

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE 20 AOÛT 1955 SKIKDA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DÉPARTEMENT DE GÉNIE DES PROCÉDÉS



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Hygiène et sécurité industrielle

Spécialité : Hygiène et sécurité industrielle

**Analyse d'accident du travail mortel survenu le
01/07/2020 dans HGA43 WELL (Hassi Messaoud).**

Soutenu le 02/07/2023

Réalisé par :

- ❖ Bouchoukh Boutheina.
- ❖ Beledjhem Ahlem.
- ❖ Guerirem Mohamed ilyes.

Encadré par :

Dr. Mohyiddine Hamaidia

Année Universitaire 2022- 2023

Remerciement :

Nous remercions en premier lieu Allah le tout puissant de nous avoir accordé la puissance et la volonté pour achever ce travail.

Nous tenons à exprimer tout notre respect et reconnaissance à notre encadrant

Dr. Mohyiddine Hamaidia pour ses conseils, ses remarques et pour le temps qu'il nous a accordé le long de cette période.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements et notre gratitude à Monsieur Abdel Halim Labsir, Inspecteur de l'Hygiène et de la Sécurité Industrielle à Sonatrach Hassi Messaoud, division de Prévention en division production (DP), pour l'aide et les informations qu'il nous a fournies dans le cadre de nos recherches.

Nous adressons nos sincères remerciements aux membres du jury pour avoir accepté d'examiner et d'évaluer ce travail.

Nous tenons également à remercier tous nos enseignants du département science et technologie qui nous ont assuré une solide formation en ingénierie hygiène et sécurité industrielle.

Nous tenons à saisir cette occasion pour adresser nos profonds remerciements à nos familles et nos amis qui par leurs encouragements, nous avons pu surmonter tous les obstacles.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace :

Je dédie cet humble travail à :

✓ *Ma chère mère, qui s'est fatiguée et est restée éveillée pour me voir à ce stade, mais le destin a voulu me laisser au milieu de la route, mis son soutien, sa confiance et son amour sont toujours avec moi jusqu'à ce que je réalise ce qu'elle aspirait à voir.*

Je t'aime ma mère, que dieu ait pitié de toi.

✓ *A mon cher père, qui a veillé à m'apporter tout le soutien matériel ou moral dont j'avais besoin et à cultiver la confiance, la force et l'estime de soi.*

Merci, mon très beau père.

✓ *A mes cher sœurs : chahinaz, ikram, esma, aya.*

✓ *A mon cher frère : seif Eddine*

✓ *A mes proches, en particulier ma chère grand-mère, tante, oncles et nièces pour leur soutien dans ma carrière et leur confiance en moi.*

✓ *Je dédie également ce travail à mes chères amies, A, et merci à tous.*

Bouthéina

Dédicace :

Je dédie cet humble travail à :

- ✓ *Ma chère mère, je te dédie ce travail pour tes nombreux sacrifices, ta patience, ton soutien continu et tes prières pour moi. Et ta confiance en moi. Je t'aime maman, que Dieu ait pitié de toi.*
- ✓ *Mon père, parce qu'il m'a aidé à terminer mes études et m'a aidé à être plus fort et plus confiant, j'espère que ça vous plaira.*
 - ✓ *Frères: Abdou Rahman, Anes.*
 - ✓ *Ma sœur : Sara, kanza.*
- ✓ *Mes proches, en particulier mon grand-père, ma grand-mère, ma tante et mon oncle, merci pour vos encouragements et votre confiance en moi.*
- ✓ *Enfin, je dédie également ce travail à tous mes amis, W, et je remercie tout le monde.*

Ahlem.

Dédicace :

- ✓ *Avec tout mon respect et mon expérience de gratitude, je dédie ma graduation et ma joie à mon ciel, à la prunelle de mes yeux, à la source de ma joie et de mon bonheur, ma lune et fil d'espoir qui éclaire mon chemin, ma meilleure moitié, ma mère. A la personne qui a fait de moi un homme, source de ma vie, d'amour et d'affection, pour mon soutien qui a toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager, à mon papa, mon petit frère, mon oncle et sa femme.*
- ✓ *À tout ce qui ont participé à ma réussite et à tous qui m'aiment.*

Ilyés.

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure I.1 : Processus de gestion du risque [25]..... | 9 |
| Figure I.2: Les étapes de déroulement de la méthode HAZOP..... | 14 |
| Figure (II-1) : Station Géographique des champs de Hassi Messaoud..... | 18 |
| Figure (II-2) : Principe d'un essai de puits [14]. | 19 |
| Figure (II-3) : Le Train de test utilisé. | 24 |
| Figure (II -4) : Tête de puits. | 26 |
| Figure (II -5) : manifold de dusses. | 27 |
| Figure (II-6) : Echangeur à vapeur. | 28 |
| Figure (II -7) : Séparateur horizontal..... | 28 |
| Figure (II-8):Coflexip..... | 29 |
| Figure (II-9) : Un surge tank..... | 30 |
| Figure (II-10) : Un shrinkage. | 30 |
| Figure (II-11) : Une pompe de transfert. | 31 |
| Figure (II-12) : Un Manifold d'huile..... | 31 |
| Figure (II-13): Un Manifold de gaz..... | 32 |
| Figure (II-14): Tous les équipements de surface. | 33 |
| Figure (II-15) : Compteur. | 41 |
| Figure (II-16) : Unité de jaugeage avec séparateur et Bac de stockage. | 42 |
| Figure (II-17) : Schéma simplifié du teste par un séparateur conventionnel. | 43 |
| Figure (II-18) : Source nucléaire. | 46 |
| Figure (II-19) : Schéma simplifié de teste séparateur conventionnel recombine..... | 46 |
| Figure (II-20) : Ramarex densimètre pour gaz. | 47 |
| Figure (II-21) : Densimètre électronique..... | 47 |
| Figure (II-22) Turbine comptant le débit d'huile. | 48 |
| Figure (II-23) Cellule Barton enregistrant la différence de pression en bleu et la pression de séparation en rouge..... | 48 |
| Figure (III-1) : les installations de l'opération jaugeage [22]..... | 53 |
| Figure (III-2) : installation d'un enregistreur de pression [22]..... | 53 |
| Figure III.3: Arbre des défaillances. | 65 |
| Figure III.4: Calcule de la probabilité. | 67 |
| Figure III.5: Facteurs d'importance MIF..... | 68 |
| Figure III.6 : Contribution des événements selon MIF de base à la production de l'accident (Vue d'ensemble). | 69 |
| Figure III.7. Plan de prévention..... | 70 |

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau I.1 : Recueil des plus importants accidents industriels survenus dans le monde entre 2003-2014 [24]. | 4 |
| Tableau I.2 : Symboles de quelques éléments de l'ADD. | 12 |
| Tableau (III.1) : Analyse technique fonctionnelle. | 54 |
| Tableau III.2: Analyse HAZOP dans le séparateur de l'opération de jaugeage. | 57 |
| Tableau III.3: Analyse HAZOP dans la pompe triplex de l'opération de jaugeage. | 59 |
| Tableau III.4: Analyse HAZOP dans le bac de stockage de l'opération de jaugeage. | 62 |
| Tableau III.5 : Codage des évènements. | 66 |
| Tableau III.6 : Probabilités relatives aux événements de base (source : retour d'expérience). | 66 |
| Tableau III.7 : Probabilité et fréquence de l'événement sommet. | 67 |
| Tableau III.8 : Liste des coupes minimales | 67 |

Abréviation :

ADD : arbre de défaillance

ADC : arbre des causes.

ATEX: atmosphère explosive.

