



**UNIVERSITE KASDI MERBAH  
OUARGLA**



**Institut des sciences et techniques appliquées**

**Département génie appliqué**

**Mémoire fin d'étude**

*En vue de l'obtention du diplôme licence professionnel en  
Mesures, Métrologie et Qualité*

Filière : optique et mécanique de précision

Thème:

**Mesures et calibration des capteurs des  
paramètres de forage**

**Présenté et soutenu par: Ghedioui Abir**

Jury :

Dr. Settou Belkhir	Université d'Ouargla	Président
Dr. Kadri Mohamed Mahdi	Université d'Ouargla	Rapporteur
Dr. Mahboub Abdelbasset	Université d'Ouargla	Examineur

**Année universitaire: 2021/2022**

## Remerciements:

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

ALLAH merci pour m'avoir donné la santé, la volonté et le courage sans lesquels ce modeste travail n'aurait pu être réalisé.

Je tiens à adresser mes sincères remerciements à monsieur Mohammed Mahdi Kadri, pour sa disponibilité, sa compétence, sa patience sa gentillesse son dévouement et de ses conseils judicieux qui m'ont été un grand soutien moral et qui m'ont amené à réaliser ce travail.

Je voudrais aussi remercier Dr. Settou Belkhir pour avoir accepté de présider le jury et Dr. Mahboub Abdelbasset pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Je remercie l'ensemble du groupe de SONATRACH pour leurs collaboration fidèle durant tous mes travaux; en particulier Mr. Otheman Zekkour et Mr. Bachir pour leur assistance.

A toute la promotion 3<sup>ème</sup> Licence mesures, métrologie et qualité.

## Dédicace:

*Je dédie ce modeste travail à moi-même.*

*A l'homme qui 'est toujours à coté de moi " mon père", il m'a donné la confiance et l'encouragement tous ces 3 ans.*

*A l'être la plus chère au monde "ma mère" qui m'a soutenu et m'encouragé et tout ce qu'elle a consenti pour moi, toujours soucieux de ma réussite.*

*A l'âme de ma grande mère et mes grands pères.*

*A mes sœurs et frères (Aïcha, Khawla, Aïssame, Adem, Doha, Anfel et Iora).*

*A toute la famille, et mon chère ami "Hasna".*

*A toute la promotion mesures, métrologie et qualité 2019.*

*À tous ceux avec qui j'ai étudié, en particulier Radja, Reyhana, Aya, Hadil, Nadjah et les autres filles*

# Sommaire :

<i>Liste des figures</i> .....	<i>I</i>
<i>Liste des abréviations</i> .....	<i>III</i>
<i>Liste des symboles</i> .....	<i>IV</i>
<i>Présentation de l'entreprise du stage</i> .....	<i>V</i>
<i>Introduction générale</i> .....	<i>0</i>

## *Chapitre I : Généralités sur le forage*

<i>I.1 L'origine des hydrocarbures</i> .....	<i>2</i>
<i>I.1.1 Définition</i> .....	<i>2</i>
<i>I.1.2 Origine et formation des hydrocarbures</i> .....	<i>2</i>
<i>I.2 Description d'un appareil de forage</i> .....	<i>3</i>
<i>I.2.1 Système de Puissance (Power system)</i> .....	<i>3</i>
<i>I.2.2 Système de levage</i> .....	<i>3</i>
<i>I.2.3 Système de circulation</i> .....	<i>5</i>
<i>I.2.4 Système de rotation</i> .....	<i>7</i>
<i>I.2.5 Système des obturateurs (B.O.P)</i> .....	<i>8</i>
<i>I.3 Classification des forages</i> .....	<i>8</i>

## *Chapitre II : les opérations électriques*

<i>II.1 La diagraphie</i> .....	<i>11</i>
<i>II.1.1 Diagraphies déferées</i> .....	<i>11</i>
<i>II.1.2 Diagraphies instantanées</i> .....	<i>11</i>
<i>II.2 Les types des capteurs selon le concept électronique</i> .....	<i>11</i>

<i>II.2.1 les capteurs des diagraphies instantanées.....</i>	<i>12</i>
<i>II.2.2 Calibration des capteurs d'enregistrement des paramètres de forage.....</i>	<i>16</i>
<i>II.3 L'installation des capteurs dans l'appareil de forage.....</i>	<i>20</i>

**Chapitre III : Les paramètres de forage**

<i>III.1 Paramètres de forage enregistrés .....</i>	<i>22</i>
<i>III.1.1 Paramètres mesurés.....</i>	<i>22</i>
<i>III.1.2 Paramètres calculés .....</i>	<i>23</i>
<i>III.2 L'installation des capteurs.....</i>	<i>23</i>
<i>III. 2.1 Définition.....</i>	<i>23</i>
<i>III.2.2 Capteur de poids (WOH).....</i>	<i>24</i>
<i>III.2.3) Capteur de proximité (RPM).....</i>	<i>24</i>
<i>III.2.4) Capteur de couple.....</i>	<i>26</i>
<i>III.2.5) Capteur de pression.....</i>	<i>27</i>
<i>III.2.6) Capteur de débit de sortie .....</i>	<i>28</i>
<i>III.2.7) Capteur de profondeur.....</i>	<i>29</i>
<i>III.2.8) Capteur de niveau.....</i>	<i>29</i>
<i>III.2.9) Capteur de densité.....</i>	<i>30</i>
<i>III.2.10) Capteur de température.....</i>	<i>31</i>
<i>III.2.11) Capteur de coups de pompe (SPM) .....</i>	<i>32</i>
<i>III.3 Etude de cas.....</i>	<i>33</i>
<i>Conclusion générale.....</i>	<i>.....</i>

*Références bibliographiques*.....

## ***LISTE DES FIGURES:***

<b><i>Figure</i></b>	<b><i>page</i></b>
<b>Figure I.1 : formation des HC</b>	<b>2</b>
<b>Figure I.2 : Le système de mouflage</b>	<b>4</b>
<b>Figure I.3: moufle fixe</b>	<b>4</b>
<b>Figure I.4: moufle mobile</b>	<b>4</b>
<b>Figure I.5 : Le treuil (Drawwork)</b>	<b>5</b>
<b>Figure I.6 : Système de circulation</b>	<b>5</b>
<b>Figure I.7 : A-Mixeur B-Tamis vibrant C-pompe triplex</b>	<b>7</b>
<b>Figure I.8 : Système des obturateurs</b>	<b>8</b>
<b>Figure II.1 : Diagraphies déferées</b>	<b>11</b>
<b>Figure II.2 : la relation entre l'objet et le capteur</b>	<b>12</b>
<b>Figure II.3: Capteur position</b>	<b>14</b>
<b>Figure II.4 : Geodesk calibration</b>	<b>17</b>
<b>Figure II.5 : Signal de calibration</b>	<b>17</b>
<b>Figure II.6 : paramètres de pompe</b>	<b>18</b>
<b>Figure II.7 : Calibration de drawwork</b>	<b>19</b>
<b>Figure II.8 : Emplacement des capteurs dans l'appareil de forage</b>	<b>20</b>
<b>Figure III.1 : Capteur de poids</b>	<b>24</b>
<b>Figure III.2 : Capteurs de proximité</b>	<b>25</b>

<b>Figure III.3 : Position du capteur RPM</b>	<b>25</b>
<b>Figure III.4 : Capteurs de couple</b>	<b>26</b>
<b>Figure III.5 : Capteurs de pression SPP</b>	<b>27</b>
<b>Figure III.6 : Capteurs de débit de sortie</b>	<b>28</b>
<b>Figure III.7 : Capteur de profondeur</b>	<b>29</b>
<b>Figure III.8 : capteur de niveau</b>	<b>29</b>
<b>Figure III.9 : Capteur de densité</b>	<b>30</b>
<b>Figure III.10 : Capteur de température</b>	<b>31</b>
<b>Figure III.11 : Capteur de proximité</b>	<b>32</b>



## ***LISTE DES ABREVIATIONS :***

BOP	Blow out preventer
HC	Hydrocarbures
ROP	Vitesse de rotation
RPM	Rotation par minute
RTD	Thermomètre à résistance métallique
SCR	Selecon controlled rectifier
SPM	Stroke par minute
SPP	Stand pipe pressure
WHP	Casing pressure
WOB	Weight on Bit
WOH	Weight on Hooke

## LISTE DES SYMBOLES

<b>Q</b>	<b>la quantité d'énergie thermique</b>
<b>K</b>	<b>conduction thermique W/(m.k)</b>
<b>A</b>	<b>Section (m<sup>2</sup>)</b>
<b><math>\Delta x</math></b>	<b>épaisseur d'une couche (m).</b>
<b>h</b>	<b>constante de convection W/(m<sup>2</sup>.k)</b>
<b><math>\sigma</math></b>	<b>constante de Stefan-Boltzmann <math>5.55 \times 10^{-8}</math> W/(m<sup>2</sup>.k<sup>4</sup>)</b>
<b><math>\varepsilon</math></b>	<b>émissivité</b>
<b>F</b>	<b>view factor</b>

*Présentation de l'entreprise du  
stage*

## ***Présentation de la direction de production Base IRARA :***

La région Hassi Massaoud est située à 85 Km au nord d'Ouargla, la découverte de pétrole dans cette région en 1956- 1958 elle est classée dans la catégorie de gisement la plus géante du monde.

La direction engineering et production de la région de Hassi Massaoud est l'un des structures opérationnelles importantes dans la direction régionale.

La tournée de formation est pour la mise en situation professionnelle au niveau de D.E.P durant 15 jours consacrée au département géologie de la direction Engineering et production.

## ***Département géologie :***

### ***1- Les missions :***

- Les études géologiques des différentes formations du gisement.
- La surveillance géologique de l'ensemble des puits en forage.
- La supervision des opérations électriques réalisées sur les puits.
- Réception des informations de tous les puits de Hassi Massaoud.

### ***2- Organisation du département :***

Il contient les services suivants:

- Service surveillance géologique.
- Service diagraphie.
- Service études géologiques.
- Service Datas Bank.

Au cours de mon stage, je suis passée sur deux services :

- Service surveillance géologique.
- Service diagraphie.

#### **1) Service Surveillance géologique:**

Ce service a pour les missions:

- Le suivi et la supervision géologique de l'ensemble des forages dans la région depuis la plantation du sondage jusqu'à la fin du carottage.
- Étudié les différentes couches et strates.
- Connaître les différentes phases de forage des champs de Hassi Massaoud.
- Réalisation des logs d'avancement.
- La détection des indices d'hydrocarbures dans les cuttings.
- Description et dessin des carottes.
- Analyse et examen des déblais existants dans le puits.

