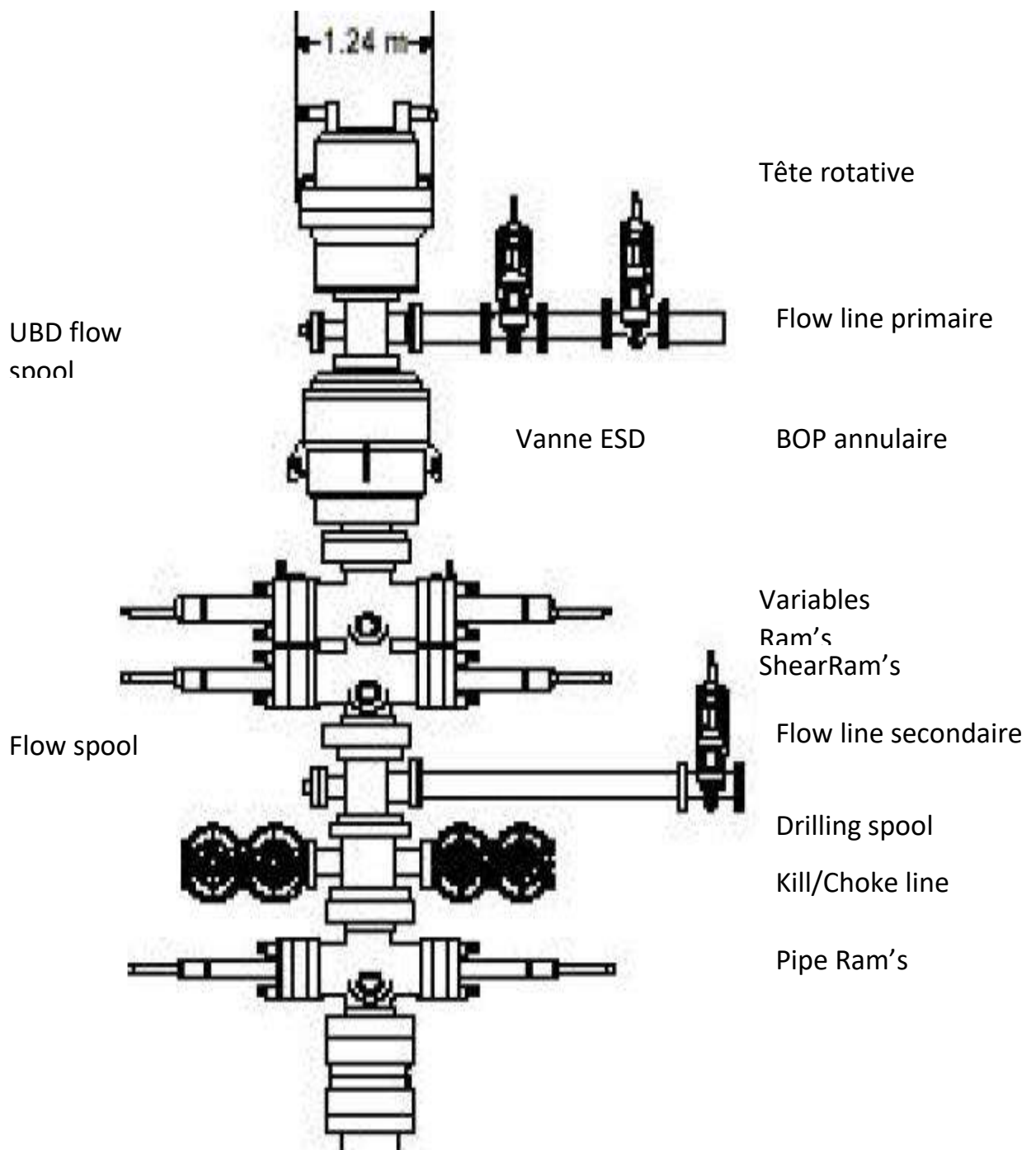


Fig I.10: Stack BOP standard [7]



1.2.3 Système de snubbing

Si les manœuvres sont en underbalance, un snubbing système sera installé sur le plancher. La PPM (Pull Push Machine) à une course de 10 ft, elle est utilisée pour pousser les tiges dans le puits ou outrepasser la pression de puits pendant la remontée. Une fois le poids de la garniture l'emporte sur la pression exercée, on procède à son démontage. [7]

Travail vers le bas	Travail vers le haut	Course de travail
50000 lb – 22240 daN	25000 lb - 11120 daN	3m

Tableau I.6 : Caractéristiques du Push pull machine

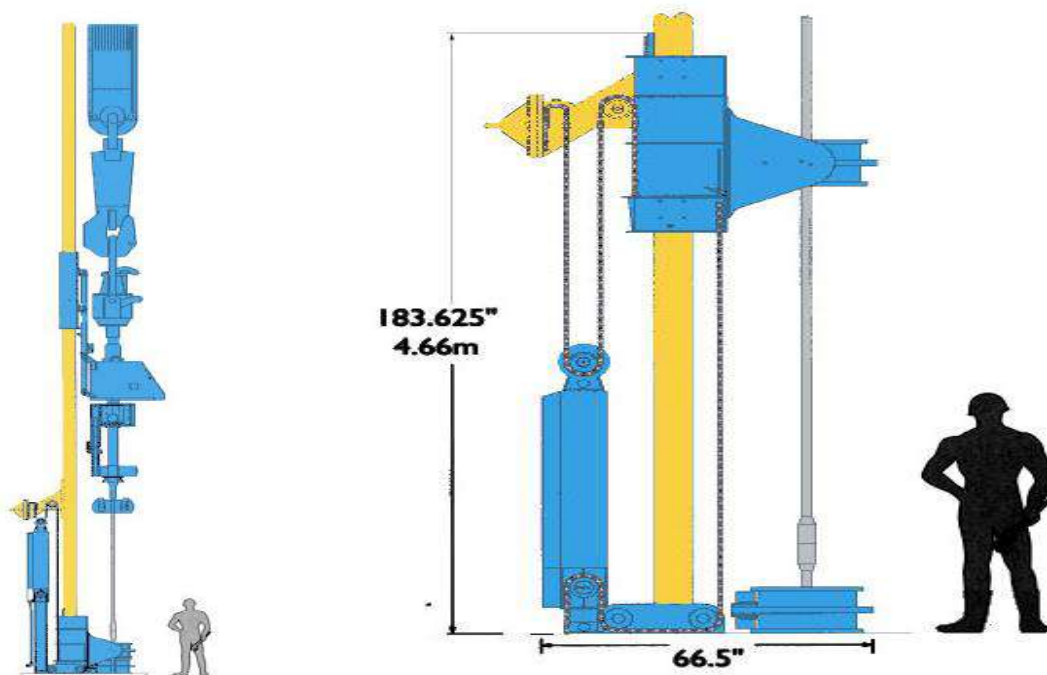


Fig I.11: PPM (Pull Push Machine) TISCO [7]



### 1.2.4. Système de têtes rotatives

La technologie de la tête rotative est devenue un élément clé dans beaucoup de programmes du forage.