BRR : barimage du bac.

DCT: Dual-clutch transmission.

DST: drill stem test.

EI: évènement indésirable.

ER : évènement redouté.

ENSP : entreprise nationale des services des puits

ESD: emergency shutdown.

GNL: gaz naturel liquéfié.

GPL: liquefied petroleum gas.

HAZOP: hazard and operability studies.

LCV: control level valve.

LCP : Ligament croisé postérieur du genou.

LLC: low control level.

OMCF: oïl mètre correction facteur.

PCV: pressure control valve.

Pi : indicateur de pression.

Pf: pression de fond.

Psk: pression de surface.

PSV: pressure safty valve.

SONATRACH: société nationale pour la recherche, la production, le transport la transformation et la commercialisation des hydrocarbures S.P.A.

TEP: tonne equivalent pétrole.

TCP: tubing conveyed perforator.

Ti : indicateur de température.

Liste des figures

Liste des tableaux

Abréviations

Table des matières

Résumé

Table des matières

| | |
|---|----|
| Introduction générale..... | 2 |
| Chapitre I: Généralités sur la gestion des risques..... | 4 |
| I.1 Concepts généraux : | 4 |
| I.1.1 Notion de danger :..... | 4 |
| I.1.2 Notion d'accident :..... | 4 |
| I.1.3. Notion d'incident :..... | 5 |
| I.1.4. Notion de système :..... | 5 |
| I.1.5. Notion de composant :..... | 5 |
| I.1.6. Notion d'accident de travail :..... | 6 |
| I.1.6.1. Types d'accidents de travail : | 6 |
| I.1.6.2. Principales causes d'accidents :..... | 6 |
| I.1.6.3. Principales sources d'accident :..... | 7 |
| I.1.7. Notion de sécurité :..... | 7 |
| I.1.8. Notion de risque :..... | 8 |
| I.1.8.1 Classification des risques :..... | 8 |
| I.1.9. Gestion du risque :..... | 9 |
| I.1.10. Évaluation du risque :..... | 10 |
| I.1.11. Réduction du risque :..... | 10 |
| I.1.12. Notion d'analyse de risque systématique :..... | 10 |
| I.2.1. Définition d'analyse des risques :..... | 10 |
| I.2.2 But d'analyse des risques :..... | 11 |
| I.2.3 Etapes de l'analyse des risques :..... | 11 |
| I.2.3.1 Définition de système étudié :..... | 11 |
| I.2.3.2 Identification des risques de système :..... | 11 |
| I.2.3.3 Modélisation de système :..... | 12 |
| I.2.3.4 Analyse quantitative et/ou qualitative :..... | 12 |

| | |
|--|----|
| I.3. Méthodes d'analyse de risque : | 12 |
| I.3.1. Arbres de défaillances : | 12 |
| I.3.2. La méthode HAZOP (Hazard and Operability studies): | 13 |
| Chapitre II : généralité sur les essais des puits | 17 |
| Introduction | 17 |
| II .1. Situation Géographique et historique des champs de hassi Messaoud : | 17 |
| II.2. Présentation de la compagnie SONATRACH : | 18 |
| II.4. Objectifs des essais des puits : | 19 |
| II.5. Principe des essais des puits : | 19 |
| II.6.1. Les équipements de fond : | 20 |
| II.6.1.1. Composants de base : | 20 |
| II.6.1.2. Autres composants : | 21 |
| II.6.1.3. Équipement complémentaires : | 22 |
| II.6.2. Les équipements de surface : | 25 |
| II.6.2.1. Fonctions de base à assurer : | 25 |
| II.6.2.2. Équipements de base : | 25 |
| II.6.2.3. Autres équipements : | 29 |
| II.6.2.4. Équipements complémentaires : | 32 |
| II.7. Les types des tests : | 33 |
| II.7.1. DST (Drill Stem test): | 33 |
| II.7.2. Le test BUILD UP: | 34 |
| II.7.3. Tests d'interférence: | 35 |
| II.7.4. Test Drow Down: | 35 |
| II.7.5. Test de Jaugeage : | 36 |
| II.7.5.1. Définition : | 36 |
| II.7.5.2. Le but de jaugeage : | 37 |
| II.7.5.3. Paramètres obtenus: | 37 |
| II.8. Types de jaugeage : | 42 |
| II.8.1. Jaugeage conventionnel : | 42 |
| II.8.1.1. Procédures de teste par séparateur conventionnel : | 42 |
| II.8.2. Jaugeage non conventionnel : | 45 |
| II.8.2.1. Jaugeage non conventionnel (nucléaire ou VX) : | 45 |
| II.8.2.2. Jaugeage non conventionnel avec turbine : (In-Line/Recombine) : | 47 |

| | |
|---|----|
| Conclusion : | 48 |
| Chapitre III : Analyse des risques liés à l'activité de jaugeage | 50 |
| Introduction | 50 |
| III.1. Description de l'accident: | 50 |
| III.2. Présentation du puits HGA43: | 51 |
| III.2.1.Information sur le puits HGA43 : | 51 |
| III.3. Présentation de l'opération de pompage: | 51 |
| III.4. Méthodologie d'analyse de risque: | 54 |
| III.5. Analyse technique et fonctionnelle: | 54 |
| III.6. HAZOP | 56 |
| III.6.1. Objectifs d'application de HAZOP : | 56 |
| III.6.2. Tableau HAZOP des équipements de l'opération de jaugeage : | 56 |
| III .6.3. Interprétation des résultats HAZOP : | 63 |
| III.7. Analyse par arbre des défaillances : | 64 |
| III.8. Plan de prévention : | 69 |
| III.8.1. Plan préventif pour protéger la pompe : | 69 |
| Conclusion générale : | 72 |
| Annexe : | 75 |

Résumé

Dans le domaine pétrolière , il existe ce qu'on appelle les tests de puits, qui visent à obtenir des informations de base sur le puits et le réservoir. Parmi les tests de puits existants, il y a les tests de mesure. Les industries pétrolières sont pleines de risques et d'accidents ; plusieurs causes à l'origine de ces accidents, notamment les erreurs humaines, les conditions de travail inadaptées ou le personnel non qualifié pour le poste.

Notre étude, intitulée " Analyse d'accident du travail mortel survenu le 01/07/2020 dans HGA43 WELL (Hassi Messaoud).", repose principalement sur l'analyse des causes d'un scénario d'accident choisi au départ. En utilisant la méthode HAZOP, une analyse des risques liée aux paramètres de fonctionnement du procédé de jaugeage a été effectuée. Ensuite une analyse plus profonde avec l'arbre de défaillance (ADD) a été déroulée pour prévoir les causes réelles de la défaillance catastrophique de la pompe de service. L'ADD permet de trouver les connexions logiques entre les événements de base conduisant à l'événement sommet (l'accident) et ainsi de calculer leur probabilité de survenance. La contribution des événements de base de l'ADD à la production de l'accident est considérée.

En basant sur ce qu'est fait, nous proposons des axes pour améliorer le plan de prévention et des mesures pour limiter ou réduire les principaux risques autour de cet accident.

Mots-clés: Jaugeage, HAZOP, ADD, Scénario d'accident.