2) Service diagraphie:

Ce service a pour les missions:

- L'élaboration des programmes de diagraphie.
- La supervision des opérations d'enregistrement.
- Le contrôle de la qualité des enregistrements.
- L'interprétation des enregistrements.
- Mesurer les paramètres du réservoir (porosité, saturation en eau et huile volume des constituants de la roche et traitement des logs).

# *Introduction Générale*

# Introduction Générale

---

## Introduction Générale

L'hydrocarbure est composé d'atomes de carbone et d'hydrogène, on peut le trouver sous forme d'énergie fossile, ce qui fait de lui une ressource énergétique assez importante pour l'économie des pays.

Les hydrocarbures sont l'une des sources d'énergie les plus utilisées dans L'Algérie. Elle occupe les premiers rangs en termes d'exportation de gaz et de pétrole dans le monde. Elle est classée neuvième selon l'Organisation des pays exportateurs de pétrole selon les revenus pétroliers. La production des hydrocarbures manifestée sur plusieurs étapes nous allons de l'exploration vers l'exploitation cela nécessite des techniques d'intervention et de mesure spécifiques

Dans notre cas on va focaliser sur l'exploration des hydrocarbures plus particulièrement à la réalisation des forages et les méthodes d'enregistrement des données.

*Chapitre I :*  
*Généralités sur le forage*



Les hydrocarbures sont explorés à l'aide des machines et des appareils. Dans cette partie, nous apprendrons comment former les Hc, les systèmes de l'appareil de forage, ainsi que les types de forages.

## I.1 L'origine des hydrocarbures:(1,2)

### I.1.1 Définition :

Les hydrocarbures (HC) sont des substances chimiques composées exclusivement de carbone et d'hydrogène. On distingue les HC saturés (alcanes) et les HC insaturés (alcènes, alcynes et aromatiques). Les huiles brutes, contiennent en plus du carbone et l'hydrogène, les composés dits NSO (azote, soufre et oxygène)

### I.1.2 Origine et formation des hydrocarbures :

- **dépôt de la matière organique :** Le pétrole est formé quand le phytoplancton et le zooplancton microscopiques meurent et se déposent dans le fond marin où ils sont préservés dans un environnement anaérobique.
- **Enfouissement de la roche mère :** l'enfouissement des roches les contenant sous d'autres sédiments, entraînant leur compaction et l'isolation de la matière organique de la présence de l'oxygène.

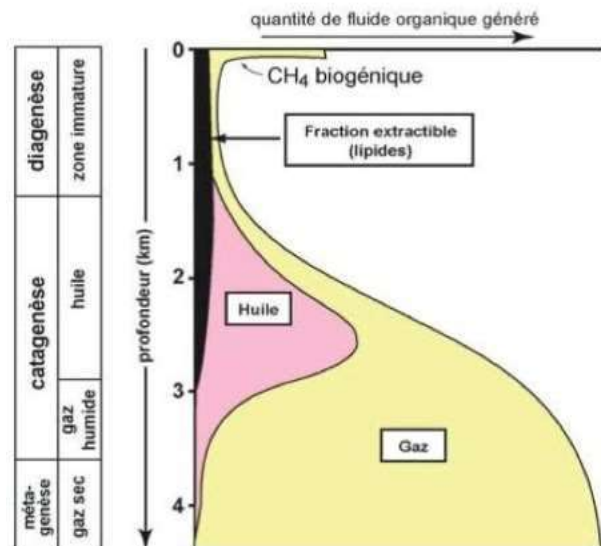


Figure I.1 : formation des HC

- **Maturation de la matière organique :** maturation de la matière organique pour former du kérogène au sein d'une roche pétrolière appelée roche mère. Il est nécessaire que l'enfouissement permette d'atteindre une température entre 65,5 et 150°C.
- **Formation des hydrocarbures :** craquage de la matière organique sous l'effet de la température durant les temps géologiques.

## A) Migration et accumulation des hydrocarbures :

C'est le mouvement des hydrocarbures des roches mères vers les roches réservoirs

**-Migration Primaire:** le passage des HC immédiatement générés de la roche mère vers le voisinage poreux et perméable.

**-Migration Secondaire :** le mouvement ultérieur des HC dans les roches réservoirs vers un piège ou autre emplacement de stockage.

## B) Gisements des Hydrocarbures ou Pièges :

Un piège est une structure géologique ou une disposition stratigraphique capable de retenir des HC.

**-Pièges Stratigraphiques:** résultant du changement du type des roches, biseau, discordance ou autre élément géologique tel un récif.

**-Pièges Structuraux:** les HC sont piégés dans les structures géologiques telles les failles et les plis

## I.2 Description d'un appareil de forage : (3,4)

L'appareil de forage est composé de cinq systèmes:

- Système de puissance (Power system)
- Système de levage (Hoisting System)
- Système de circulation (Circulating System)
- Système de rotation (Rotating System)
- Système des obturateurs (BOP system)

### I.2.1 Système de Puissance (Power system):

La puissance électrique est générée par des moteurs. Cette puissance est transformée en courant électrique par des générateurs de courant. Le courant généré est distribué sur les différentes parties de la sonde par des centres appelés SCR.

### I.2.2 Système de levage :

Cette fonction comprend essentiellement les éléments suivants :

- Le mat de forage
- Système de mouflage
- Le treuil

**A) Le mât de forage (Derrick) :** Mât de forage sert aux manœuvres des garnitures de forage ou des tubages. Il peut être du type qui ne se démonte pas pour le déménagement (moving), ou de celui qui se démonte en un petit nombre d'éléments. Il est dressé tout monté sur la plateforme de forage. Il est composé de deux montants reliés par des entretoises et des croisillons qui reposent sur

- une substructure.
- Une plateforme installée au sommet, comportant des traverses de forte capacité, supporte:
  - Le moufle fixe [crown block]
  - Le montage du mât se fait par le câble et le treuil.

## B) Système de mouflage :

Le système de mouflage est depuis longtemps le moyen de démultiplication des efforts, le plus utilisé et le plus simple pour lever de lourdes charges. Le système de mouflage comprend essentiellement : le moufle fixe, moufle mobile et le câble de forage.

- **Le moufle fixe :** Il est composé d'une série de poulies montées sur le même axe.
- **Le moufle mobile :** Il est également composé d'une série de poulies montées sur le même axe. L'ensemble est enfermé dans un carter avec des flasques entre les poulies pour éviter que le câble ne sorte d'une poulie.

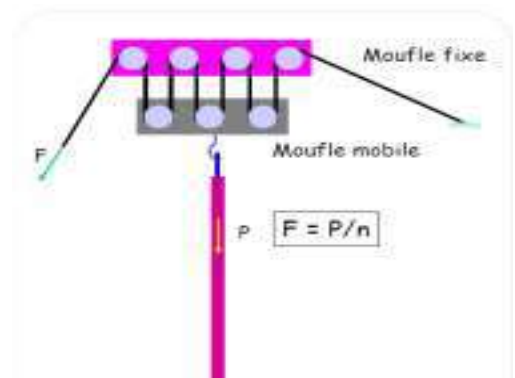


Figure I.2: Le système de mouflage



Figure I.3: moufle fixe



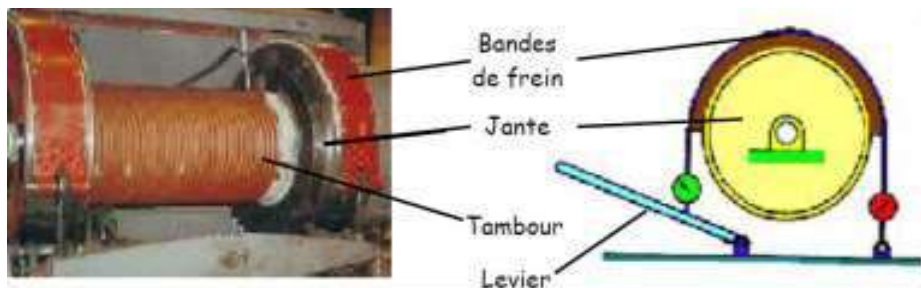
Figure I.4: moufle mobile

- **Le câble forage** : Le câble de forage représente la pièce d'usure de la fonction levage.

**C) Le treuil de forage (Drawworks)** : C'est un tambour qui tire et alimente le câble de forage, en levant ou descendant la garniture de forage.

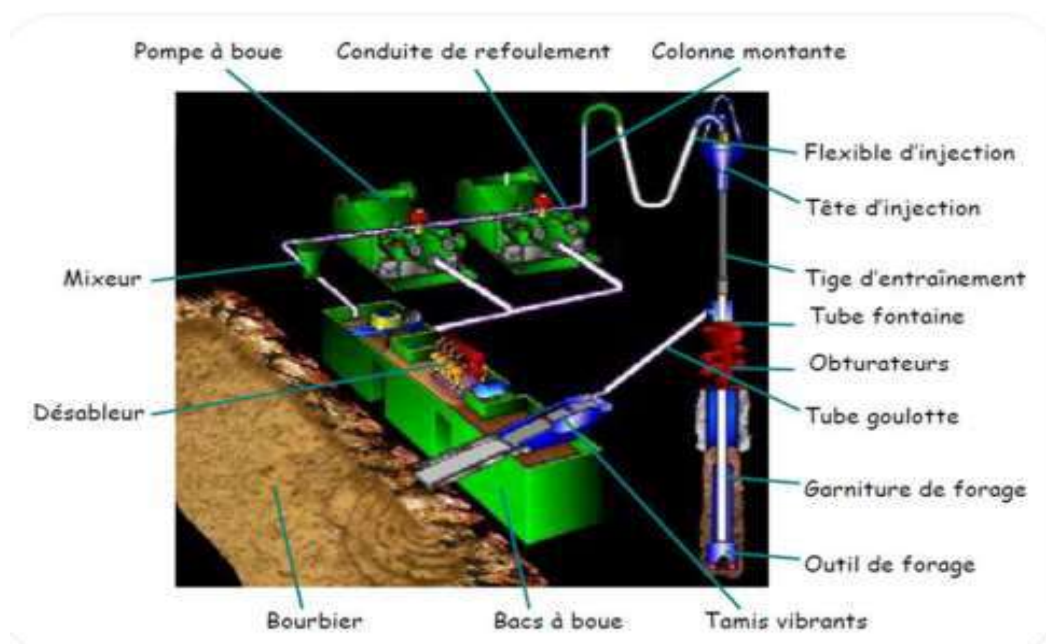
Les principaux éléments constituant le treuil de forage sont :

- ✚ Le châssis du treuil.
- ✚ L'arbre tambour.
- ✚ L'arbre des cabestans.
- ✚ La boîte à vitesses.
- ✚ Le poste de commande.