Ce système est appelé une tête du contrôle rotative communément (RCH) parce que l'élément d'étanchéité tourne au même temps que les tiges de forage pendant que son logement (Bol en acier) et un ensemble de roulement contrôle le débit.

Il y a deux types de têtes du contrôle rotatives; passif et actif. [7]

#### A. Les têtes rotatives passives

Elles comptent sur les pressions ascendantes de puits pour assurer l'étanchéité de l'élément sur les tiges. Plus la pression de puits est élevée, plus l'étanchéité est élevée. [7]



*Fig I.12: tête rotative passive*

#### B. Les têtes actives

Elles comptent sur la pression d'un circuit hydraulique pour stimuler l'élément autour des tiges de forage. A chaque dégradation de l'élément ou des montées de pression annulaires, la pression hydraulique peut être augmentée pour, à son tour augmenter la pression du scellement [7]



*Fig I.13: tête active*

### 1.2.5. Vanne ESD (Emergency Shut Down)

C'est une vanne hydraulique située à la sortie latérale de l'UBD Mud Cross. Cette vanne de sécurité est utilisée en cas d'éventuels problèmes tels que :

- Le changement de la garniture.
- Fuite au niveau des équipements.
- On cas de détection d'un gaz toxique (H<sub>2</sub>S). [7]



*Fig I.14: Vanne ESD [7]*

### 1.2.6. Duses et Manifolds d'UBD

Le choke manifold et le stand pipe manifold sont des parties importantes dans L'UBD  
Tous les manifolds devraient avoir au moins la même pression de service que les BOP et devraient être conçus pour supporter la pression, température, abrasivité et corrosivité de la formation et les fluides de forage.

Le choke manifold devrait être conçu au maximum pression anticipé en surface. Et supporter les concentrations élevées des solides abrasifs.

Le choke manifold est disposé sur la sortie annulaire de la flow line principale, il est composé de

Duses réglables, manuelle et automatique.

Le rôle des duses réglables c'est le contrôle de la pression de fond pendant le forage, connexion, et la remontée [7]



*Fig I.15: Choke Manifold*

### 1.2.7. Ligne de surface

#### a- Module d'échantillonnage géologique

L'avantage principal des séparateurs HES est l'échantillonnage au niveau d'un module se trouvant à l'amont de séparateur

Il permet l'échantillonnage continu des fluides et cuttings dans un système de séparation pressurisé et fermé [7]



*Fig I.16: Module d'échantillonnage géologique*

#### b. Flow line Principale

Elle est située à la sortie de la tête rotative, elle est normalement utilisée pendant toute la durée des opérations underbalance [7]



*Fig I.17: Flow line Principale*

### c. Flow line secondaire

La Flow line secondaire n'est utilisée que comme back up de la Flow line principale, elle est généralement située entre les BOP's simple et double

Il est a noté que cette Flow line est équipé d'une ESD [7]



*Fig I.18: Flow line secondaire*

## III.1.3 Equipement de séparation

### a. Le Séparateur

C'est un séparateur vertical qui sépare le liquide du gaz (fig :II-3-4), sa pression de travail est de 5000 psi. Il est constitué par un corps cylindrique en acier fermé à chaque extrémité par fond bombé. Ce dernier à une forme sphérique pour éviter les pressions perpendiculaires sur les parois.

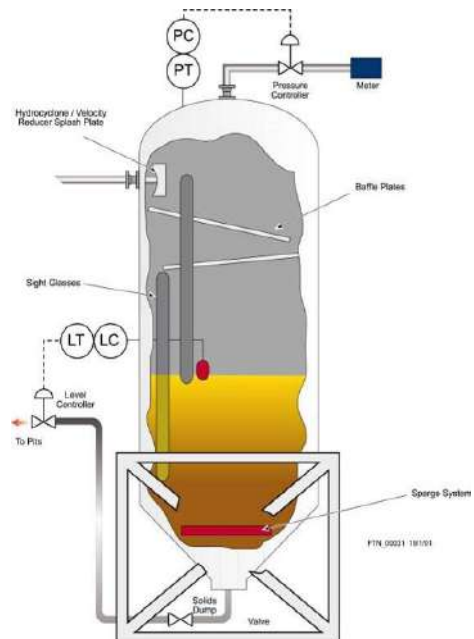
Le séparateur comporte des étages de décompression, et porte un certain nombre d'orifices :

- orifice latéral pour l'entrer des fluides tangentiels.
- Orifice à l'extrémité supérieur pour l'évacuation des gaz.
- Orifice situé à l'extrémité supérieure reliant la conduite de purge, qui est raccordée au collecteur de refoulement, cette conduite permet de purger l'interieur des tiges vers le séparateur lors d'une éventuelle connexion pendant le firage.
- Orifice à l'extrémité inférieur qui permet la sortie du fluide (liquide- déblais) du séparateur, relié à la conduite deretour du fluide. Cette dernière reliée à une pompe

centrifugeuse, son rôle est de vider le séparateur du fluide (liquide – déblais) afin d'éviter la décantation au fond du séparateur. Cette pompe assure le refoulement du fluide vers les tamis.

Lors du forage le fluide sortant du puits est dirigé vers le manifold de l'underbalanced, puis vers le séparateur où se fait la séparation entre le liquide et le gaz. La séparation se fait en trois étapes :

- le fluide (liquide gaz) venant du puits est dirigé vers la chambre de compression, où se fait la séparation gaz- liquide, cette chambre de compression du gaz ralentit le débit du gaz et élimine l'homogénéité du fluide pour permettre la séparation. La chambre de compression sépare le liquide du gaz, grâce à des chicanes superposées et des valves de décompression de gaz. [7]



*Fig I.19: séparateur vertical [7]*

### III.1.4 Equipement de récupération

#### a- bac de décantation

Il sert à la récupération du fluide de forage, équipé par des tamis pour élimination des déblais, après ce fluide va traiter par des centrifugeuse pour éliminer la quantité de l'eau et

particules solides à fin d'avoir une phase d'huile (brute) de 98%, en fin le liquide est acheminé vers les tank farms. [7]

### **b- Tank farm**

Ce sont des bacs de circulation utilisés pour le stockage du brute pour le réinjecter dans le puits et si on a excès du brute on le transport vers le réseau de production.

Il a les caractéristiques suivantes :

Ouvert à l'atmosphère avec un volume total de 30.5 m<sup>3</sup> et un volume actif de 24 m<sup>3</sup>. [7]



*Fig I.20: Trip Tank*

# Chapitre II

## Partie Pratique



## II. Généralités sur le Champ de Hassi-Messaoud

### II.1 Situation géographique et géologique

#### Situation géographique

Le champ de Hassi-Messaoud, se situe à 800 km Sud/ Sud-Est d'Alger et à 350 km de la frontière tunisienne. Sa localisation en coordonnées Lambert Sud Algérie est :

X = [790.000 - 840.000] Est,

Y = [110.000 - 150.000] Nord



*Fig II.1 : Situation géographique de HMD*

#### Situation géologique

Le champ de Hassi-Messaoud occupe la partie centrale de la province triasique. Par sa superficie et ses réserves, il est le plus grand gisement de pétrole d'Algérie qui s'étend sur près de 2200 km<sup>2</sup> de superficie, Il est limité :

Au Nord-Ouest par les gisements d'Ouargla, Gellala, Ben Kahla et Haoud Berkaoui

Au Sud-Ouest par les gisements d'El Gassi, Zotti et El Agreb.