Abstract

In the field of petroleum, there is what is called well testing, which aims to obtain basic information about the well and the reservoir. Among the existing well tests, there are measurement tests. The oil industries are full of risks and accidents; several causes behind these accidents, including human error, unsuitable working conditions or unqualified personnel for the job. Our study, entitled " Analysis of a fatal work accident that occurred on 01/07/2020 at HGA43 WELL (Hassi Messaoud).", is mainly based on the analysis of the causes of an accident scenario chosen at the start. Using the HAZOP method, a risk analysis related to the operating parameters of the gauging process was carried out. Then a deeper fault tree analysis (FDD) was performed to predict the real causes of the catastrophic failure of the service pump. DDA makes it possible to find the logical connections between the basic events leading to the top event (the accident) and thus to calculate their probability of occurrence. The contribution of the basic events of the ADD to the production of the accident is considered. based on what is done, we propose axes to improve the prevention plan and measures to limit or reduce the main risks around this accident.

Keywords: Gauging, HAZOP, ADD, Accident Scenario.

ملخص

في مجال البترول ، هناك ما يسمى باختبار البئر ، والتي تهدف إلى الحصول على معلومات أساسية عن البئر والخزان. من بين اختبارات البئر الموجودة ، هناك اختبارات قياس. ان الصناعات النفطية مليئة بالمخاطر والحوادث. عدة أسباب وراء هذه الحوادث ، بما في ذلك الخطأ البشري أو ظروف العمل غير المناسبة أو عدم تأهيل الموظفين للوظيفة. دراستنا بعنوان "تحليل حادث عمل مميت وقع في 2020/07/01 (حاسي مسعود) ببئر " ، تستند بشكل أساسي إلى تحليل أسباب سيناريو حادث تم اختياره في البداية

HAZOP ، تم إجراء تحليل للمخاطر المتعلقة بالتشغيل لعملية القياس. ثم تم إجراء تحليل شجرة أعطال أعمق بالأسباب الحقيقية للفشل الكارثي لمضخة الخدمة كما يجعل من الممكن العثور على الروابط المنطقية باستخدام طريقة وبالتالي لحساب احتمالية حدوثها. ADD التي تؤدي إلى الحدث الأعلى (الحادث) ، للتنبؤ بين الأحداث الأساسية ، يتم النظر في مساهمة الأحداث الأساسية لـ بناءً على ما تم القيام به ، نقترح خطة وقاية لتحسين وإجراءات الحد أو التقليل من المخاطر الرئيسية حول هذا الحادث الكلمات الرئيسية: سيناريو الحوادث، ADD، HAZOP، القياس .

Introduction général

Introduction générale

Dans l'industrie, il y a beaucoup d'accidents et incidents qui peuvent endommager et/ou affecter les travailleurs les équipements. Les spécialistes en sécurité industrielle, suivent plusieurs méthodes pour réduire ou éliminer les risques.

L'analyse des risques est l'ensemble des activités ayant pour but d'examiner les dangers, puis à éliminer ces dangers ou à réduire le degré de risque en ajoutant des mesures de maîtrise des risques, au besoin. Ainsi, le lieu de travail deviendra plus sûr et plus sain.

Dans le premier chapitre, nous avons abordé les principes de la gestion et l'analyse des risques, en plus de présenter une façon de les modéliser dans la réalité en utilisant des méthodes spéciales afin de réduire et d'éviter les risques comme HAZOP et ADD.

Dans le deuxième chapitre nous avons offert une description succincte de la situation géographique de Hassi Messaoud et de l'entreprise Sonatrach, suivie des procédures de test de puits.

Dans le dernier chapitre, nous discuterons l'accident qui a eu lieu à Hassi Messaoud; lors de l'opération du jaugeage au niveau du puits HGA43. La méthode HAZOP est utilisée pour identifier les causes et les conséquences des déviations possibles au cours de l'opération de jaugeage. Dans un deuxième point, l'Arbre des défaillances est déroulé pour comprendre le mécanisme de production d'une défaillance probable et catastrophique de la pompe de jaugeage, similaire à l'accident survenu. A l'aide des relations logiques apparues entre les événements de base, on peut déduire les chemins les plus critiques vers l'événement sommet (défaillance critique de la pompe), ainsi que l'importance de ces événements dans le processus d'occurrence de l'accident.

A la fin de chapitre, des grands axes sur la réduction des risques et l'amélioration du plan de prévention dans les opérations de jaugeage ont été proposés.

Chapitre I

Généralités sur la gestion des risques.

Chapitre I: Généralités sur la gestion des risques**Introduction**

La gestion des risques est une approche proactive visant à identifier, évaluer et contrôler les risques potentiels afin de minimiser les pertes et d'optimiser les opportunités. C'est un processus continu qui nécessite une attention constante et une adaptation aux changements de l'environnement et des objectifs de l'organisation. En mettant en place une gestion des risques efficace, les organisations peuvent améliorer leur résilience et leur capacité à faire face aux défis et aux incertitudes.

I.1 Concepts généraux**I.1.1 Notion de danger**

Le danger désigne une nuisance potentielle pouvant porter atteinte aux personnes, aux biens (détérioration ou destruction) ou à l'environnement. Les dangers peuvent avoir une incidence directe sur les personnes, par des blessures physiques ou des troubles de la santé, ou indirecte, au travers de dégâts subis par les biens ou l'environnement [2].

Le danger comme étant une source ou une situation pouvant nuire par blessure ou atteinte à la santé, dommage à la propriété et à l'environnement du lieu de travail ou une combinaison de ces éléments [3].

I.1.2 Notion d'accident

L'accident est un événement imprévu entraînant la mort, une détérioration de la santé, des lésions, des dommages ou autres pertes [3].

L'ampleur et la fréquence de ces accidents ont suscité de nombreux efforts sur les études de risques afin de mieux les prévenir, les prévoir et les gérer.

Tableau I.1 : Recueil des plus importants accidents industriels survenus dans le monde entre 2003-2014 [24].

| Date d'accident | Type d'accident | Domage d'accident |
|---|-------------------------------------|--|
| 27 juillet 2003, Karachi (Pakistan) | Naufrage du Tasman Spirit | 40 000 tonnes de pétrole brut se déversent dans la mer. |
| 30 juillet 2004, Ghislenghien (Belgique) | Explosion d'un important gazoduc | 24 morts et 132 blessés |
| 11 décembre 2005, Catastrophe de Buncefield | Incendie dans un terminal pétrolier | Un des plus graves incendies d'Europe qui dura deux jours, |

Chapitre I : Généralités sur la gestion des risques

| | | |
|---|---|---|
| (Angleterre) | | 43 personnes blessées |
| 25 Octobre 2008, Kazan (Russie) | Une explosion dans une usine de poudre | 4 morts et 5 blessés. Un tiers du bâtiment a été détruit. |
| 25 Octobre 2008, Kazan (Russie) | La plateforme pétrolière Deep water Horizon coule dans le golfe du Mexique au large de la Louisiane | Marées noires très graves. Onze (11) travailleurs y perdent la vie. |
| 11 mars 2011, centrale nucléaire de Fukushima Daiichi (Japon) | Accident nucléaire | 18 000 morts |
| 4 mars 2012, Brazzaville (République du Congo) | Explosion | La mort de 282 personnes. L'accident a fait plus de 2 300 blessés et détruit des milliers d'habitations |
| 17 Avril 2013, West (Texas) | Explosion | La mort de 14 personnes et plus de 200 autres blessées. |
| 22 Novembre 2013, Qingdao en Chine | Explosion d'un oléoduc | 47 personnes tuées, principalement des ouvriers qui tentaient de colmater une fuite |
| 13 Mai 2014, Manisa, en Turquie | Explosion | La mort de plus de 282 employés. |

I.1.3. Notion d'incident

Est un événement ou une situation non planifiée qui perturbe ou interrompt le fonctionnement normal d'un système, d'une organisation ou d'un processus, et qui peut causer des dommages, des pertes ou des conséquences indésirables [3].