**Figure I.5 : Le treuil (Drawwork)**

### I.2.3 Système de circulation :



**Figure I.6 : Système de circulation**

## A) La boue de forage :

### -Les rôles de la boue :

- remontée des déblais,
- maintien des déblais en suspension pendant l'arrêt de la circulation,
- refroidissement de l'outil,
- maintien des parois du puits,
- maintien des fluides de formations traversées.

### -Les caractéristiques de la boue sont :

- **la masse volumique** : (appelée densité sur chantier), sert à alourdir la boue pour augmenter la pression hydrostatique dans le puits, et éviter ainsi l'intrusion d'un fluide ou le fluage des argiles.
- **la viscosité** : c'est la caractéristique qui permet à la boue de déplacer les déblais.
- **le filtrat** : c'est l'eau qui pénètre dans la formation pour permettre le dépôt d'une couche de solides, appelée cake, qui "cimente" les parois du puits.

### Les principaux types sont :

- **la boue à base d'eau** : le principal fluide dans ce type est l'eau mélangé avec les autres produits.
- **la boue à base d'huile** : le principal fluide dans ce type est le gasoil ou le pétrole mélangé avec les autres produits.

Ces types utilisés pour résoudre certains problèmes dans le puits.

## B) Circuit à boue :

La boue [mud] est fabriquée dans des bacs de grande capacité. Elle est ensuite aspirée par des pompes [mud pumps] et poussée dans les tiges creuses. Elle descend le long de l'outil de forage [drilling string], sort par les orifices de l'outil, remonte dans l'espace annulaire entre la garniture de forage et le puits jusqu'en surface. Là, elle est recueillie dans un tube vertical (tube fontaine), puis acheminée par un autre horizontal (goulotte) vers des tamis vibrants, pour être débarrassée des déblais [cuttings], avant d'être réinjectée dans le puits [well]. Après la sortie de la boue, elle marche sur les toiles du tamis vibrant pour éliminer les déblais. Dans ce sens les tamis vibrants ne peuvent pas isoler tous le sable. En sortant du tamis la boue doit passer par déssableur et un désilateur pour enlever tous les solides. Parfois pour bien filtrer la boue de ces solides on utilise un autre tamis appelé "mud cleaner" et même une centrifugeuse.

La pompe de forage est une pompe alternative contient 2 ou 3 pistons (pompes duplex ou triplex).



Figure I.7 : A- Mixeur



B-Tamis vibrant



C- pompe triplex

## I.2.4 Système de rotation :

**A) Table de rotation :** C'est une machine de rotation utilisée pour tourner la garniture de forage. Elle est attachée au carrée d'entraînement articulé à la tige carrée qui fait tourner la garniture de forage.

**B) Top-Drive :** Récemment, un nouveau système de rotation a été mis en œuvre. Le top drive fait tourner la garniture de forage sans la table de rotation et la tige carrée. Il est accroché au moufle mobile et géré à partir du plancher.



## I.2.5 Système des obturateurs (B.O.P) :

C'est une large valve à la partie supérieure du puits qui peut fermer les annulaires et les tubulaires quand le contrôle des fluides de forage est perdu. Cette valve est actionnée à distance par les vannes.



Figure I.8 : Système des obturateurs

## I.3 Classification des forages : (5)

### I.3.1 Forage de reconnaissance (exploration) :

En général peu profond pour apporter au géologue des informations sur les couches géologiques, recalculer les connaissances géophysiques et compléter les informations de surface.

### I.3.2 Forage de développement (exploitation) :

Afin de délimiter et évaluer le gisement et permettre son exploitation rationnelle

Le principe de forage est le même dans tous les entreprises, la seule chose qui change est les manières et les appareils utilisés.



***Chapitre II:***  
***Les opérations électriques***

L'appareil de forage contient aussi des capteurs qui jouent le rôle de la surveillance durant le forage. Dans cette partie nous apprendrons les types des enregistrements, les capteurs utilisés et les méthodes de calibration ainsi que l'installation dans l'appareil de forage.

## II.1 La diagraphie: (6)

C'est l'enregistrement continu des variations d'un paramètre physique en fonction de la profondeur. On distingue deux types des diagraphies:

- Diagraphies différées.
- Diagraphies instantanées.

### II.1.1 Diagraphies différées:

Sont des enregistrements lors d'un arrêt ou fin de forage et les paramètres ne peuvent être observés qu'après un certain temps de l'exécution du forage, les outils utilisés sont descendus dans le trou de forage à l'extrémité d'un câble assure la liaison avec les instruments de surface contrôlant les opérations, montés soit dans un camion, soit dans une cabine fixe pour les forages en mer.

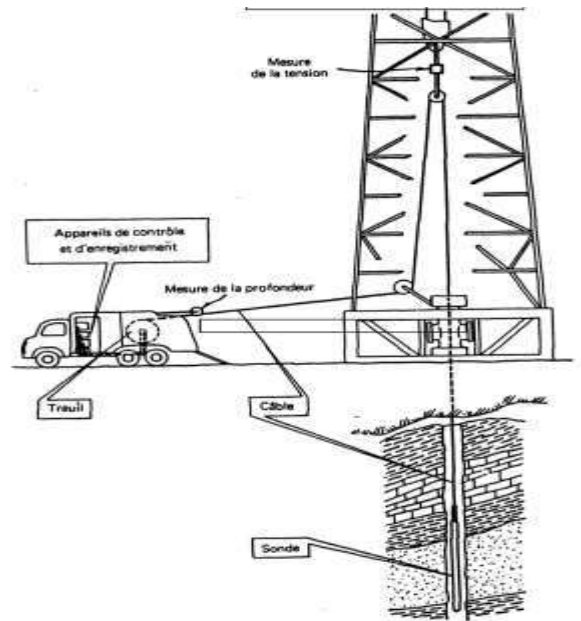


Figure II.1 : Diagraphies différées

### II.1.2 Diagraphies instantanées:

Sont des enregistrements au cours de forage afin de faire l'examen des formations traversées par un sondage se fait tout d'abord en exploitant les informations obtenues au cours du forage. On peut enregistrer les paramètres suivants: vitesse d'avancement, examen des déblais, poussée sur l'outil, indices de gaz ou d'huile... etc.

## II.2 Les types des capteurs selon le concept électronique: (7,8)

Dans cette partie on va énumérer les différents capteurs des diagraphies instantanées et les méthodes de calibration selon le concept électronique.

## II.2.1 les capteurs des diagraphies instantanées:

### A) Capteur de température:

On peut classer les capteurs de température par rapport à l'existence ou pas de contact avec le corps dont on cherche à mesurer sa température.

#### ➤ Avec contact:

- **Analogique:** Thermocouples, thermomètres à résistance métallique; thermomètres à semi-conducteur, thermomètres à quartz, thermomètres à dilatation de fluide,...
- **Logique:** Thermostats à dilatation thermique.

#### ➤ Sans contact:

- **Analogique:** Pyromètres optiques, pyromètres optiques à dilatation de solide,...
- **Logique:** pyromètre à dilatation de solide.

### 1. Echelle de température:

Une échelle de température a été mise au point au niveau international, c'est l'« I.T.S. 90 » (Echelle Internationale de Température EIT) qui a été défini sur des points de référence fixe de température basés sur des phénomènes physiques de changement d'état d'un corps.

### 2. Unités de mesure de température:

le degré Kelvin (K) est l'unité officielle de la température utilisé dans le milieu scientifique, le degré Celsius (°C) et le degré Fahrenheit (°F) sont plus largement utilisée pour exprimer la température. Il y'a aussi le degré Rankine (°R).

### 3. Transmission d'énergie thermique

La mesure de la température implique qu'il y ait un équilibre thermique entre l'objet et le capteur. La

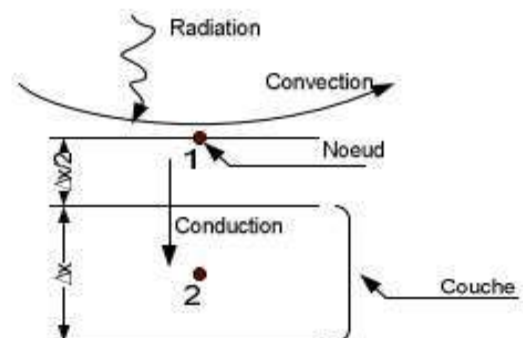


Figure II.2 : la relation entre l'objet et le capteur

température mesurée est donc celle du capteur ( $T_c$ ) qui dépend des échanges d'énergie entre le capteur et le milieu étudié. Dans le contact thermique entre le capteur et l'objet, 3 phénomènes entrent en jeu: la conduction; la convection et le rayonnement.

- **Conduction thermique:** exprimé par l'équation de Fourier:  $Q_{cond} = \frac{KA}{\Delta x}(T_1 - T_2)$
- **Convection thermique :**  $Q_{conv} = hA(T_\infty - T_1)$
- **Rayonnement thermique :**  $Q_{rad} = \delta A \varepsilon F(T_{chaud}^4 - T_1^4)$

#### 4. Thermomètres à résistance métallique (RTD):

Le fonctionnement des thermomètres à résistance est basé sur un phénomène physique, à savoir la variation de la résistance électrique d'un conducteur avec la température. La résistance R d'un conducteur varie avec la température.

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad \text{Avec } \rho = \rho_0(1 + \alpha T) \quad \text{d'où } R = \rho_0(1 + \alpha T) \frac{l}{A}$$

### B) Capteur de proximité:

Un capteur de proximité est un élément de mesure détectant si un objet est présent à proximité sans avoir de contact avec l'objet. La détection s'opère par des effets physiques que l'objet peut produire sur le détecteur, sans contact. Il existe 4 technologies :

- **Capteur de proximité inductif :** l'objet est détecté par ses effets sur un champ magnétique émis par le détecteur.
- **Capteur de proximité capacitif :** l'objet est détecté par ses effets sur un champ électrique émis par le détecteur.
- **Capteur de proximité photoélectrique :** l'objet est détecté par ses effets sur un faisceau de radiations optiques.
- **Capteur de proximité ultrasonique :** l'objet est détecté par ses effets sur une onde ultrasonique émise par le détecteur.

### C) Capteur de niveau:

Le choix du capteur de niveau dépend de:

- **Type d'installation:** Cuve, Réservoir, Extérieur.
- **Nature du produit:** Fluide, Solide.
- **Mode de liaison avec le liquide:** Avec ou sans contacts.