Au Sud-Est par les gisements; Rhourde El Baguel et Mesdar.

A l'Ouest par la dépression d'Oued M'ya.

Au Sud par le môle d'Amguid El Biod.

Au Nord par la structure Djammâa-Touggourt. [8]

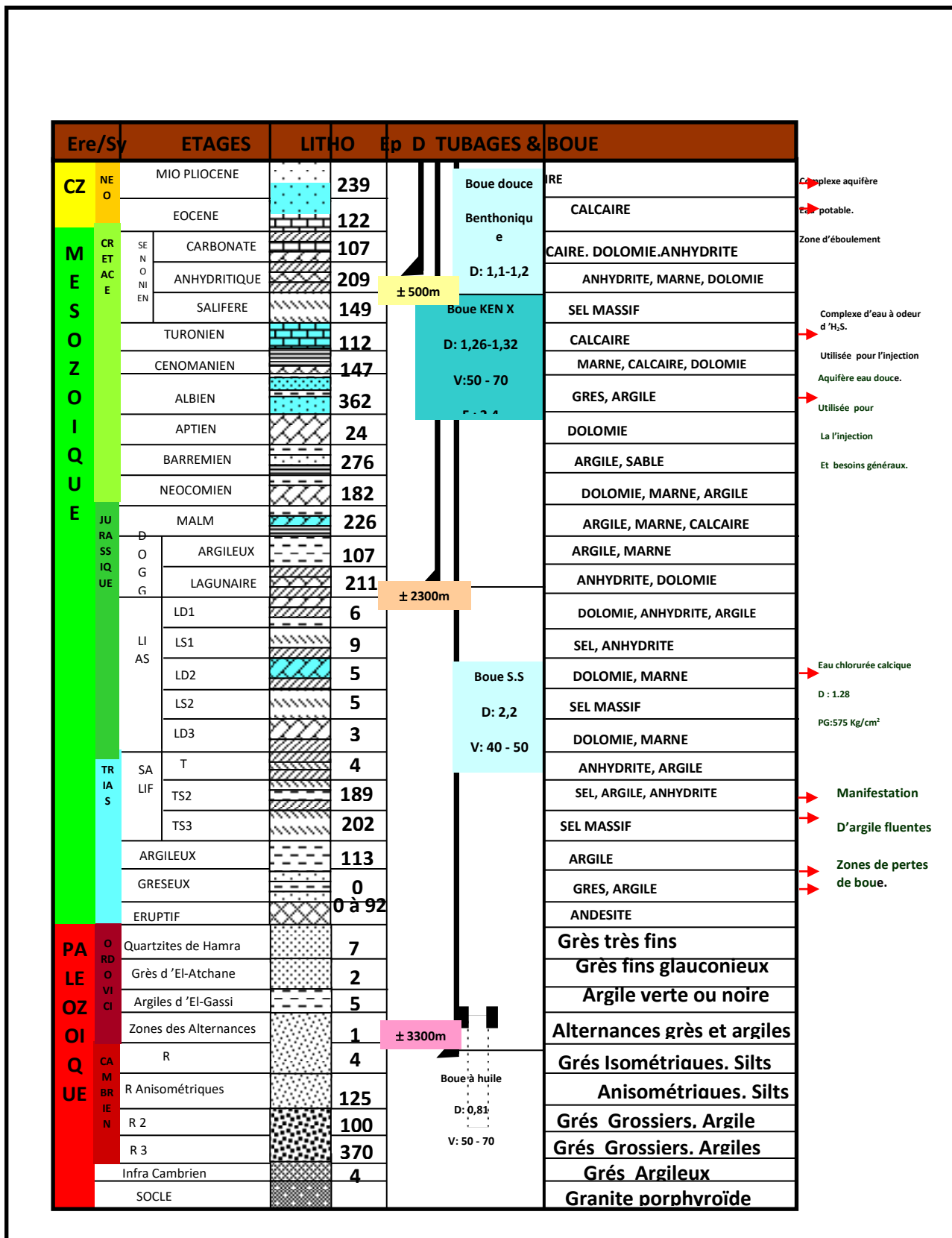


Fig II.2 : Stratigraphie géologique

I.3 Architecture standard d'un puits dans le champ de Hassi Mesaoud

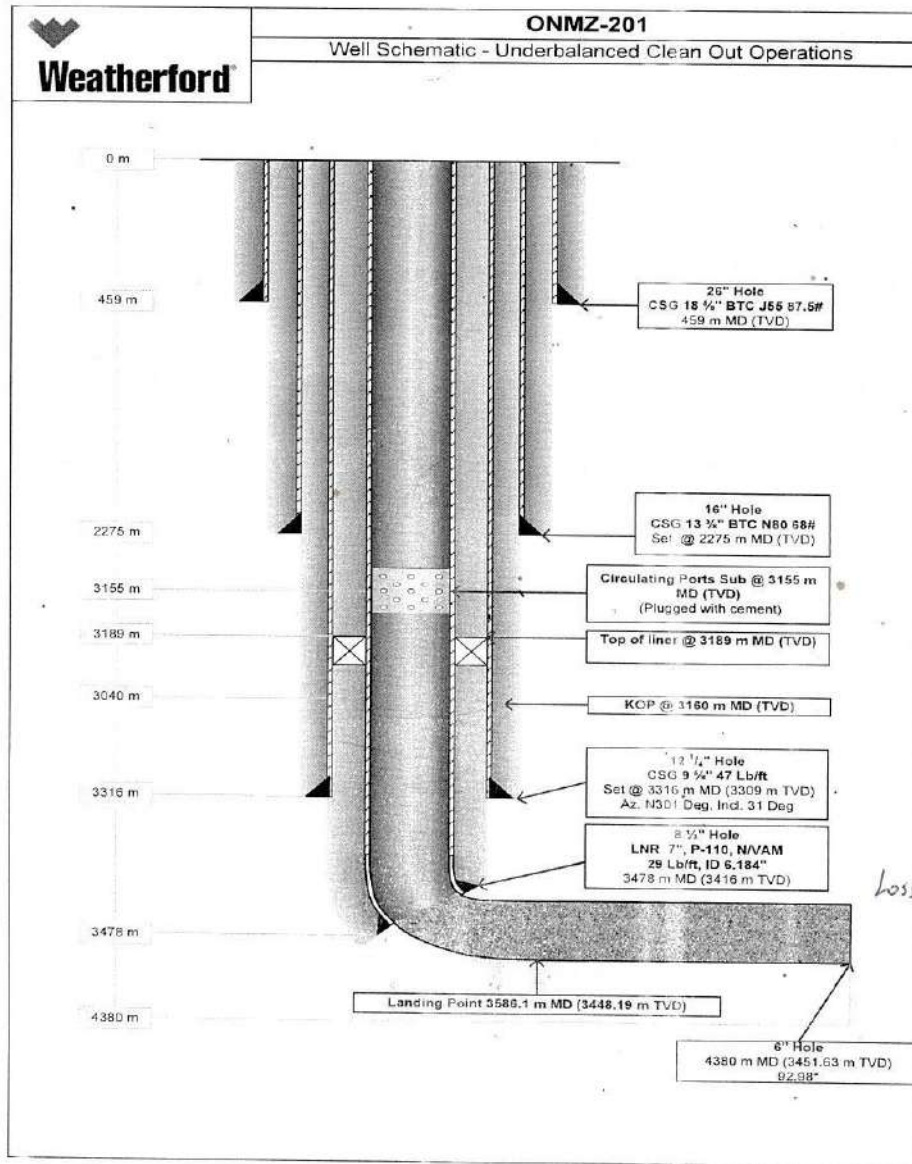


Fig II.3 : Profil du puits OMNZ#201 ENF-UBD [6]

## II. Etude de cas

### II.1 Méthode HAZOP

#### 1.1 Historique et domaine d'application

La méthode HAZOP, pour HAZard OPerability, a été développée par la société Imperial Chemical Industries (ICI), début des années 70. Elle est particulièrement utile pour l'examen de systèmes thermo-hydrauliques pour lesquels des paramètres comme le débit, la température, la pression, le niveau, la concentration...sont particulièrement importants pour la sécurité de l'installation. Cette méthode requiert notamment l'examen de schémas et de plans de circulation des fluides ou schémas PID (Piping and Instrumental Diagram). [10]

#### 1.2 Principe

La méthode de type HAZOP est dédiée à l'analyse des risques des systèmes thermo hydrauliques pour lesquels il est primordial de maîtriser les paramètres comme la pression, la température, le débit.

L'HAZOP ne considère plus des modes de défaillance mais les dérives potentielles (ou déviations) des principaux paramètres liés à l'exploitation de l'installation. De ce fait, elle est centrée sur l'installation. Pour chaque partie constitutive du système examiné (ligne ou maille), la génération (conceptuelle) des dérives est effectuée de manière systématique par la conjonction de :

- mots guides : "pas de", "plus de", "moins de", trop de"
- paramètres associés au système étudié. Des paramètres couramment rencontrés concernent la T°, P, le débit, la concentration, mais également le temps ou des opérations à effectuer.

C'est une méthode qualitative et semi-quantitative. [10]

---

### 1.3 Déroutement

Il convient pour mener l'analyse de suivre les étapes suivantes :

- dans un premier temps, choisir une ligne ou une maille. Elle englobe généralement un équipement et ses connexions, l'ensemble réalisant une fonction dans le procédé, identifiée au cours de la description fonctionnelle.
- choisir un paramètre de fonctionnement.
- retenir un mot-guide et générer une dérive.
- vérifier que la dérive est crédible. Si oui, passer au point 5, sinon revenir au point 3.
- identifier les causes et conséquences potentielles de cette dérive.
- examiner les moyens visant à détecter cette dérive ainsi que ceux prévus pour en prévenir l'occurrence ou en limiter les effets.
- proposer, le cas échéant, des recommandations et améliorations.
- retenir un nouveau mot-guide pour le même paramètre et reprendre l'analyse au point 3.
- lorsque tous les mots-guides ont été considérés, retenir un nouveau paramètre et reprendre l'analyse au point 2.
- lorsque toutes les phases de fonctionnement ont été envisagées, retenir une nouvelle ligne et reprendre l'analyse au point 1. [10]