I.1.4. Notion de système

Un système est un groupe de composants œuvrant à un objectif commun dans un processus de changement organisé qui utilise des ressources et les transforme en un produit final [11].

I.1.5. Notion de composant

Objet, substance, élément qui entre dans la composition de quelque chose [11].

I.1.6. Notion d'accident de travail

On peut définir les accidents du travail comme étant « habituellement des événements violents et imprévus reliés à l'environnement, à l'équipement ou à l'individu, et qui provoquent des brûlures, coupures, chocs électriques ou facteurs peuvent entraîner la mort. Ils constituent la cause la plus fréquente de mortalité et d'invalidité au travail » [9].

I.1.6.1. Types d'accidents de travail :

Il y a quatre (4) types d'accidents de travail :

- Les accidents du travail sans arrêt

Ce sont les accidents qui peuvent être soignés sur place, à l'infirmerie de l'entreprise de préférence et qui ne nécessitent que quelques heures de repos ou de soins. Ces accidents ne peuvent pas être déclarés, mais doivent être consignés sur des registres spéciaux. Il s'agit de petites blessures (coupures, égratignures, chocs et traumatismes bénins), de très légères intoxications et de petites projections de produits agressifs sur la peau occasionnant des brûlures très superficielles.

- Les accidents de travail avec arrêt

Ce sont des accidents plus grave, qui nécessitant des soins médicaux ou hospitaliers prolongés et intensifs ainsi qu'un repos de quelque jour à plusieurs mois ou moins. Il s'agit d'incapacité temporaire, indemnisées en fonction de la durée de l'arrêt du travail et jusqu'à repris totale ou partielle du travail.

- Les accidents du travail avec incapacité permanente

Correspondant à des lésions définitives et des séquelles susceptibles de réduire la capacité de travail. En fonction de la gravité des dommages corporels, ils existent plusieurs taux d'incapacité permanente, se traduisant par des indemnités (rentes) suivent un barème défini par des textes réglementaires. Un doigt coupé, un œil crevé, une jambe déformée, un poumon partiellement abimé font l'objet d'indemnités dont les montants sont variables.

- Les accidents du travail mortels

Avec décès immédiat au diffère, suite à des complications issus d'accidents. Dans ce cas se sont les accidents ayants droit qui reçoivent les rentes viagères, suivant des règles précises définies par des textes réglementaires.

I.1.6.2. Principales causes d'accidents :

Plusieurs recherches ont été réalisées sur les accidents de travail et qui ont démontrés qu'ils n'ont pas dû à une seule cause mais à un ensemble de facteur qui est les suivants :

- Le défaut de formation technique ;

Chapitre I : Généralités sur la gestion des risques

- La mauvaise conception des machines ; le non-respect de norme de sécurité par les travailleurs qui négligent les règles établies ;
- Le défaut d'organisation générale de travail ;
- Le manque de l'information sur l'état du système ;
- Catachrèse : l'utilisation d'une machine en dehors de ses limites ou de l'usage pour lequel elle est prévue ;
- L'absence de cohérence et de contrôle des activités ;
- L'absence de la gestion des risques.

I.1.6.3. Principales sources d'accident :

Ils précisent :

- Piqûres (fils d'élingues)
- Coupures (par objet tranchants)
- Ignorance, négligence, manque d'expérience
- Non-respect des consignes de manœuvres et de sécurité
- Manipulation des charges très importantes (volumes, poids)
- Manque de visibilité (réduite par : fumée, poussière, éclairage insuffisant, vapeur...etc.)
- Chute de charge par la suite d'un mauvais équilibre, ruptures d'élingues (usées ou faible)
- Mouvement de l'appareil pendant les opérations d'entretien
- Organe de sécurité modifiés ou enlevés pour satisfaire à des travaux particuliers
- Incendie provoqué par des déchets, chiffons- gras ou produit inflammable
- Brûlures.

I.1.7. Notion de sécurité

La sécurité est souvent définie par rapport à son contraire : elle serait l'absence de danger, d'accident ou de sinistre. la sécurité concerne la non occurrence d'évènements pouvant diminuer ou porter atteinte à l'intégrité du système, pendant toute la durée de l'activité du système, que celle-ci soit réussie, dégradée ou ait échouée [6].

La sécurité est l'absence de risque inacceptable, de blessure ou d'atteinte à la santé des personnes, directement ou indirectement, résultant d'un dommage au matériel ou à l'environnement [7].

I.1.8. Notion de risque

La perception des dommages potentiels liés à une situation dangereuse se rapporte à la notion de risque. Le terme risque à plusieurs significations. De même, les risques peuvent être de nature très variée et beaucoup de classifications ont été proposées. Le risque est la mesure du niveau de danger, fonction de la probabilité d'occurrence de l'évènement indésirable et des conséquences (gravité) de cet évènement [4].

Le risque est l'éventualité qu'un évènement non désiré ayant des conséquences données survienne dans une période donnée ou dans des circonstances données, cette éventualité étant exprimée selon le cas en termes de fréquence (nombre d'évènements donnés par unité de temps) ou en termes de probabilité (probabilité que se produise un évènement donné à la suite d'un évènement préalable) [5].

I.1.8.1 Classification des risques :

Dans la littérature, on trouve plusieurs classifications des risques [8], l'analyse des risques permet de les classer en cinq grandes familles :

- ❖ Les risques naturels : inondation, feu de forêt, avalanche, tempête, séisme, etc. ;
- ❖ Les risques technologiques : d'origine anthropique, ils regroupent les risques industriels, nucléaires, biologiques, ruptures de barrage, etc. ;
- ❖ Les risques de transports collectifs (personnes, matières dangereuses) : sont aussi considérés comme des risques technologiques ;
- ❖ Les risques de la vie quotidienne : accidents domestiques, accidents de la route, etc.
- ❖ Les risques liés aux conflits.

Une des classifications les plus répandues est de classer les risques en deux catégories : les risques naturels et les risques liés à l'activité humaine. Selon cette classification,

- Les risques peuvent être naturels dans le sens où ils ont trait à un évènement sans cause humaine directe avérée. Les causes directes supposées ou indirectes ne doivent pas modifier cette distinction.
- Les risques liés à l'activité humaine recouvrent un ensemble de catégories de risques divers :
 - Les risques techniques, technologiques, industriels et nucléaires ;
 - Les risques liés aux transports ;
 - Les risques sanitaires ;

Chapitre I : Généralités sur la gestion des risques

- Les risques économiques, financiers, managériaux ;
- Les risques médiatiques ;
- Les risques professionnels

I.1.9. Gestion du risque

La gestion des risques est une opération commune à tout type d'activité. Les objectifs visés peuvent concerner par exemple :

- le gain de rentabilité et de productivité ;
- la gestion des coûts et des délais ;
- la qualité d'un produit....

La gestion du risque peut être définie comme l'ensemble des activités coordonnées en vue de réduire le risque à un niveau jugé tolérable ou acceptable [8]. De manière classique, la gestion du risque est un processus itératif qui inclut notamment les phases suivantes (voir figure I.1) :

- Appréciation du risque (analyse et évaluation du risque) ;
- Acceptation du risque ;
- Maîtrise ou réduction du risque.