La mesure du niveau peut se faire par plusieurs méthodes :

- **Méthodes Hydrostatiques :** Flotteur, Plongeur, Palpeur électromécanique, Capteur de pression, Capteur par bullage
- **Méthodes basées sur les phénomènes électriques :** Sonde conductrice, Sonde capacitive

- **Méthodes de rayonnement:** Capteur par rayons gamma, Capteur ultrasonique, Détecteur optique, Capteur par hyperfréquences

### A. Méthodes hydrostatiques:

#### a. Le flotteur:

Il se maintient à la surface du liquide, il est rendu solidaire d'un capteur de position qui délivre le signal électrique correspondant au niveau. La mesure s'apparente ensuite à la mesure d'un déplacement ou la détection d'une position.

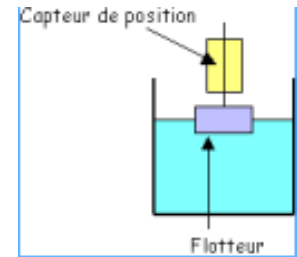


Figure II.3: Capteur position

- **Domaine d'utilisation :** C'est une technologie qui convient mal aux liquides très visqueux susceptibles d'adhérer aux parois du flotteur, modifiant ainsi son poids et par conséquent sa profondeur d'immersion. Ils sont utilisables aussi bien dans les réservoirs ouverts, fermés, sous pression qu'en extérieur sur les puits, canaux... La mesure peut être faussée lorsque la densité du fluide varie.
- **Gamme de mesure :** 10 mm à plusieurs mètres (30 m).
- **Précision :** 0,5 à 5% de l'étendue de mesure.

### D) Capteur de pression:

Il mesure :

- **La pression relative** au fond du réservoir quand celui-ci est ouvert à l'air libre, cette pression est l'image du niveau  $h$  du liquide  $P = r \cdot g \cdot h$
- **La pression différentielle** quand le réservoir est fermé et sous pression
- **Domaine d'utilisation :** cette technique est utilisable à la quasi totalité des liquides : toutes viscosités, neutres ou corrosifs, chargés ou non, inflammables ou non. Toutefois l'indication délivrée est directement proportionnelle à la densité du fluide. Toute variation de densité fausse la mesure. Utilisation dans une large gamme de la température ambiante  $-20$  à  $+80$  °C et de liquide ( $< 120$  °C) ainsi que de pression hydrostatique ( $< 25$  bars)
- **Gamme de mesure :** depuis 0 à 25 mbar et jusqu'à 25 bars
- **Précision :** 0,5 à 1 % de l'étendue de mesure selon la technologie employée

Les technologies utilisées dans les capteurs de pression seront évoquées par la suite. Pour le principe, une membrane élastique se déforme sous l'effet de la pression. Il y a transformation de cette déformation en grandeur électrique. Différentes technologies sont utilisées parmi lesquelles

les capteurs piézo-résistifs qui sont les plus utilisés dans les eaux usées, les capteurs piézo-électriques, les jauges de contraintes.

### E) Capteur de débit:

Il existe deux concepts différents pour le débit, à savoir le débit en volume (en m<sup>3</sup>/sec) et le débit en masse (en kg/sec).

Une disposition simplifiée utilise une résistance à coefficient de température à la fois comme source de chaleur et comme élément de mesure. Son échauffement dépend en effet de l'efficacité de son refroidissement par le fluide, lequel dépend de la vitesse du fluide.

### F) Capteur de vitesse:

La mesure de vitesse est nécessaire dans les asservissements de vitesse de machines tournantes. Elle peut être obtenue via un capteur de déplacement, puisque la dérivée de la position correspond à la vitesse :  $v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$

### G) Capteur de poids:

Les capteurs de pesage se composent généralement d'un corps d'épreuve (élément sensible) sur lequel ont été appliquées des jauges de contraintes. Ce corps d'épreuve est habituellement construit en acier ou aluminium. Le capteur est à la fois robuste mais il présente également un comportement élastique minimum. Grâce à cette élasticité, le corps d'épreuve se déforme légèrement lorsqu'il est soumis à une charge et reviens dans sa position initiale quand cette charge est retirée. Ces déformations extrêmement faibles peuvent être acquises avec des jauges de contrainte (abréviation SG pour Strain Gage). En final, les jauges se déforment aussi et le signal correspondant est traité par l'électronique associé au capteur qui indique ainsi le poids à l'opérateur.

### H) Capteur de densité:

Le rayonnement gamma est atténué lors de son passage à travers le produit à mesurer. Cette atténuation est mesurée par un détecteur. Le degré d'atténuation du rayonnement dépend de la densité du produit présent dans la tuyauterie. Plus la densité est élevée, moins l'intensité du rayonnement atteint le détecteur. La densité, la concentration et la teneur en matière solide peuvent alors être déterminées avec exactitude, sans contact, quelles que soient la pression, la température, la viscosité, la conductivité et les propriétés chimiques du produit.

### I) Capteur de couple:

Le fonctionnement de ce capteur basé sur l'**effet hall**, cet effet permet de mesurer une variation

de champ magnétique. Un courant électrique traversant un matériau baignant dans un champ magnétique, engendre une tension perpendiculaire à ce dernier.

### J) Capteur de profondeur:

Le principe est basé sur la traduction du mouvement rotatif du tambour en une série d'impulsions qui représentent la distance parcourue, et un bit de direction pour déterminer la direction du bloc. Cependant, le diamètre effectif du tambour change lorsque le câble est enroulé ou déroulé, ce qui signifie que la distance par rotation change.

## II.2.2 Calibration des capteurs des paramètres de forage:(9)

### A) Capteur de niveau:

#### 1. Niveau de poulie:

On a besoin de deux points:

9-12 mV       $\longrightarrow$       0 m<sup>3</sup>

Hauteur max       $\longrightarrow$       Capacité max du Bac

A la fin de calibration, le capteur doit être ajusté sur le niveau réel du BAC ou la poulie doit être ajusté sur le niveau max du BAC.

#### 2. Niveau de sonique:

4 mA: petit volume  $\approx$  0m<sup>3</sup>

20 mA: Capacité du bac

BL: « Blanking » pour éliminer les fluctuations  $\approx$  30 cm

SP: « Fréquence » 1 = Slow

2 = Medium

3 = Speed

Avant de faire **la calibration** du capteur **sonique** on passe d'abord à **la configuration** selon les étapes suivantes:

- Appuyer sur **4 et 20mA** en même temps **01 seule fois** pour entrer la hauteur du bac vide (ex : 2.5m)
- Appuyer sur **4 et 20mA** en même temps **02 fois** pour entrer la hauteur du bac plein vide (ex : 0.35m)

- Appuyer sur **4 et 20mA** en même temps **03 fois** pour entrer la hauteur du Blanking (ex : 0.40m)
- Appuyer sur **4 et 20mA** en même temps **04 fois** pour entrer la fréquence (ex : toujours medium = 2)
- Sur le « SOFT» de l'UML :
  - 4 mA → 200 mV → 0 m<sup>3</sup>
  - 20 mA → 1V → capacité du bac (plein)

**B) Capteur de température:**

Son calibration fait à l'aide Geodesk graphical calibration windows. Après la connexion du capteur ouvre le menu de calibration dans Geodesk.

- Sélectionnez le troisième onglet "An IN 1-16". Allez sur le canal d'acquisition 14 pour la température IN ou 15 pour la température OUT et appuyez sur le bouton de calibration.
- Sélectionnez le premier point de calibration : réglez 2 volts dans la zone de texte de la tension et 0°C dans la zone de texte de la température.
- Sélectionnez le deuxième point de calibration : définissez 10 volts dans la zone de texte de la tension et 200 0°C dans la zone



Figure II.4 : Geodesk calibration

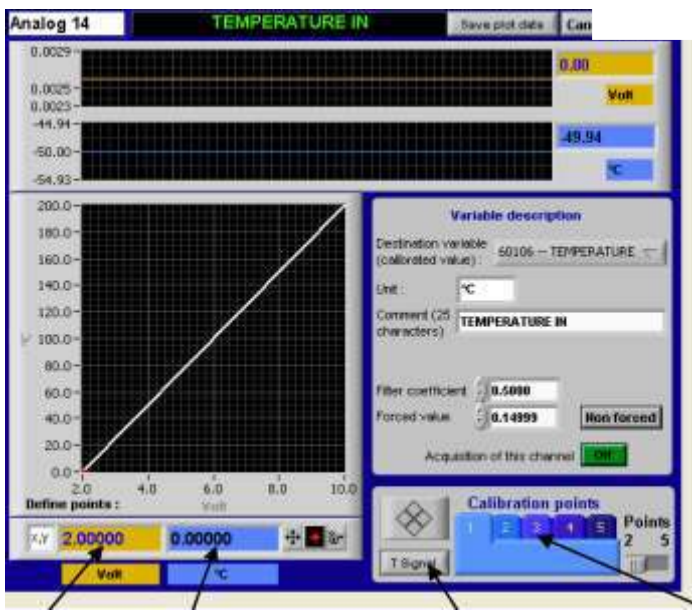


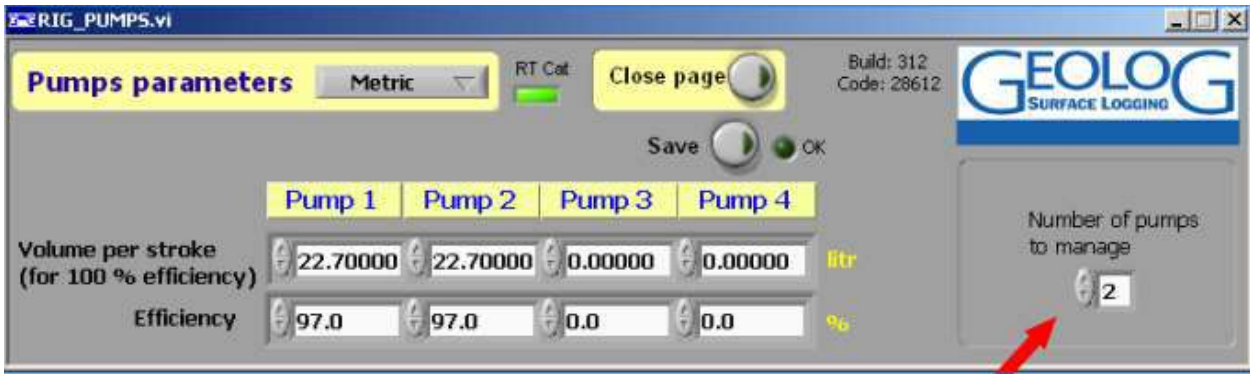
Figure II.5 : Signal de calibration



**C) Capteur de pression:**

Le même principe de capteur de température.

**D) Capteur de RPM et SPM:**



**Figure II.6 : paramètres de pompe**

A partir du menu Well Manager, lancez Pumps program:

Cette interface permet de saisir jusqu'à 4 pompes.