#### a. Définition des mots-clés

Les mots-clé, accolés aux paramètres importants pour le procédé, permettent de générer de manière systématique les dérives à considérer. La norme CEI : 61882 propose des exemples de mots-clé dont l'usage est particulièrement courant. Ces mots-clé sont repris dans le tableau ci-dessous, inspiré du Tableau 3 de la norme pré-citée. [10]

#### b. Définition des paramètres

Les paramètres auxquels sont accolés les mots-clé dépendent bien sûr du système considéré. Généralement, l'ensemble des paramètres pouvant avoir une incidence sur la

sécurité de l'installation doit être sélectionné. De manière fréquente, les paramètres sur lesquels porte l'analyse sont :

- la température
- la pression
- le débit
- le niveau
- la concentration
- le temps
- des opérations à réaliser

La combinaison de ces paramètres avec les mots clé précédemment définis permet donc de générer des dérives de ces paramètres. Par exemple :

- « Plus de » et « Température » = « Température trop haute »,
- « Moins de » et « Pression » = « Pression trop basse »,
- « Inverse » et « Débit » = « Retour de produit »,
- « Pas de » et « Niveau » = « Capacité vide ».

### **c. Causes et conséquences de la dérive**

De la même façon que pour une AMDEC, le groupe de travail, une fois la dérive envisagée, doit identifier les causes de cette dérive, puis les conséquences potentielles de cette dérive. En pratique, il peut être difficile d'affecter à chaque mot clé (et dérive) une portion bien délimitée du système et en conséquence, l'examen des causes potentielles peut s'avérer, dans certains cas, complexe. Afin de faciliter cette identification, il est utile de se référer à des listes guides. [10]

---

**d. Moyens de détection, sécurités existantes et propositions**

La méthode HAZOP prévoit d'identifier pour chaque dérive les moyens accordés à sa détection et les barrières de sécurité prévues pour en réduire l'occurrence ou les effets. Si les mesures mises en place paraissent insuffisantes au regard du risque encouru, le groupe de travail peut proposer des améliorations en vue de pallier à ces problèmes ou du moins définir des actions à engager pour améliorer la sécurité quant à ces points précis. [10]

**1.4 Limites et avantages**

Caractère systématique et méthodique. Elle évite de considérer tous les modes de défaillance possibles pour chacun des composants du système.

L'HAZOP permet difficilement d'analyser les événements résultant de la combinaison simultanée de plusieurs défaillances. Il est parfois difficile d'affecter un mot-guide à une portion bien délimitée du système étudié. Cela complique l'identification exhaustive des causes potentielles d'une dérive. [10]

II.2 Application de méthode HAZOP sur le circuit de débit

Donc, on a choisi le débit comme paramètre parce qu'il peut causer des risques sur le plan endommagement des équipements spéciaux, accidents des travailleurs ainsi point de vue économique les pertes continue du gasoil conduit à un déficit sur le plan cout/revient.