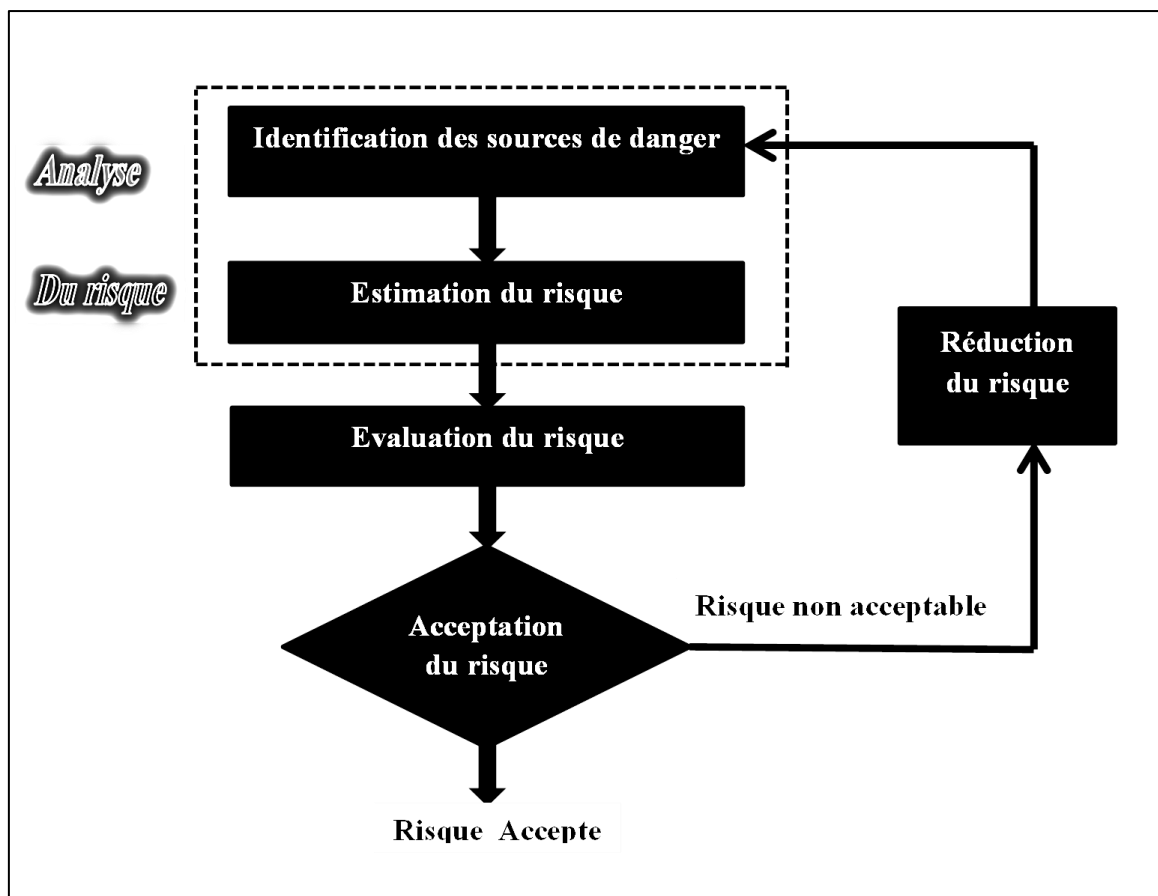


Figure I.1 : Processus de gestion du risque [25]

I.1.10. Évaluation du risque

L'évaluation du risque désigne une procédure fondée sur l'analyse du risque pour décider si le risque tolérable est atteint. En pratique, cette phase peut être accompagnée d'une quantification détaillée et précise (simplifiée) par opposition à l'estimation des risques qui reste très des grandeurs qui caractérisent le risque [11].

I.1.11. Réduction du risque

La réduction du risque (ou maîtrise du risque) désigne l'ensemble des actions ou dispositions entreprises en vue de diminuer la probabilité ou la gravité des dommages associés à un risque particulier. De telles mesures doivent être envisagées dès lors que le risque considéré est jugé inacceptable. De manière très générale, les mesures de maîtrise du risque concernent :

- La prévention, c'est-à-dire réduire la probabilité d'occurrence de la situation de danger à l'origine du dommage ;
- La protection, visant à limiter la gravité du dommage considéré. Les mesures de réduction du risque doivent être envisagées et mises en œuvre tant que le risque est jugé inacceptable [11].

I.1.12. Notion d'analyse de risque systématique

L'analyse de risque systématique est une méthode structurée et méthodique utilisée pour identifier, évaluer et gérer les risques dans un système, un projet ou une organisation. Elle vise à anticiper les risques potentiels, à évaluer leur probabilité d'occurrence et leur impact, et à prendre des mesures appropriées pour les atténuer ou les prévenir.

I.2. Analyse du risque

I.2.1. Définition d'analyse des risques

L'analyse de risque est définie comme « l'utilisation des informations disponibles pour identifier les phénomènes dangereux et estimer le risque » L'analyse des risques consiste en une identification systématique et permanente et en une analyse de la présence de dangers et de facteurs de risque dans des processus de travail et des situations de travail concrètes sur le lieu de travail dans une entreprise.

L'analyse des risques vise donc tout d'abord à identifier les sources de dangers et les situations associées qui peuvent conduire à des dommages sur les personnes, l'environnement ou les biens. Suivant les outils ou méthodes employés, la description des situations dangereuses est plus ou moins approfondie et peut conduire à l'élaboration de véritables scénarios d'accident.

Chapitre I : Généralités sur la gestion des risques

L'analyse des risques permet aussi de mettre en lumière les barrières de sécurité existante en vue de prévenir l'apparition d'une situation dangereuse (barrières de prévention) ou d'en limiter les conséquences (barrières de protection). Consécutivement à cette identification, il s'agit d'estimer les risques en vue de hiérarchiser les risques identifiés au cours de l'analyse et de pouvoir comparer ultérieurement ce niveau de risque aux critères de décision.

L'estimation du risque implique la détermination :

- D'un niveau de probabilité que le dommage survienne,
- D'un niveau de gravité de ce dommage.

Il peut aussi être exprimé en termes de :

- Niveau de probabilité qu'un phénomène dangereux se produise,
- Niveau d'intensité du phénomène en question,
- Présence d'enjeux ou éléments vulnérables exposés,
- Vulnérabilité des enjeux [8].

I.2.2 But d'analyse des risques

L'analyse de risques devrait être l'une des premières choses à effectuer lors de l'élaboration d'un plan de santé et sécurité au travail. Elle consiste à :

- Inspecter l'environnement de travail des employés
- Identifier les éléments, situations et procédés pouvant causer des accidents
- Déterminer les moyens de prévention appropriés

L'objectif d'une analyse de risques consiste à éliminer ou réduire le niveau de risques en mettant en place des mesures de prévention adéquates. Elle fait partie intégrante d'un bon système de gestion de la santé et sécurité, et permet d'assurer un lieu de travail sain et sécuritaire pour tous.

I.2.3 Etapes de l'analyse des risques :

I.2.3.1 Définition de système étudié :

- Limites et contours des systèmes
- Collecte d'informations sur le système

I.2.3.2 Identification des risques de système

- Décomposition en sous-systèmes, composants, fonctions.
- Identification des modes de défaillances, des éléments dangereux, des déviations possibles.
- Détermination des conséquences possibles sur le système et son environnement.

I.2.3.3 Modélisation de système

- Représentation prédictive de la logique de fonctionnement du système et ses liaisons de causalité entre chaque risque et ses causes primaires. Préparer l'évaluation

I.2.3.4 Analyse quantitative et/ou qualitative

- Qualitative : classement des évènements non désirables selon leur importance relative et leur mode d'apparition.
- Quantitative : attribution de probabilité d'occurrence [10].

I.3. Méthodes d'analyse de risque





I.3.1. Arbres de défaillances :




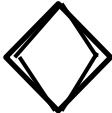


✓ Définition de l'évènement Indésirable (EI) ou Évènement Redouté (ER) fondamentale.