Le volume pompé par chaque coup est prévu pour un rendement volumétrique de 100 %.

Pump #	SPM	Flow rate	Totalizers
1	0	0	Strokes 0 0
2	0	0	Volume 0.0 m <sup>3</sup>

- **1ère étape :** sélectionnez le nombre de pompes à gérer : Vous verrez les pompes sur la page principale de GeoDesk.
- **2ème étape :** entrez le volume par coup de chaque pompe (à un rendement de 100%).  
 Pour une pompe triplex :  $\frac{3\pi}{4} l_s d_i^2$
- **3ème étape :** saisie du rendement volumétrique de chaque pompe. Normalement, pour les pompes Triplex, le rendement est de 95 à 98%.
- Save and Close Page.

$L_s$ = longueur de coup

$D_i$ = diamètre de la pompe

Après cette étape on passe aux mêmes étapes de calibration de capteur de température pour définir l'échelle de fonctionnement.

**II.2.2.5) Capteur de débit:**

Même principe avec le capteur de température.

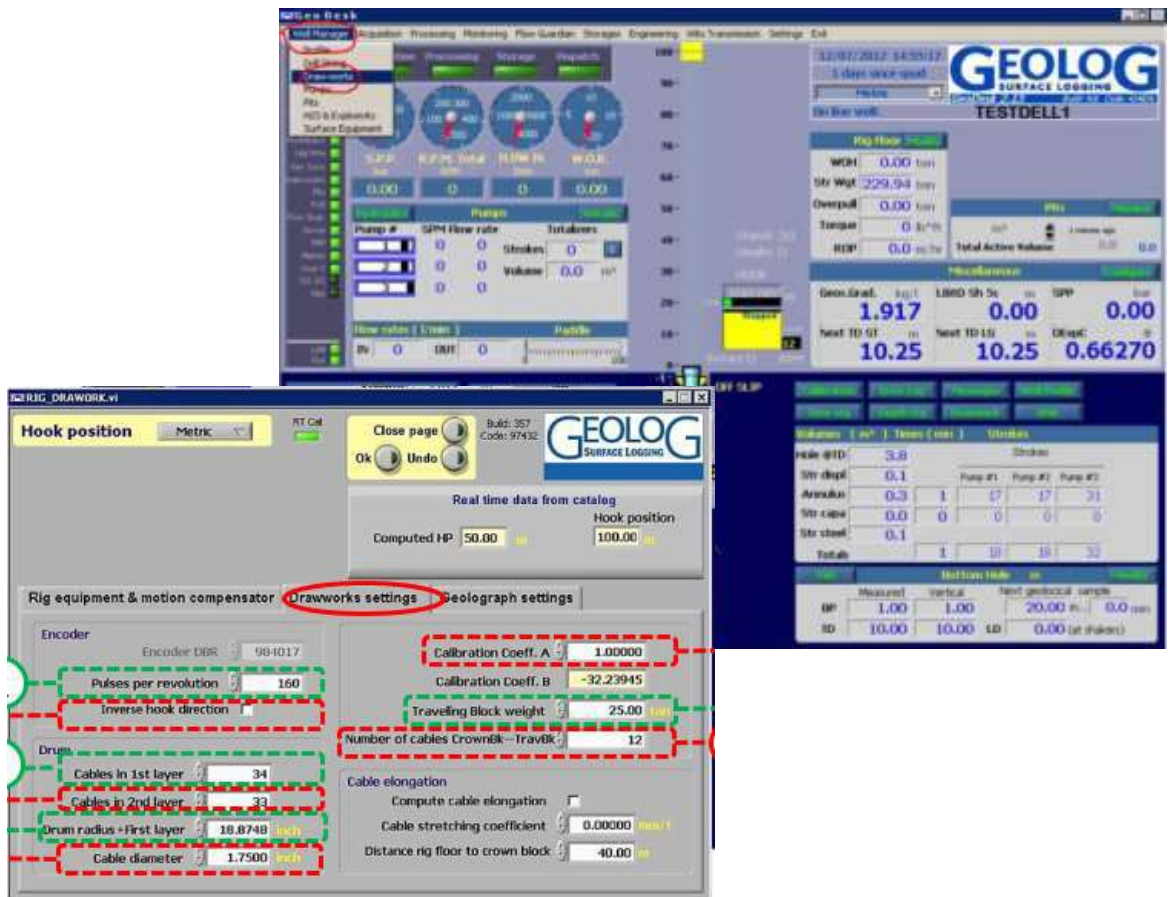
**II.2.2.6) Capteur de couple:**

Même principe de capteur de température.

**II.2.2.7) Capteur de profondeur (draw works):**

➤ Paramètres de calibration

- A partir du menu Well Manager, lancer Draw-Works program.
- Cliquer sur l'onglet Draw-Works setting tab.



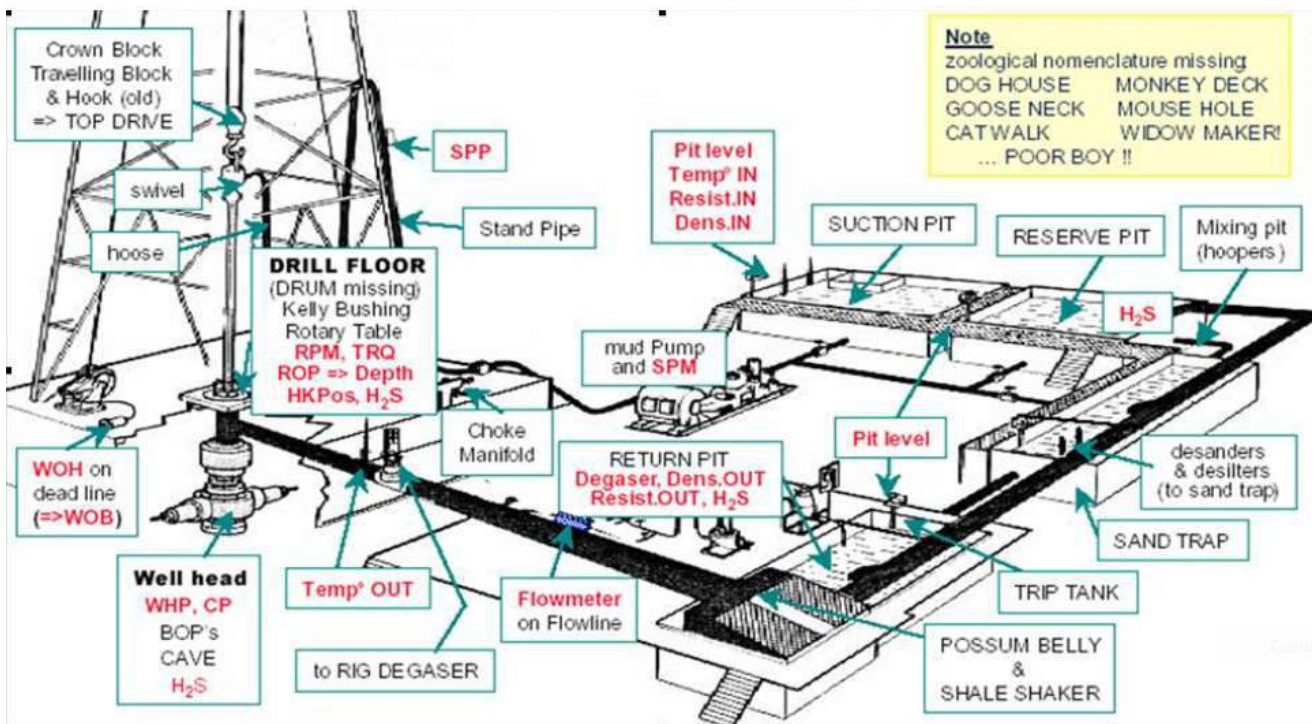
**Figure II.7 : Calibration de drawwork**

- 1- Mettez 160 pour ce modèle de capteur Drawworks. Il a un disque rotatif de 40 dents et peut donc générer sur les deux interrupteurs 160 impulsions ON/OFF par tour complet.
- 2- Cochez la case si (et seulement si) le sens du bloc mobile est inversé  
Sens inversé signifie : sur Geodesk la position du crochet est incrémentée alors que du côté du sol le bloc mobile descend
- 3- Mettez le nombre d'enroulements de câbles dans la première couche (supposé complet)
- 4- Indiquez le nombre d'enroulements de câbles dans la deuxième couche (supposée complet)
- 5- Faites la somme en pouces du rayon du tambour et du diamètre du câble. Ce sera le rayon initial effectif lorsque le bloc de déplacement est dans sa position la plus basse

- 6- Entrez le diamètre du câble (en pouces).
- 7- Le coefficient A par défaut est de 1.000, il permet d'affiner la position du crochet.
- 8- Entrez le poids du chariot "Travelling block"(en tonnes)
- 9- Entrez le nombre de câbles sur le chariot.

**II.3 L’installation des capteurs dans l’appareil de forage:**

Le schéma suivant contient tous les capteurs de diagraphies instantanées et son emplacement dans l’appareil de forage.



**Figure II.8 : Emplacement des capteurs dans l’appareil de forage**

La diagraphie instantanée est un partie très important dans le forage pétrolier elle assure la surveillance du puits ainsi que la sécurité des travailleurs.

## ***Chapitre III:***

### ***Les paramètres de forage***

Puisqu'il y a des capteurs, ca veut dire qu'il y a des paramètres qui se mesurent. Dans cette partie nous apprendrons les paramètres de forage et les principes de fonctionnement des capteur, leurs emplacement, ainsi que l'intérêt de mesure.

### III.1 Paramètres de forage:(10)

Ils peuvent être classés en deux catégories

- Les paramètres calculés
- Les paramètres mesurés

#### III.1.1 Paramètres mesurés:

##### A) Vitesse de rotation:

La vitesse de rotation (RPM) c'est un paramètre physique qui indique le nombre de tour de la table dans le rig-floor par minute.

##### B) couple:

C'est un paramètre physique mesuré au cours du forage par un capteur, pour identifier le torque de la garniture, on peut dire que le torque est la force opposite de la rotation tous dépend aussi de la nature géologique des roche traversés comme le poids, le couple en surface n'est pas transmis intégralement sur l'outil de forage, mais la mesure de surface est la seule possible actuellement.

##### C) Pression d'entrée et de sortie de la boue (SPP):

La mesure de la pression de la boue se fait à laide des capteurs placés sur le manifold pour la pression d'entrée (stand pipe pressure) et sur le choke manifold pour la pression de sortie (casing pressure).