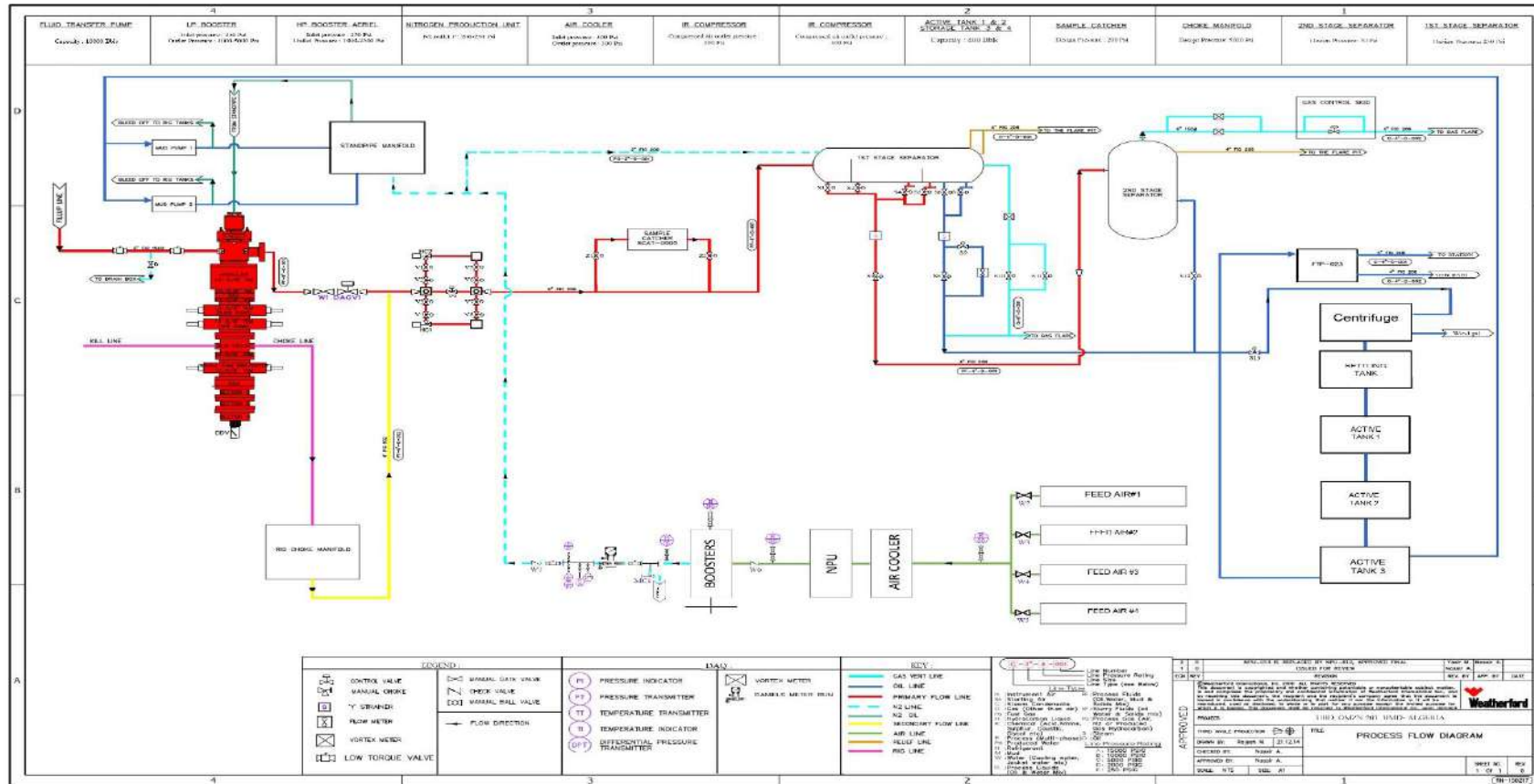


Fig II.4 : P&ID des équipements d'UBD



Description:			Compression Package - Mud Pumps - SP Manifold - Drill String			
Paramètre	Mots-clés	Déviations	Causes possibles	Conséquence	Barrières préventives existantes	Recommandations d'action
Débit	Pas / Moins	Pas / Moins de Débit	Défaillance de pompe de forage	NPT, problème de contrôle de puits, diminution d'ECD, débris dans le puits, coincement de tige	WFT SOP	Pompe secours
			Défaillance de suppresseur (booster) / Unité de production d'azote (NPU)/ Compresseur	NPT, perte condition d'UBD, problème de contrôle de puits	PMP, suivi horaire, Opérateurs qualifiés, 4ème compresseur utilisé comme remplaceant	Check List, La sensibilisation et la formation l'équipe de société de service avant l'opération UBD
			Bouchage dans le filtre de	Perte de succion, problème de	Inspection périodique par l'équipe de société de service	Teste de fonctionnement

			succion	contrôle de puits, Diminution d'ECD		
			Bouchage dans la ligne de purge N2	Surpression dans les pompes, problème de contrôle de puits, diminution d'ECD	PRV	Bleed OFF
			Bouchages des lignes	Surpression dans les lignes, déversement, volatilité des objets, blessure	PRVs, Spill kits, EPI, élingues de sécurité	
			Fuites	Déversement, diminution d'ECD, problème de contrôle de	Certification des tiges, vérification de l'épaisseur de tiges, vérification avant de travailler	

			puits, NPT		
		Augmentation d'ECD	perte de succion, Cavitation, problème de contrôle de puits, perte de circulation	Opérateurs qualifiés	Capteurs au niveau de puits (P, T°)
		W3 et W4 reste ouvertes après une fuite au niveau de RCD	NPT, perte condition d'UBD, problème de contrôle de puits	Opérateurs qualifié, SOP	Vérification de RCD, formation des opérateurs
		W4 et W5 reste fermées après la connections des tiges	Supression au niveau de système d'injection de N2	PRVs, SOP, opérateurs qualifiés	Tool job books

			MC1 reste ouverte	Perte condition d'ubd, l'endommagement de puits	Opérateurs qualifié, SOP	Tool job books
			Bouchage de l'outil	Surpression dans les lignes de surface, diminution d'ECD, NPT, coincement de tige, accumulation des cutting sur l'outil, problème de contrôle de puits	SOP, opérateurs qualifié	Joint pour l'interdite du passage des solides en pompe de forage, filtre au niveau de pompe

<b>Débit</b>	<b>plus</b>	<b>Plus de Débit</b>	MC1 reste fermée	Diminution d'ECD, problème de contrôle de puits, problème de la stabilité des parois de puits	Opérateurs qualifié, SOP	
<b>Débit</b>	<b>Inversion de sens</b>	<b>Inversion de sens de Débit</b>	Débit de compresseur vers compresseur où vers supresseur	NPT, équipement endommagé	Clapet anti-retour, opérateurs qualifié, SOP	Vérification de valve
			Débit de formation très élevé	Equipement endommagé, contamination de sol blessure	SOP, clapet anti retour dans la garniture de forage	Outil de forage réserve
			CV6 (w6) défaillante	Equipement endommagé, Déversement	Opérateurs qualifiés, SOP, certification de valve	Valve réserve pour la vanne W6

<b>Débit</b>	<b>Fluctuant</b>	<b>Débit fluctuant</b>	Cavitation	Diminution d'ECD, équipement endommagé, NPT	Opérateurs qualifiés, WFT SOP	Diminution de pompage de brut et N2
			Mauvais fonctionnement de compresseur	NPT, équipement endommagé	Opérateurs qualifiés, SOP, PMP,	Compresseur réserve