L'objectif de cette méthode est :

- A partir d'un événement final indésirable, rechercher les combinaisons des différents événements élémentaires ou défaillances qui peuvent y conduire
- Réduire la probabilité d'occurrence de cet événement final Représentée par :
 - Opérateurs logiques.
 - Événements.
 - Symbole de transfert. L'arbre de défaillance permet de mettre en évidence les combinaisons de défaillances [11].

Tableau I.2 : Symboles de quelques éléments de l'ADD.

| Symbole graphique | Signification de symbole : |
|---|--|
|  | Porte « ET » : Nécessite l'addition des événements causes pour engendrer l'évènement effet. |
|  | Porte OU : Ne requiert qu'un seul des événements cause pour engendrer l'évènement effet. |
|  | Transfert vers... Indique que l'arbre se poursuit à la section indiquée par le numéro dans le triangle. |
|  | Transfert de... Indique que cette portion de l'arbre est la suite détaillée de la section indiquée par le numéro dans le triangle. |

| | |
|---|--|
|  | <p>Événement intermédiaire :</p> <p>Représentation d'un événement qui est le résultat de la combinaison d'autres événements</p> |
|  | <p>Événement de base :</p> <p>Événement initial ne nécessitant pas de développement. Il s'agit essentiellement d'une défaillance première d'une entité à la limite de l'analyse.</p> |
|  | <p>Événement non développé :</p> <p>Événement qui ne constitue pas un événement de base mais qui ne sera pas développé en d'un manque d'information ou d'autres considérations.</p> |
|  | <p>Evènement a développé :</p> <p>Ne peut être considéré comme élémentaire. Ses causes ne sont pas développées. Mais le seront ultérieurement.</p> |
|  | <p>Evènement "maison" :</p> <p>Souvenant normalement pendant le fonctionnement du système.</p> |
|  | <p>Evènement "condition" :</p> <p>Utilise avec certaines portes afin préciser la condition à satisfaire pour que l'opération logique réalisée par chacune de ces portes s'effectue.</p> |

I.3.2. La méthode HAZOP (Hazard and Operability studies):

➤ **Objectifs :**

La méthode HAZOP s'intègre dans une démarche d'amélioration de la sécurité et des procédés pour une installation existante ou en projet, avec ses avantages :

- Réalisation de l'étude au sein d'un groupe de travail rassemblant différents métiers : (sécurité, ingénierie, exploitation, maintenance...).
- Méthode d'analyse systématique liée aux installations avec circuits fluides;
- Contribution au respect des normes en matière de sécurité.

➤ **Description de la méthode :**

- Définition du système à étudier.
- Prise de connaissance du système.

Chapitre I : Généralités sur la gestion des risques

- Eléments spécifiques à la méthode.
 - Présentation du tableau HAZOP.
 - Analyse des dysfonctionnements et mise en place de recommandations.
 - Quand utiliser HAZOP ?
 - Application de la méthode sur un cas d'école.
- **Déroulement :**
- Préparation de l'étude.
 - Constitution et conduite du groupe de travail.
 - Suivi des recommandations du groupe de travail [11].



Figure I.2: Les étapes de déroulement de la méthode HAZOP

Conclusion

Dans ce chapitre, on a représenté essentiellement une recherche bibliographique dans laquelle nous sommes focalisés sur le terme gestion et analyse de risque.

La gestion des risques consiste à identifier, évaluer et contrôler les risques auxquels est exposée une organisation. L'objectif final de la gestion des risques est d'éliminer ou réduire le niveau des risques en mettant en place des mesures de prévention adéquates et de protéger les actifs de l'organisation, y compris son personnel, ses biens et l'environnement.

L'analyse de risques est une étape de la gestion des risques qui consiste à identifier et apprécier les risques, une analyse des risques bien établie est une clé importante pour affecter ou proposer les moyens de prévention et de protection adéquats.

CHAPITRE II

Généralités sur les essais de puits.

Chapitre II : généralité sur les essais des puits

Introduction

Dans le domaine de production des hydrocarbures beaucoup des techniques sont utilisées, les tests de puits ont constitué par leur application des progrès considérables dans le monde.

Les tests des puits ont pour but, d'obtenir des informations essentielles sur le puits et le réservoir.

C'est pourquoi, l'interprétation de ces mesures, est un outil essentiel pour connaître l'état du système puis du réservoir, ainsi que les paramètres qui influent sur la production, c'est-à-dire la perméabilité, et la pression de la couche.

Le réservoir connaît le processus de production de perturbations ou d'anomalies, ainsi l'évaluation du puits de pétrole permet d'extraire des informations sur la pression, la température... Etc.

Dans ce chapitre, nous présentons une brève définition de la situation géographique de Hassi Messaoud et l'entreprise SONATRACH, et enfin les différents processus de test de puits.

II .1. Situation Géographique et historique des champs de hassi Messaoud

Le champ pétrolier de Hassi-Messaoud est situé dans le bassin de Hassi-Berkine, au Sud-Est de l'Algérie. Il se trouve à environ 850 km de la capitale, Alger. Le champ s'étend sur une superficie de 2000 km²

Historique :

Le champ de Hassi-Messaoud a été découvert en 1956, la même année que le gisement de gaz de Hassi-R 'Mel, qui est considéré comme le principal gisement de gaz en Afrique. Le premier puits du champ a été foré le 15 janvier 1956, atteignant une profondeur de 3338 mètres.

Le développement du champ a progressé rapidement. Le 16 mai 1957, un deuxième puits a été foré dans la partie nord du champ, dans la continuité du premier gisement. Entre 1957 et 1958, un total de 20 puits a été foré, et des unités de séparation ont été mises en place pour permettre l'exploitation du champ. La production du champ de Hassi-Messaoud pour l'année 1958 s'élevait à environ 0,4 million de tonnes.

Chapitre II : Généralités sur les essais des puits

De 1959 à 1964, la mise en exploitation s'est intensifiée avec la mise en service de 153 puits supplémentaires. À la fin de cette période, les deux premières stations de réinjection de gaz à haute pression ont été construites.

Les champs de Hassi, y compris le champ de Hassi-Messaoud, continuent de jouer un rôle essentiel dans l'industrie pétrolière et gazière de l'Algérie, contribuant de manière significative à la production d'hydrocarbures du pays.