##### D) Débit d'entrée et de sortie (FLOW in-out):

- **Débit d'entrée:** Ce paramètre consiste à calculer le nombre des coups de pompe (besoin d'installer un capteur de pompe compter le volume de pompage de la boue), prend on considération le volume de pompage dans chaque coup et le rendement de la pompe.
- **Débit de sortie:** On rencontre des difficultés lors de la mesure d'une manière précise de ce paramètre, les débitmètres installés mesurent le pourcentage du passage de fluide en fonction de la déflexion de la palette (0- 100%).

**E) Densité de la boue de forage:**

C'est le rapport du poids d'un corps à son volume dans des conditions définies de température et pression. La densité du fluide de forage varie de 0.9 à 2.4, elle est mesurée avec un densimètre sur chantier de forage. Cette caractéristique est très importante et doit être contrôlée régulièrement. La densité doit être telle que la pression hydrostatique soit suffisante pour contrôler les fluides de formation (eau, gaz, huile) et ne doit pas dépasser la limite de résistance des parois du forage (formations traversées) pour ne pas les fracturer et ne pas risquer une perte de boue au cours de la circulation.

**F) Température d'entrée et de sortie:**

Sans doute la température est une des grandeurs les plus importantes dans le forage pétrolier. Elle est mesurée de façon indirecte, par le biais d'un autre principe physique. Il est donc essentiel de bien connaître les principales techniques de mesure et les principes physiques qui les permettent. Du point de vue thermodynamique, la température est une variable d'état intensive. A l'échelle moléculaire, la température est liée à l'énergie cinétique moyenne des constituants de la boue.

**III.1.2 Paramètres calculés:****A) Poids sur l'outil (weight on Bit):**

Le poids sur l'outil (WOB) c'est un paramètre calculé selon un concept physique, mais il faut prendre en considération le poids sur l'outil libre (WOHL) et le poids sur l'outil pendant le forage (WOHF).

$$\text{WOB} = \text{WOHL} - \text{WOHF}$$

L'intervalle minimal et maximal du poids sur la garniture est déterminé par le constructeur.

**B) Vitesse d'avancement:**

La vitesse d'avancement est l'un des principaux paramètres enregistrés au cours de forage. Elle est assimilée à la rotation d'un organe mécanique en supposant un lien direct entre l'outil et le mouvement observé en surface.

**III.2 L'installation des capteurs:****III. 2.1 Définition :**

Un capteur est un dispositif de mesure qui transforme une grandeur physique en une grandeur utilisable, exemple: la tension électrique, l'intensité, déviation d'une aiguille.



### III.2.2 Capteur de poids (WOH):

Ce capteur est installé sur le Réa est utilisé pour contrôler le poids sur l'outil durant le forage.

#### A) Principe de fonctionnement:

On assimile la différence de poids mesuré au crochet à la différence entre le poids de la garniture suspendue dans la boue et le poids avec l'outil posé (Hook Load = String Weight – Weight On Bit).

#### B) Emplacement dans le puits:

On peut placer ce capteur sur le Réa.

#### C) Intérêt de mesure :

- Détecter les frottements de la garniture.
- Les coincements.
- Suivre les consignes.
- Rechercher les paramètres d'avancement optimal (par exemple drill-off test).
- Lors de retrait de la garniture, on exerce une force de traction, pour cela le poids sera contrôler pour respecter la limite de traction des tiges.
- En cas de rupture de la garniture, la variation de poids au crochet donne une indication sur la longueur de garniture perdue.
- En manœuvre des outils de fond
- En tubage

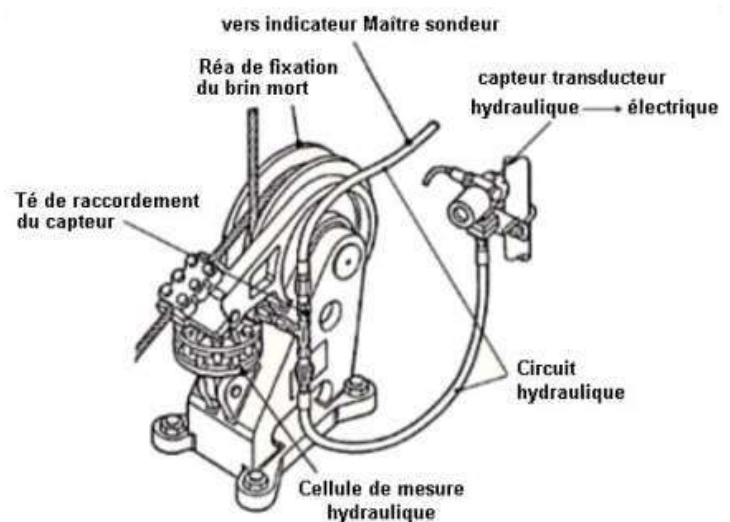


Figure III.1 : Capteur de poids

### III.2.3) Capteur de proximité (RPM) :

Ce capteur est un détecteur de proximité, dans chaque rotation de la table, le capteur marque une pulse, l'intégration des nombres des pulses électriques en un temps donné indique la vitesse de rotation.

#### A) Principe de fonctionnement:

Il fonctionne comme les capteurs des pulses.

**B) Les types de capteur de proximité:**

On distingue deux types DATALOG et GEOSERVICES.



Figure III.2 : Capteurs de proximité

**C) L'emplacement dans le puits:**

Généralement il est placé sur un leurre de l'arbre de la table de rotation.

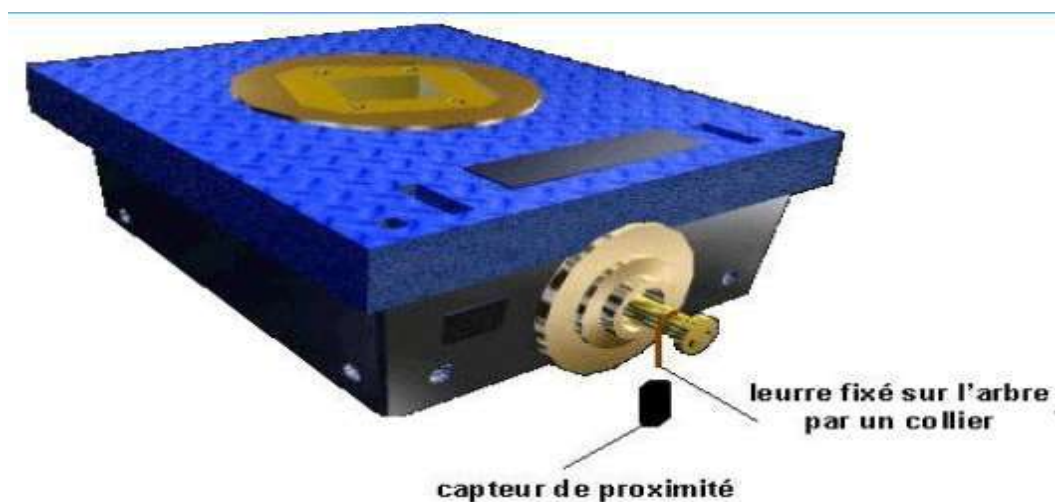


Figure III.3 : Position du capteur RPM

**D) Intérêt de mesure:**

- Recherche des paramètres d'avancement optimum.
- Corrélation de vitesse d'avancement entre différents puits.
- Interprétation de lithologie.



### III.2.4) Capteur de couple:

Le torque représente la résistance de la formation à l'arrachement ajouté à cela les frictions garniture/ parois du puits.

#### A) Principe de fonctionnement:

On place un matériau conducteur dans un champ magnétique perpendiculaire à un champ électrique se produira un voltage perpendiculaire à le champ magnétique.

#### B) Les types de capteur de couple :

On trouve deux types de capteurs: DATALOG et GEOSERVICES.



Figure III.4 : Capteurs de couple

#### C) Emplacement dans le puits:

Placé sur le câble d'alimentation du moteur d'entraînement de la table de rotation.

#### D) Intérêt de mesure:

- Changements de lithologie.
- Transmission du couple lors d'un back-off.
- Molette coincée.
- L'état de l'outil et surtout de ses roulements.
- Tentative de décroincement.
- Eboulement sur l'outil.

### III.2.5) Capteur de pression:

La pression d'entrée (SPP) est mesurée par un capteur placé sur le manifold qui est la pression de refoulement, où la pression de sortie mesurée par un capteur placé sur le choke manifold utilisée pour contrôler la sortie surtout en cas des venues ou des irrptions.

Le capteur à l'injection doit être compatible avec la pression maximum de fonctionnement du système de refoulement (400 bars).

Le capteur annulaire doit être aussi compatible avec la série de la tête de puits pour permettre des mesures correctes (750 bars).

#### A) Principe de fonctionnement :

Les jauges utilisées transforment la pression en signal électrique.

#### B) Les types:

Deux types des capteurs (DATALOG, GEOSERVICES).



Figure III.5 : Capteurs de pression SPP

#### C) Emplacement dans le puits:

- **WHP:** Capteur de pression de tubage installée sur choke manifold (CASING PRESSURE)
- **SPP:** Capteur installé sur le Manifold du plancher pour obtenir la pression de refoulement (Stand Pipe Pressure).

**D) Intérêt de la mesure:**

- Déroulement des opérations lorsque le puits est mis sous pression (étanchéité d'un packer).
- Surveillance du déplacement des bouchons de densités différentes (ciment, boue lourde, venues, etc.).
- Manœuvre hydraulique d'équipements de fond (gonflement de packer, cisaillement de goupille).
- Perte ou bouchage d'une duse - Sifflure ou rupture de garniture - Contrôle de kick-Déplacement des bouchons de cimentation.
- Détection de pertes importantes dans le découvert par surveillance de la chute de pression.

**III.2.6) Capteur de débit de sortie:**

Débit de sortie: C'est un paramètre difficile à mesurer d'une manière précise, on installe des débitmètres mesurent le pourcentage de passage du fluide en fonction de la déflexion de la palette (0-100%).

La mesure, combinée du débit d'entrée et du débit de sortie, permet d'obtenir une mesure de débit différentiel.

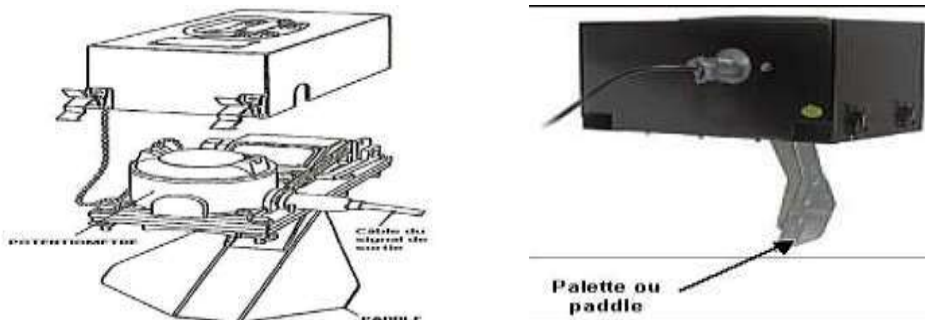
Une résistance variable d'un potentiomètre indique la valeur de débit de sortie de boue.