*Tableau II.07: Application de méthode HAZOP sur le nœud (Compression Package - Mud Pumps - SP Manifold - Drill String).*

Description:			Annulus_ RCD_ UBD Choke			
Paramètre	Mots-clés	Déviations	Causes possibles	Conséquence	Barrières préventives existantes	Recommandations d'action
Débit	Pas / Moins	Pas / Moins de Débit	éboulement des parois	Fracture de formation, coincement des tiges, NPT, aucun échantillon géologique	SOP, opérateurs qualifiés	Maintenir l'équivalence d'ECD
			Fuite en niveau de RCD	Spill, NPT, travail en hauteur	BOP, SOP, opérateurs qualifiés, échafaudage	Harnet de sécurité, vérification périodique de sealling element
			Fuite au niveau des lignes	Spill, NPT, exposition, blessure	Teste de pression, Spill kits, élingue de sécurité, EPI, capteurs de GAZ au niveau de	Vérification des pipes, capteurs et vannes

					torche	
			DA 1 fermée	NPT, endommagement de formation, surpression	Opérateurs qualifiés, SOP	Certification de teste de pression de DA, teste de fonctionnement
			Choke manifold fermé / bloqué	NPT, endommagement de formation, surpression, Spill, endommagement des vannes de Manifold, fracturation de réservoir	Opérateurs qualifiés, SOP, capteur de H2S au niveau de Choke, Spill kits	Teste de fonctionnement de Manifold, vérification périodique de Manifold



			bouchage des lignes	NPT, endommagement de formation, surpression, Spill	Opérateurs qualifiés, SOP, capteur de H2S au niveau de Choke, Spill kits, élingue de sécurité	Teste des lignes avant de travailler
<b>Flow</b>	<b>plus</b>	<b>Plus de Débit</b>	Afflux hydrocarbures	Surpression, équipement endommagé, déversement, l'exposition de l'équipe	Opérateurs qualifiés, SOP, Spill kits, EPI	La ligne de GAZ être prête
			Afflux GAZ	Incendie, Explosion, l'exposition de l'équipe, équipement endommagé	SOP, l'opérateur qualifié	Capteur de GAZ

			Défaillance de Choke	équipement endommagé, NPT, spillage, blessure	Opérateurs qualifiés, SOP, capteur de GAZ, Spill kits, EPI	Sensibilisation et formation des opérateurs
	<b>Inversion de sens</b>	<b>Inversion de sens de Débit</b>	/	/	/	
	<b>Fluctuant</b>	<b>Débit fluctuant</b>	Une partie de Choke bloquée (HC1)	Réduction les caractéristiques de débit	Opérateurs qualifiés	Vannes ajustable réserve (HC)

*Tableau II.08 : Application de méthode HAZOP sur le nœud (Annulus\_RCD\_UBD Choke).*

Description:			Sample catcher - Separator - Flare line / Shakers			
Paramètre	Mots-clés	Déviations	Causes possibles	Conséquence	Barrières préventives existantes	Recommandations d'action
Débit	Pas / Moins	Pas / Moins de Débit	S13 Fermée	Surpression, Déversement, Blessures, NPT	Opérateurs qualifiés, SOP, PRVs	Vérification des vannes, ligne réserve
			S3, S8 et S13 Fermées	Surpression, Déversement, Blessures, NPT	Opérateurs qualifiés, SOP, PRVs	Vérification des vannes
			S2, S3 et S4 Fermées	Surpression, Déversement, Blessures, NPT	Opérateurs qualifiés, SOP, PRVs	Vérification des vannes
			Bouchage dans les lignes	Surpression, Déversement, Blessures, NPT	Opérateurs qualifiés, SOP, PRVs	
			Fuites	Déversement, exposition, GAZ Libérer, Blessures	Teste de pression, Spill kits, EPI, Moniteurs de GAZ	
			Perte de pression dans le séparateur	Inondation de séparateur, liquide dans la torche, Déversement	Introduire N2	Fisher valve

	<b>Plus</b>	<b>Plus de Débit</b>	Défaillance de Choke	Inondation de séparateur, liquide dans la torche, Déversement	Introduire N2	Pompe de FTP
			S13 reste ouverte	GAZ en TAMI vibrant, exposition, Blessures	Moniteurs de GAZ, Opérateurs qualifiés, SOP	Vérification des vannes
	<b>Inversion de sens</b>	<b>Inversion de sens de débit</b>	/	/	/	
	<b>Fluctuant</b>	<b>Débit fluctuant</b>	/	/	/	

*Tableau II.09 : Application de méthode HAZOP sur le nœud (Sample catcher - Separator - Flare line / Shakers).*

Description:			Storage Tank - Transfer Pump - Flare			
Paramètre	Mots-clés	Déviations	Causes possibles	Conséquence	Barrières préventives existantes	Recommandations d'action
Débit	Pas / Moins	Pas / Moins de débit	Défaillance de centrifuge	contamination de sol	PMP	
Débit	Plus	Plus de débit	bouchage des lignes de torche	Spill, explosion	PMP, l'opération ne fait pas quand H2S être présent	
			Défaillance de la pompe de transfert	Débordement de bac de stockage	PMP	Les redondances de pompe

*Tableau II.10 : Application de méthode HAZOP sur le nœud (Storage Tank - Transfer Pump - Flare).*

---

<b>ECD</b>	Equivalent Circulating Density
<b>NPT</b>	Non Productive Time
<b>NPU</b>	Nitrogen Production Unit
<b>PMP</b>	Preventive Maintenance Program
<b>EPI</b>	Equipement de protection individuels
<b>PRV</b>	Pressure Relief Valve
<b>RCD</b>	Rotating Control Device
<b>SOP</b>	Standard Operating Procedure
<b>UBD</b>	Under Balanced Drilling
<b>WFT</b>	Weatherford
<b>FTP</b>	Fluide Transfert Pump

**Tableau II.11** : tableau d'abréviations

# Conclusion

## Conclusion

---

### Conclusion

L'unique raison de l'emploi de l'UBD, ou toute autre technologie, est de générer des profits.

Comme l'UBD engendre des coûts additionnels comme l'engineering et la location du matériel, le gain de cette technologie doit compenser les dépenses en plus.

La technique underbalance drilling UBD est la meilleure solution pour résoudre plusieurs problèmes de forage en over balance OB

Dans le côté économique la technique de l'underbalance nécessite plus de matériel spécifique et des études complexes. Mais elle est considérée comme une source de profits ses profits sont représentés comme suite :

- Réduire les coûts de forage en augmentant le ROP et la durée de vie de l'outil
- Éliminer les fluides de forage
- Réduire les charges dues à la stimulation
- Réduire les différents NPT
- Accélérer le temps de livraison d'un puits
- Production pendant le forage
- Augmenter le taux de récupération du réservoir



# Bibliographie

## REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

---

### BIBLIOGRAPHIE

#### ✓ Thèses et mémoires :

[1] IAP, **UNDERBALANCE DRILLING**, Mémoire fin d'étude - INHC- IAP 2006.