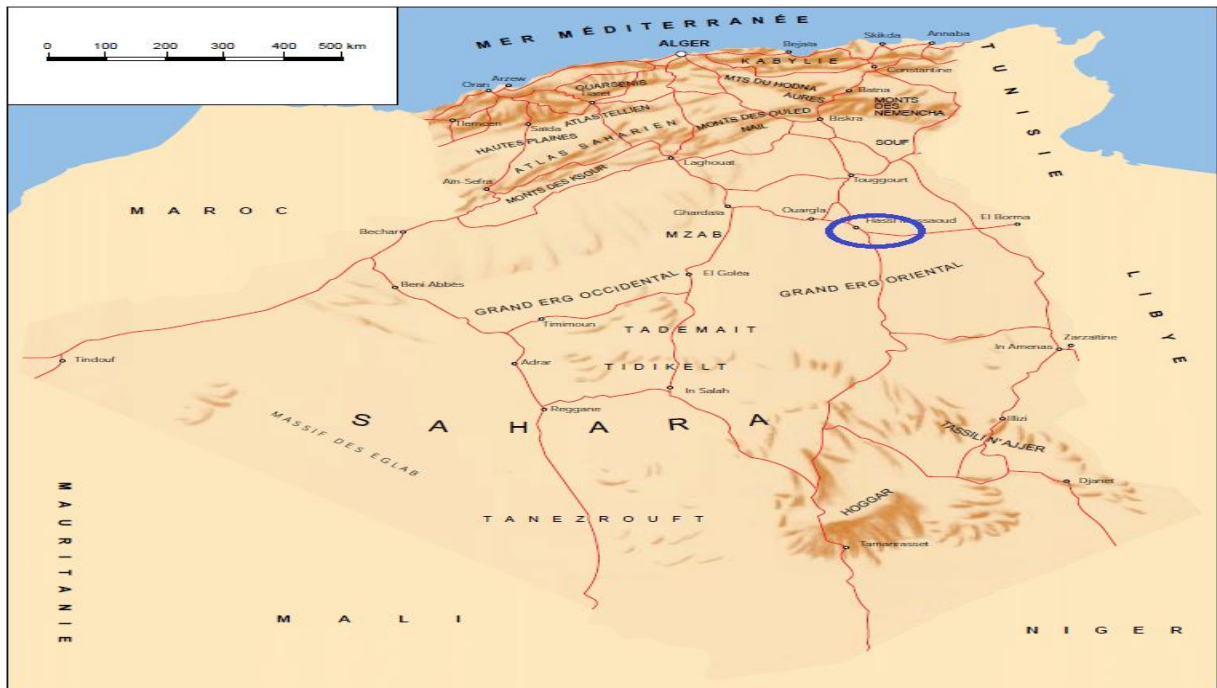


Figure (II-1) : Station Géographique des champs de Hassi Messaoud.

II.2. Présentation de la compagnie SONATRACH

SONATRACH (« Société Nationale pour la Recherche, la Production, le Transport, la Transformation, et la Commercialisation des Hydrocarbures S.P.A ») est une compagnie nationale algérienne d'envergure internationale.

Le groupe pétrolier et gazier intervient dans l'exploration, la production, le transport par canalisation, la transformation et la commercialisation des hydrocarbures et de leurs dérivés. SONATRACH se développe également dans les activités de pétrochimie, de génération électrique, d'énergies nouvelles et renouvelables, de dessalement d'eau de mer et d'exploitation minière. Elle opère en Algérie et dans plusieurs régions du monde, notamment en Afrique (Mali, Tunisie, Niger, Libye, Egypte, Mauritanie), en Europe (Espagne, Italie, Portugal, Grande-Bretagne, France), en Amérique latine (Pérou) et aux Etats-Unis.

L'entreprise emploie 41 204 salariés (120 000 avec ses filiales), génère 30 % du PNB de l'Algérie. En 2005, sa production est de 232,3 millions de TEP, dont 11,7 % (24 millions de TEP) pour le marché intérieur.

Chapitre II : Généralités sur les essais des puits

SONATRACH est le 12e groupe pétrolier au niveau mondial, le premier en Afrique et dans le Bassin méditerranéen, le 4e exportateur de GNL, le 3e exportateur de GPL et le 5e exportateur de gaz naturel.

II.3. Les essais des puits

Tests de puits : ce sont des tests spéciaux effectués sur des puits de pétrole ou de gaz pour obtenir des informations très utiles et pour évaluer les paramètres de production de ces puits afin de les exploiter en bon état. Il existe plusieurs types de tests [12].

II.4. Objectifs des essais des puits :

D'une façon générale, le but d'un test de puits est d'obtenir des renseignements sur un puits et sur un réservoir, à savoir [13] :

1. Perméabilité du réservoir.
2. Degré d'endommagement du puits (l'effet de Skin).
3. La pression du réservoir P_r .
4. Les limites géométriques du réservoir.
5. Le type du réservoir.
6. Caractérisation d'une fracturation du réservoir.
7. Evaluer les communications entre les puits.

II.5. Principe des essais des puits :

Le principe de base de l'essai de puits est de créer une perturbation (fermeture ; ouverture ; changement du débit) dans le système (réservoir + fluide) et enregistrer la réponse transitoire de pression. Puis, c'est l'interprétation qui fait l'identification du système de la manière suivante (Fig. □-1) [13 et 15].

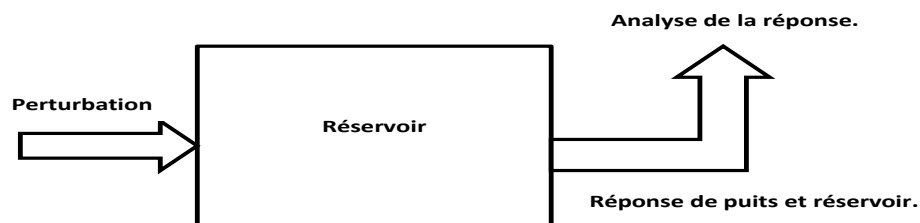


Figure (II-2) : Principe d'un essai de puits [14].

II.6. Les équipements des essais de puits :

II.6.1. Les équipements de fond

II.6.1.1. Composants de base

Les éléments de base d'une garniture de test, sont les suivants :

- ❖ **Le tubulaire** proprement dit, constitué selon le cas de tiges de forage ou de tubing.

Cette tubulaire sert :

- De conduit pour l'effluent qui sera produit,
- De support pour les autres éléments.

Les tiges de forage sont plus particulièrement utilisées dans le cas de tests en cours de forage (DST : Drill Stem Test) de courte durée d'une zone à faible ou moyenne pression. Dans les autres cas, et tout particulièrement s'il y a risque de présence d'acide sulfurique (H₂S), on préfère utiliser des tubings qui présentent une meilleure étanchéité au niveau des raccords

- ❖ **Un packer**

Ce manchon en caoutchouc situé au-dessus de la zone à tester s'applique sur les parois du trou par compression, réalise l'étanchéité et sépare le puits en deux zones sans communication entre elles.

- ❖ **Un tester**

C'est principalement une vanne (ou plusieurs) qui peut être ouverte ou fermée à volonté. Descendu fermée, elle est surmontée à l'intérieur des tiges d'un coussin de liquide de densité et de hauteur adaptées (tampon d'eau ou de gasoil par exemple) de manière à ce que la pression hydrostatique correspondante soit inférieure à celle des fluides présents dans la zone à tester. L'ouverture du tester, après que le packer ait été ancré, permet de décompresser les fluides sous packer et ceux contenus dans la zone testée à la pression créée par le fluide tampon présent au-dessus du tester, cette décompression permet le débit des fluides.

La fermeture du tester, le packer étant toujours ancré permet d'arrêter le débit (sans utiliser la pression hydrostatique de la boue) et de provoquer la remontée de pression. Sa position proche du fond du puits minimise la perturbation liée à la recompression du volume dans le puits (effet de capacité) lors de la remontée de pression. Ces opérations d'ouverture et de fermeture du tester, packer ancré, peuvent être répétées autant de fois que nécessaire.

- ❖ **Des porte-enregistreurs**

Ils reçoivent les enregistreurs de pression et de température. Suivant leur place et leur agencement dans la garniture, les enregistreurs de pressions permettent d'enregistrer soit la pression régnant à l'intérieur de la garniture soit la pression régnant à l'extérieur de la

Chapitre II : Généralités sur les essais des puits

garniture, et donc en particulier l'évolution de la pression de fond lors de la phase de débit (draw down) et lors de la phase de fermeture (build-up).