**A) Emplacement dans le puits:**

Ce capteur est placé sur la goulotte

**B) Intérêt de mesure:**

- La surveillance en cas de venues ou de perte de boue



**Figure III.6 : Capteurs de débit de sortie**

### III.2.7) Capteur de profondeur:

La vitesse d'avancement est l'un des principaux paramètres enregistrés au cours de forage. Elle est assimilée à la rotation d'un organe mécanique en supposant un lien direct entre l'outil et le mouvement observé en surface.

#### A) Emplacement dans le puits:

Le capteur de profondeur est placé sur le treuil (Draw Works)

#### B) Intérêt de mesure:

- Le sens de déplacement du moufle.
- La vitesse de déplacement du moufle HOOK SPEED.
- Connaitre la profondeur Total.
- Position du moufle (HOOK position).
- La vitesse d'avancement ROP.
- La profondeur de l'outil Bit.



Figure III.7 : Capteur de profondeur

### III.2.8) Capteur de niveau:

La surveillance du niveau des bassins se fait habituellement à l'aide de flotteurs qui actionnent des potentiomètres.

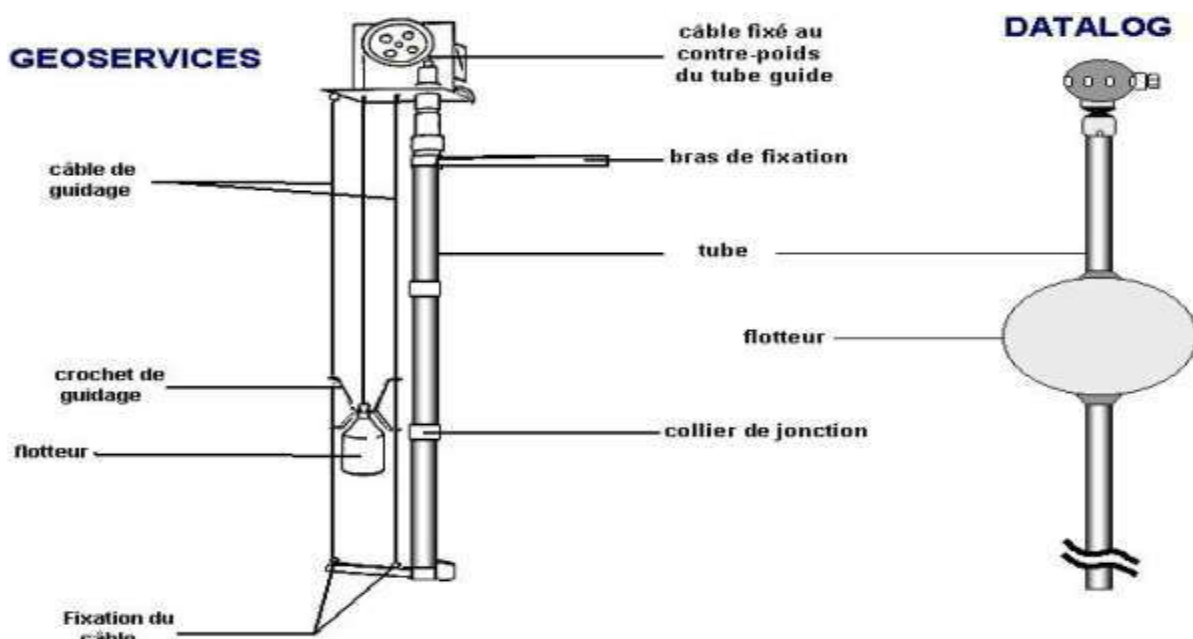


Figure III.8 : capteur de niveau

**A) Principe de fonctionnement:**

Basé sur la mesure du temps de propagation d'une onde de haute fréquence émise par le capteur et lue par celui-ci après réflexion à la surface du fluide stockée dans le bassin pour les capteurs soniques et la variation potentiométrique pour les capteurs à flotteurs.

**B) Emplacement dans le puits:**

Il est placé sur les bacs actifs (actif 1, actif2, décantation 1 et 2, trip tank, réserves 1et2).

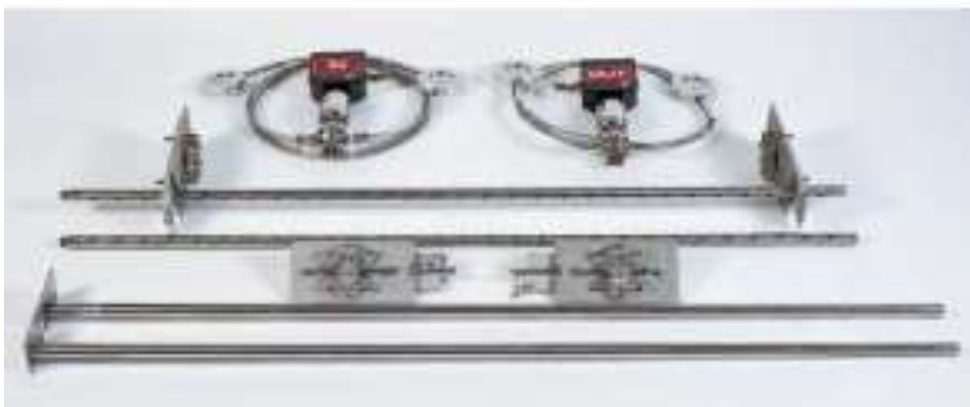
**C) Intérêt de mesure:**

Le contrôle de:

- Disponibilité de la boue dans chaque bassin.
- Perte de boue en surface.
- Pertes partielles pouvant mettre en évidence des formations fracturées.
- Modifications de circuit (mise en route des équipements d'épuration mécanique).
- Manipulations sur le volume en circulation (ajout de boue, mise en service de bassins différents).

**III.2.9) Capteur de densité:**

Un capteur équipé de deux membranes pour mesurer les pressions hydrostatiques.



**Figure III.9 : Capteur de densité**

**A) principe de fonctionnement:**

On place deux capteurs à des hauteurs différentes dans un pôle de boue puis on calcule la pression hydrostatique différentielle.

**B) Emplacement dans le puits:**

**Densité d'entrée :** dans le bac actif.

**Densité de sortie :** dans le mud box.

**C) Intérêt de mesure:**

En cas de venue : chute de densité.

Le contrôle continu du traitement de la boue.

**III.2.10) Capteur de température:**

L'enregistrement de la température d'entrée et de sortie fait à l'aide des cannes thermométriques à filament de platine protégé par une gaine inoxydable d'acier.

**A) Principe de fonctionnement:**

Basée sur la variation de la résistance:

L'augmentation de la résistance marque une augmentation de la température.

**B) Emplacement dans le puits:**

**Température d'entrée:** Dans le bac actif.

**Température de sortie:** Dans le mud box.

**C) Intérêt de mesure:**

Le capteur renseigne également sur Les zones anormalement compactées

Température élevée Les venues de gaz



**Figure III.10 : Capteur de température**



qui se manifestent par une baisse de la température due à la détente du gaz.

### III.2.11) Capteur de coups de pompe (SPM):

Débit entrée : La méthode la plus simple consiste à compter le nombre de coups de pompe.

Connaissant le débit unitaire pour chaque coup et le rendement de la pompe, le débit de forage pourra être calculé.

Il est facile de mesurer le nombre de coups de pompe par des détecteurs de proximité.

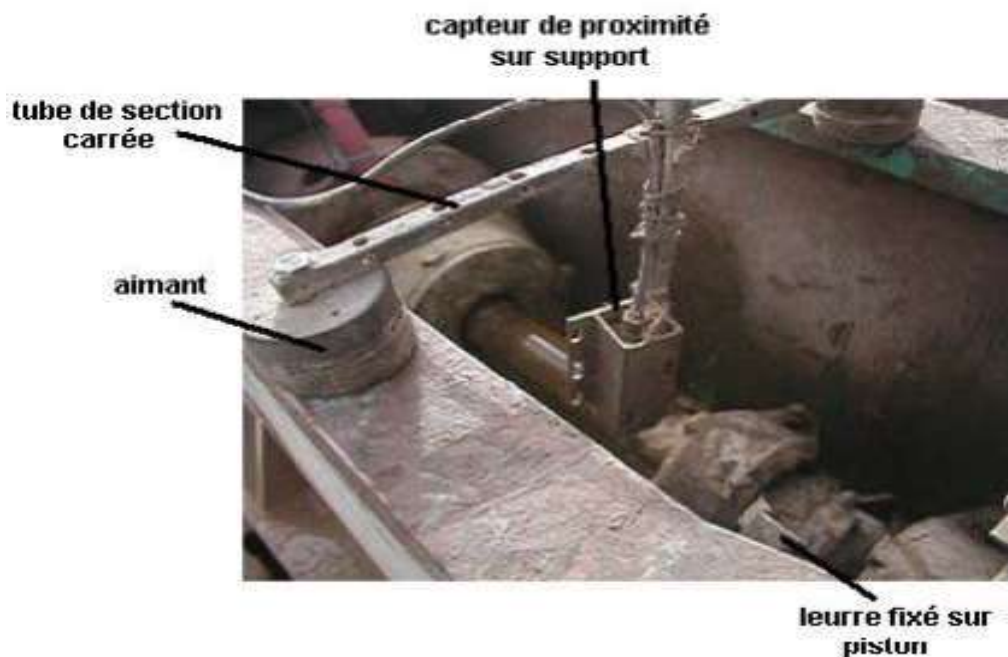


Figure III.11 : Capteur de proximité

#### A) Principe de fonctionnement:

Même principe de fonctionnement pour le capteur RPM

#### B) Emplacement dans le puits:

Le capteur est installée au niveau des pompes de forage.

Il est positionné à environ ½ Centimètre d'un leurre métallique placé sur un des trois pistons en général le collier assure la fonction de leurre

#### C) Intérêt de mesure:

- Suivre les consignes
- Réalisation de la chasse de ciment

- Déplacement des bouchons de cimentation (Top & Bottom plug)
- La mesure du temps de remontée des échantillons (*lag-time*)

### III.3 Etude de cas : venues de gaz(11)

#### Données techniques :

##### Forage:

- Forage en 5 3/4", avec un débit de 500 l/min à la profondeur de 6400 mètres.
- Le temps de remontée théorique est de 2h 30 min.