[3] Mémoire de fin d'étude «Etude d'un forage UBD Cas de puits MD418» université Kasdi Merbah Ouargla Boudra Ibrahim. 2016

[9] Mémoire de fin d'étude «Etude technique de l'évaluation du forage Underbalance (UBD) en Algérie» université Kasdi Merbah Ouargla Hamrouni Ismail. 2014

[4] Mr.KADRI Mohamed Mehdi, **Généralité sur UBD**, PDF, document d'étude, Université Kasdi merbah Ouargla, 2018.

#### ✓ Rapport :

[10] HAZOP : une méthode d'analyse des risques, Auteur : Michel ROYER, Date de publication : 10 avr. 2009, Relu et validé le 01 sept.2016[2] M.Slimani, «**Forage Dirigé & UBD**»IAP spa, Boumerdes, (Février/2008).

[5] WEATHERFORD, **technique de forage UBD**, PDF, 2018.

[6] ENAFOR, **Rapport final de puits OMNZ#201 (UBD)**, PDF, ENAFOR Hassi messaoud 2018.

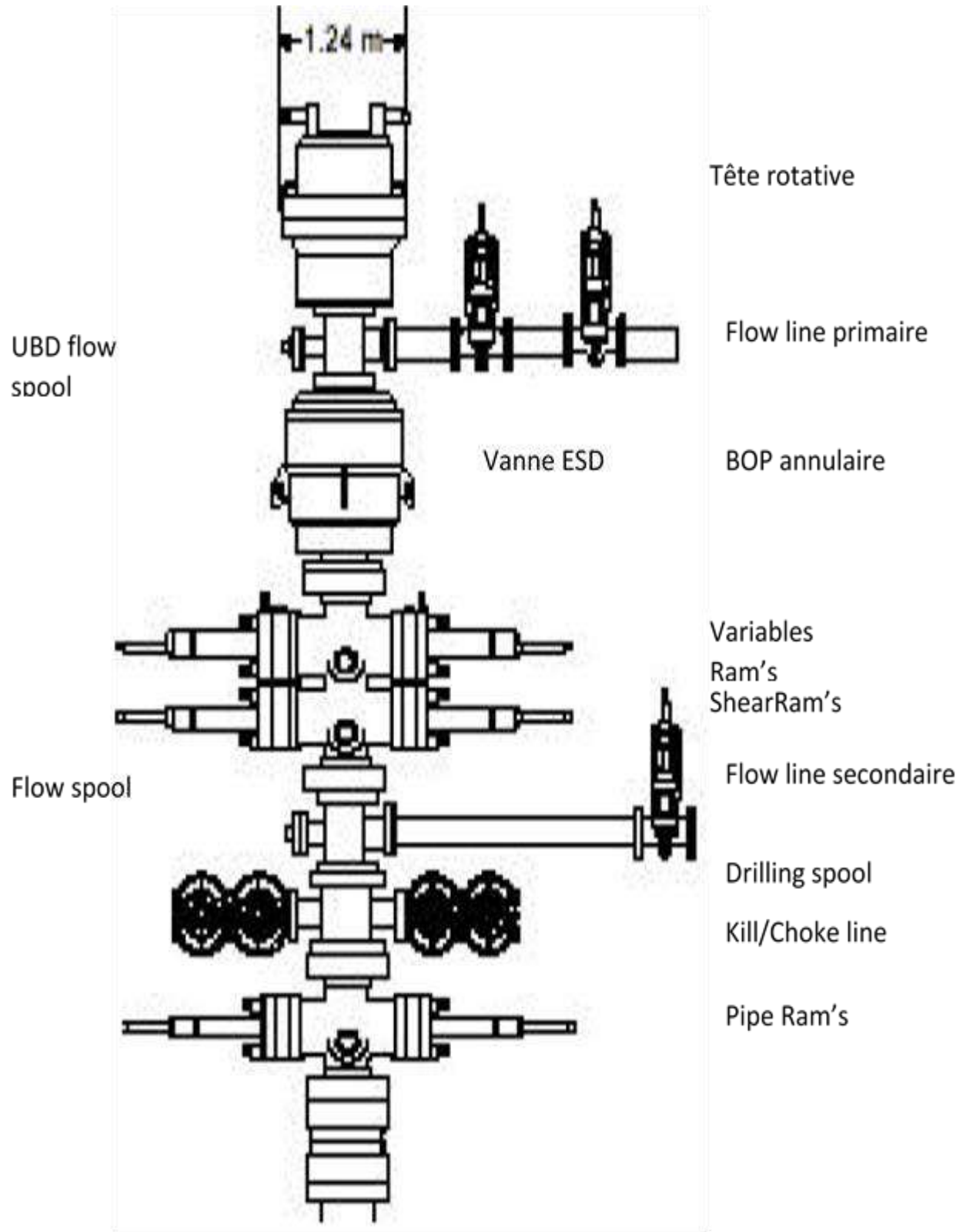
[6] WEATHERFORD, **Rapport final de puits OMNZ#201 (UBD)**, PDF, WEATHERFORD Hassi Messaoud 2018.

[7] WEATHERFORD, **Equipment UBD**, PDF, Fiche technique 2018.

[8] M.Moussawi, S.Bralla, «**Géologique de champ Hassi Messaoud,SH/DG**», Hassi Messaoud, (1993).

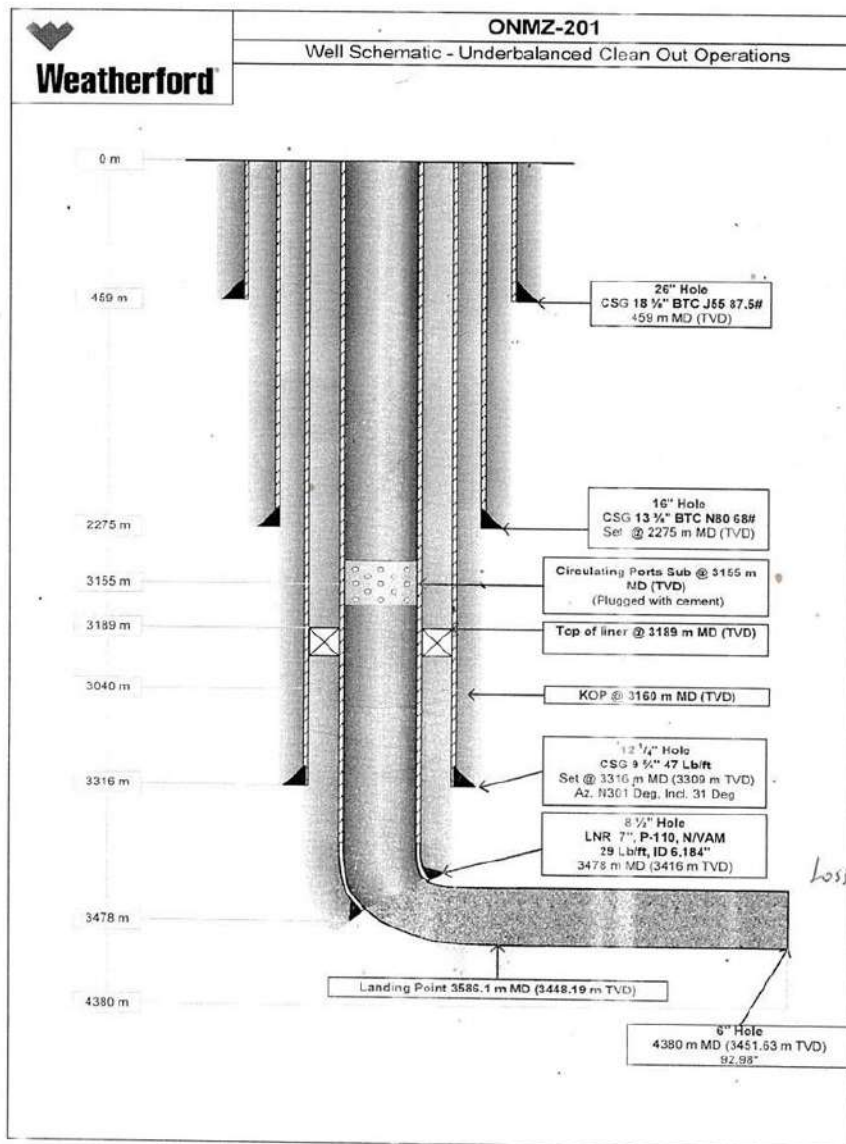
# Annexe

A- Stack BOP standard



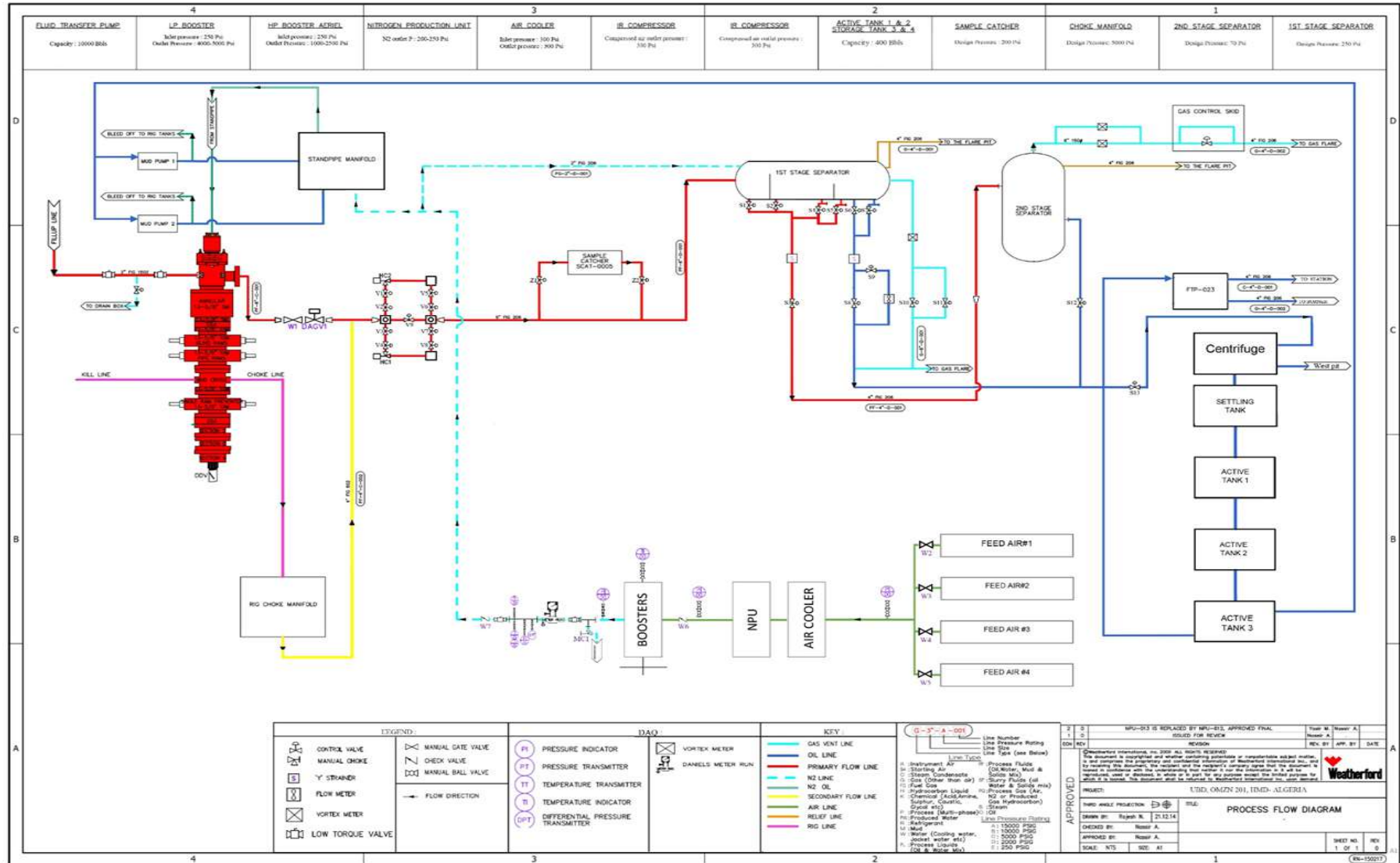
# Annexe

## B- Profil du puits OMNZ#201 ENF-UBD



# Annexe

## C- P&ID des équipements d'UBD



## **RESUME**

### **FRANÇAIS**

Le forage en underbalance (UBD) il est considéré parmi les meilleures solutions pour résoudre quelque problème d'exploration et d'exploitation. Cette technique a été introduite dans les activités d'exploration en Algérie, Hassi Messaoud en 2002 par la compagnie de service WEATHERFORD.

A travers Cette étude on essayera de montrer la procédure et les conditions de réalisation d'un forage en UBD, les avantages ainsi les inconvénients, les équipements impliqués. Afin d'évaluer les risques qui peuvent être causés par les éruptions sur les équipements par les méthodes de HAZOP

Pour cela on a pris comme cas le puits OMNZ201 réalisé à HMD.

Cette étude nous a mené à conclure que les hauts débits de circulation durant le forage en UBD conduit à des endommagements.

Mots Clés : HAZOP, UBD, ERUPTION, EQUIPEMENT DEBIT.

### **Abstract:**

Underbalance drilling (UBD) is considered among the best solutions to solve some exploration and exploitation problem. This technique was introduced in the exploration activities in Algeria, Hassi Messaoud in 2002 by the service company WEATHERFORD.

Through this study we will try to show the procedure and the conditions of realization of a drilling in UBD, the advantages thus the disadvantages, the equipment involved. In order to assess the risks that can be caused by eruptions on equipment by HAZOP methods

For this we have taken the case well OMNZ201 achieves HMD.

This study led us to conclude that the high flow rates during UBD drilling leads to damage.

Keywords: HAZOP, UBD, ERUPTION, FLOW EQUIPMENT.