#### Diagraphies instantanées:

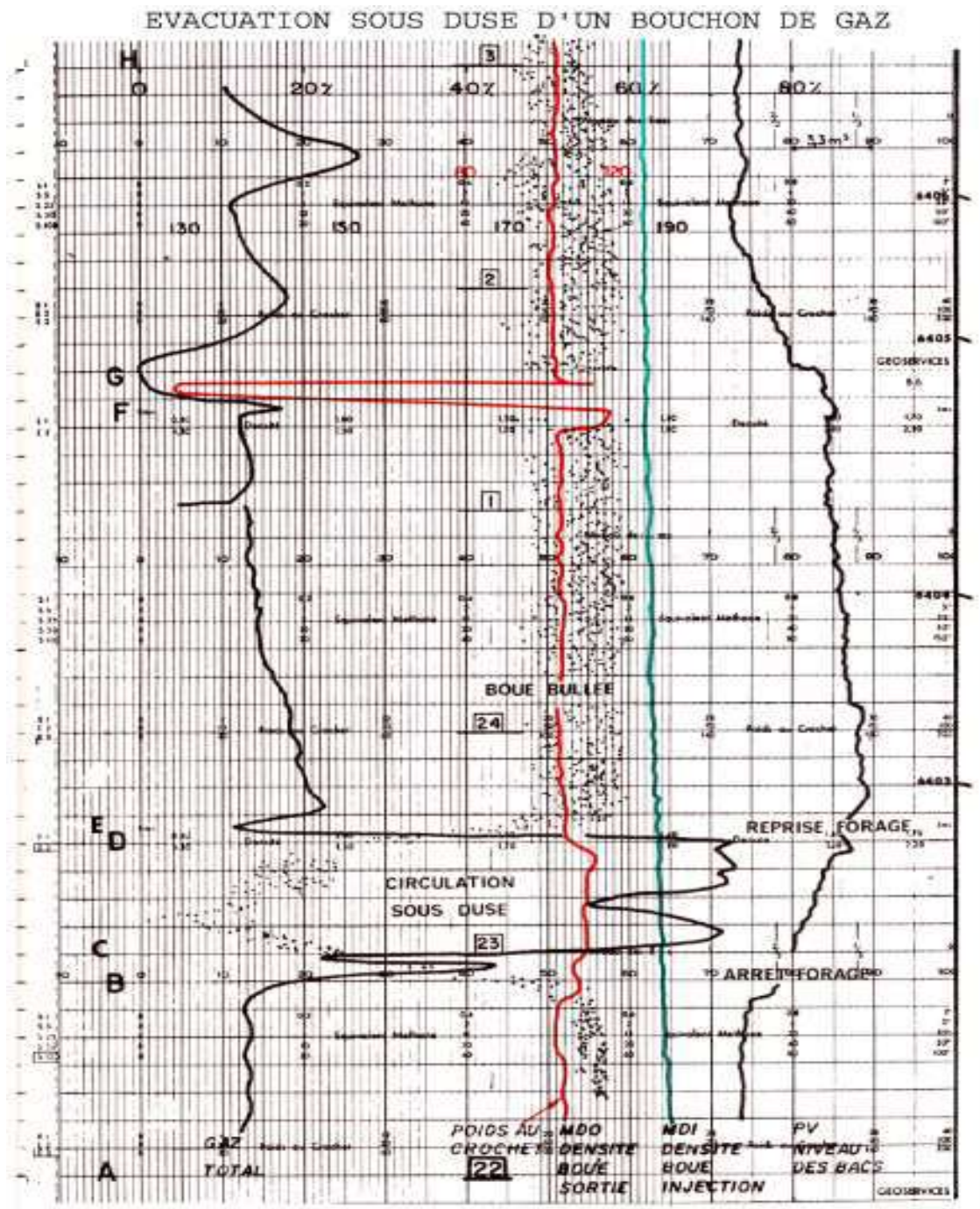
La surveillance géologique est assurée avec les appareils suivants :

- Enregistreur de la vitesse d'avancement, avec répéteur d'avancement sur l'enregistreur multipiste et le chromatographe.
- Dégazeur et détecteur de gaz total à conductivité.
- Chromatographe pour l'analyse des gaz.
- Enregistreur du niveau des bassins à boue (Restor 3).
- Densimètre mesurant la densité de la boue à l'aspiration.
- Densimètre mesurant la densité de la boue au refoulement.
- Enregistreur du poids au crochet.

#### Informations présentées et échelles:

- L'enregistrement multipiste est fait sur un diagramme de 280 millimètres de large qui se déroule verticalement de haut en bas, l'espace entre deux lignes horizontales correspondant à 7min 30s.
- Sur la droite du diagramme, **les tops indicateurs d'incrément d'approfondissement** s'inscrivent tous les mètres.
- **La courbe de gaz total** est enregistrée avec l'échelle S10 correspondant à 100 %, pleine échelle, d'équivalent méthane dans le mélange gaz/air analysé ; une grande division correspond donc à 10 % et une petite à 1 %.
- **Les variations du niveau des bassins à boue** sont enregistrées avec un écart mesurable de 33 m<sup>3</sup>, pleine échelle, une grande division est égale à 3,3 m<sup>3</sup> et une petite 0,33 m<sup>3</sup>.
- **La densité de la boue à l'aspiration et la densité au refoulement** sont enregistrées avec une échelle allant de 1,25 à 2,25 pour laquelle une grande division est égale à 0,10 et une petite à 0,01.
- **Le poids au crochet** est enregistré avec l'échelle 0-200 t, pour laquelle une grande division représente 20t et une petite 2t.





**Déroulement des opérations:**

**A-B - De 22h à 22h 48 :**

- l'avancement de forage est lent
- la courbe de total gaz est régulière à 13
- le niveau des bassins est constant
- la densité de la boue d'aspiration est régulière à 1.90
- la densité au refoulement indique des valeurs entre 1.79 et 1.82.

**B-C - De 22h48 à 23h :**

- Une augmentation de 4 divisions (1,32 m<sup>3</sup>) est enregistrée sur le niveau des bassins à boue.
- Le total gaz commence à augmenter.
- La diminution dans la densité de la boue au refoulement.
- Arrêt du forage, bien visible sur la courbe poids au crochet (+ 6 t) et fermeture des obturateurs avant l'arrivée en surface du bouchon de gaz.

**C-D - De 23h à 23h30:**

- Circulation sous duse pour éliminer le bouchon de gaz.

Pendant cette opération nous voyons que :

- le niveau des bassins à boue augmente régulièrement jusqu'à 23 h 28, après il commence à diminuer.
- La quantité de gaz total dépasse 70 % d'équivalent méthane dans le mélange gaz/air analysé.
- La densité de la boue au refoulement atteint rapidement un minimum de 1.30 pour augmenter ensuite régulièrement.

**D-E - De 23h30 à 23h35:**

- Arrêt de la circulation sous duse et réouverture des obturateurs.

**E-F - De 23h35 à 1h25:**

- Reprise du forage.
- La quantité de gaz total décroît régulièrement de 22 à 13 %.
- Le niveau des bassins à boue baisse régulièrement.
- La densité de la boue au refoulement donne des valeurs très dispersées (de 1.75 à 1.85).

**F-G - De 1h25 à 1h35:**

- Ajout d'une tige, qui se marque nettement sur les courbes "poids au crochet" et "gaz total".

**G-H - De 1h35 à 3h :**

- Poursuite du forage.

Notons que la boue reste gazée encore longtemps après le passage du bouchon de gaz. La courbe gaz total donne un pic de 27 % à 2h30; il s'agit très probablement du recyclage du bouchon de gaz qui a motivé la circulation sous duse: les 3 heures écoulées correspondent en effet au temps de remontée théorique (2h30) augmenté du temps de descente de la boue à l'outil (30min environ).

Les paramètres de forage ont le rôle principal en cas de problème dans le puits ainsi que la surveillance régulière de l'état du puits.

# *Conclusion générale*

## Conclusion Générale

---

### *Conclusion générale:*

*Cette étude permet de bien connaître le principe de fonctionnement et de calibration des capteurs d'enregistrement des paramètres de forage enregistrés durant la réalisation d'un forage pétrolier.*

*L'étude de cas traitée dans notre sujet de fin d'étude nous a permis de connaître les variations des paramètres et leur relation avec les venues de gaz.*

*Les résultats donnés ont montré qu'il y avait des problèmes et des erreurs dans l'enregistrement, pour cela je voudrais ajouter quelques suggestions qui amélioreront la qualité de l'enregistrement :*

- *Ne pas se fier aux résultats d'un ramassage, c'est-à-dire en ajouter deux ou trois, afin d'assurer l'exactitude des résultats.*
- *Re-calibrer les capteurs périodiquement au lieu de les calibrer avant et après le forage.*

# *Références bibliographiques*

### **Chapitre I :**

- (1) Darley H.C.H & Gray G.R (1988). *Composition and properties of drilling and completion fluids. Edit Fifth.***
- (2) Documentation SONATRACH**
- (3) geolog training departement 2008- Rotary drilling rigs**
- (4) Documentation SONATRACH, division forage**
- (5) Division de forage. Département de formation.**

### **Chapitre II :**

- (6) Documentation SONATRACH, département géologie, service diagraphie**
- (7) Georges Asch et Collaborateurs, *Les capteurs en instrumentation industrielle, Dunod 1998.***
- (8) Ian R. Sintclair, *Sensors and transducers, NEWNES 2001.***
- (9) Documentation SONATRACH, Unité mud logging**

### **Chapitre III:**

- (10) DOKKAR BELKHIR , BOUAINI MOHAMMED 2014 *La surveillance géologique durant la réalisation d'un forage pétrolier TGF3 (Région de AOULEF)***
- (11) Documentation SONATRACH, département géologie, service diagraphie**

### ***Résumé:***

Le but de cette étude est le suivi de la réalisation des forages et les méthodes d'enregistrement des données et son rôle dans la surveillance des changements qui se produisent pendant le forage. Pour cela on a fait une étude de cas d'une venue de gaz.

Les résultats révélés indiquent :

- le changement dans le niveau des bassins indique qu'il y'a une perte ou une venue
- la diminution dans la densité indique qu'il y'a une venue
- La surveillance des paramètres du puits à l'aide des capteurs joue un rôle important dans le maintien de la sécurité des travailleurs.

**Mots clés : forage, surveillance, venue de gaz, capteurs**

### ***Abstract:***

The aim of this study is the monitoring of the drilling process and the methods of data recording and its role in monitoring the changes that occur during drilling. For this purpose a case study of a gas occurrence was made.

The results revealed that

- The change in pool level indicates that there is a loss or an influx
- Decrease in density indicates a gas flow
- Monitoring well parameters with sensors plays an important role in maintaining worker safety

**Keywords: drilling, monitoring, gas occurrence, sensors**