❖ Une vanne d'égalisation

La réalisation du test entraîne un régime de pression sous le packer différent de la pression hydrostatique de la boue qui s'exerce au-dessus du packer. Afin de pouvoir décompresser et désancrer le packer à la fin du test, il est indispensable d'égaliser les pressions de part et d'autre du packer. Pour cela on utilise une vanne d'égalisation située entre le packer et le tester. En fin de - d'égaliser les pressions de part et d'autre du packer,

Test, elle permet d'ouvrir une communication entre l'annulaire et l'intérieur de la garniture de test (partie en dessous du tester) et donc :

- De repousser, sous réserve que l'injectivité soit suffisante, les effluents produits (situés dans la garniture en dessous de ce point) dans la formation testée en pompant de la boue de forage en tête d'espace annulaire, les mâchoires annulaires des BOP étant fermées.
- Lors de la descente du train de test, cette vanne est en position ouverte et sert de by-pass pour le passage du fluide du dessous au-dessus du packer au fur et à mesure que la garniture est descendue. Elle sera fermée avant l'ouverture initiale du tester.

❖ Un dispositif de circulation inverse

A la fin du test, si le puits a été productif, le train de test se trouve partiellement ou complètement rempli par l'effluent. Il est alors dangereux de réaliser la manœuvre de remontée avec ce fluide inflammable à l'intérieur de la garniture de test. Un dispositif de circulation inverse, situé au-dessus du tester, permet d'ouvrir un orifice sur l'espace annulaire et de récupérer l'effluent situé dans la garniture par circulation. Pour raison de sécurité cette vanne est généralement doublée [16].

II.6.1.2. Autres composants

Selon que le test est effectué en trou ouvert ou en trou cuvelé, de nombreux autres éléments sont ou peuvent être aussi intégrés dans un train de test, tout particulièrement :

❖ Un sabot

Cet élément est situé tout en bas de la garniture de test. Dans le cas d'un test en trou ouvert, c'est un raccord à fond plat permettant de prendre appui sur le fond du puits et donc de comprimer le packer.

❖ Des crépines

Ce sont des tubes perforés par lesquels l'effluent produit par la zone testée pénètre dans la garniture de test et qui agissent aussi comme un filtre vis à vis des débris produits.

❖ Un verrouillage hydraulique du packer

Il permet de garder le packer ancré même si l'on reprend le poids de la garniture pour manœuvrer les outils au-dessus du packer et en particulier le tester. Cet outil de verrouillage est activé par surpression entre la pression hydrostatique due à la boue dans l'annulaire et la pression qui règne dans le train de test (sous le tester) pendant le test proprement dit. Il est désactivé lors de l'ouverture, en fin de test, de la vanne d'égalisation situé entre le packer et le tester.

❖ Un joint de sécurité

Tout particulièrement lors d'un test en trou ouvert, les risques de coincement du packer sont importants. Dans ce cas, le dévissage du joint de sécurité permet la récupération de la partie libre de la garniture.

❖ Une coulisse de battage

Avant d'en venir à l'extrémité de dévisser le joint de sécurité en cas de coincement, on essaye de décoincer le packer en exerçant des efforts de traction sur le packer par battage grâce à la coulisse hydraulique intercalée au-dessus du joint de sécurité.

❖ Des masse-tiges ou des tiges lourdes

Placées au-dessus du dispositif de circulation inverse, elles permettent en particulier de disposer de suffisamment de poids pour :

- Comprimer les garnitures d'étanchéité du packer, et dans le cas d'un tester de type mécanique, ouvrir la vanne du tester.

❖ Une vanne de sécurité de fond

Elle permet de fermer la garniture de test en fond de puits au cas où la vanne du tester serait défailante.

❖ Un échantillonneur de fond

Intégré dans la garniture, il permet de piéger l'effluent présent à cette cote. Il est activé en fin de la dernière phase de débit.

II.6.1.3. Équipement complémentaires :

En fonction du contexte et des objectifs de l'essai de puits d'autres équipements peuvent être requis tels que :

❖ Un "TCP" (Tubing Conveyed Perforator)

Dans le cas d'un test en trou cuvelé, ce TCP placé à l'extrémité inférieure de la garniture de test, permet avec la même garniture, et donc une seule descente, de perforer le cuvelage et de réaliser l'essai de puits proprement dit.

Chapitre II : Généralités sur les essais des puits

❖ Un système de lecture en surface (surface read-out)

Ce système permet, après descente du train de test et dégorgement du puits, de venir se connecter via un câble électrique sur les capteurs de fond et de retransmettre les mesures de fond en direct (sans avoir à attendre la remontée du train de test pour pouvoir récupérer les enregistreurs) [17].

II.6.2. Les équipements de surface :

II.6.2.1. Fonctions de base à assurer

L'équipement de surface doit permettre en particulier :

- de supporter les pressions en tête et d'assurer la sécurité en surface ;
- de maintenir un (ou des) débit(s) compatible(s) avec la capacité des installations et le programme de test ;
- de récupérer des échantillons ;
- le cas échéant, de mesurer le débit de l'air contenu dans la garniture au début du test et poussé par le débit de l'effluent venant du fond du trou ;
- de séparer l'effluent s'il arrive en surface pour compter séparément l'huile, le gaz et l'eau ;
- de connaître les conditions de débit, de séparation, de comptage et d'échantillonnage ;
- de stocker ou brûler l'effluent [18].

II.6.2.2. Équipements de base

Les équipements de base en surface sont les suivants :

- **Une tête de contrôle** appelée aussi **tête d'éruption**

Elle est équipée entre autres d'une vanne de sécurité.

Elle permet en particulier d'orienter l'effluent vers les installations de surface et de fermer le puits en tête en cas de nécessité.

La tête contient quatre vannes :

- ❖ vanne maîtresse
- ❖ vanne de curage
- ❖ deux vannes latérales

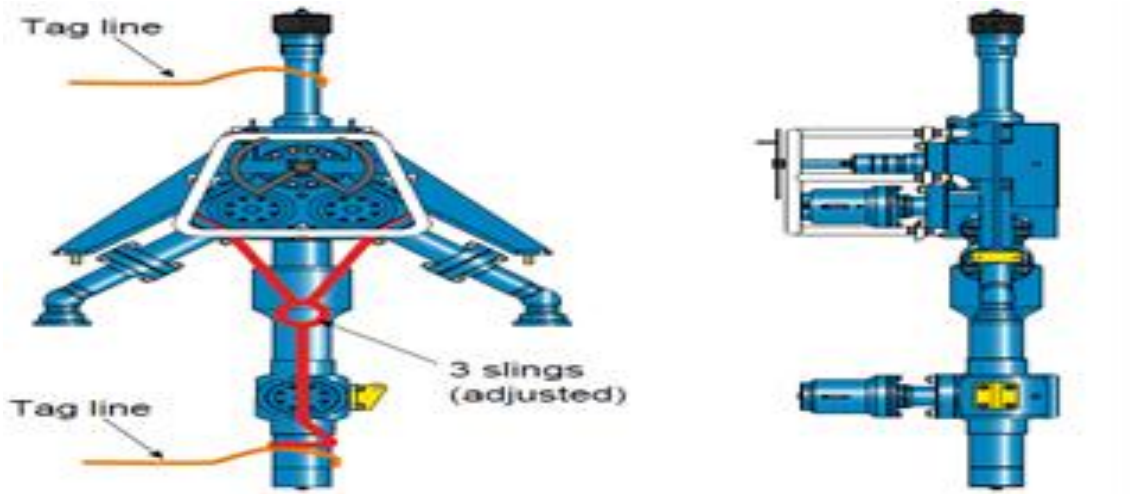


Figure (II -4) : Tête de puits.

- **Un manifold de dusses :**

Il permet de régler le débit du puits et d'abaisser la pression de l'effluent de manière à être en-dessous de la pression de service des équipements en aval.

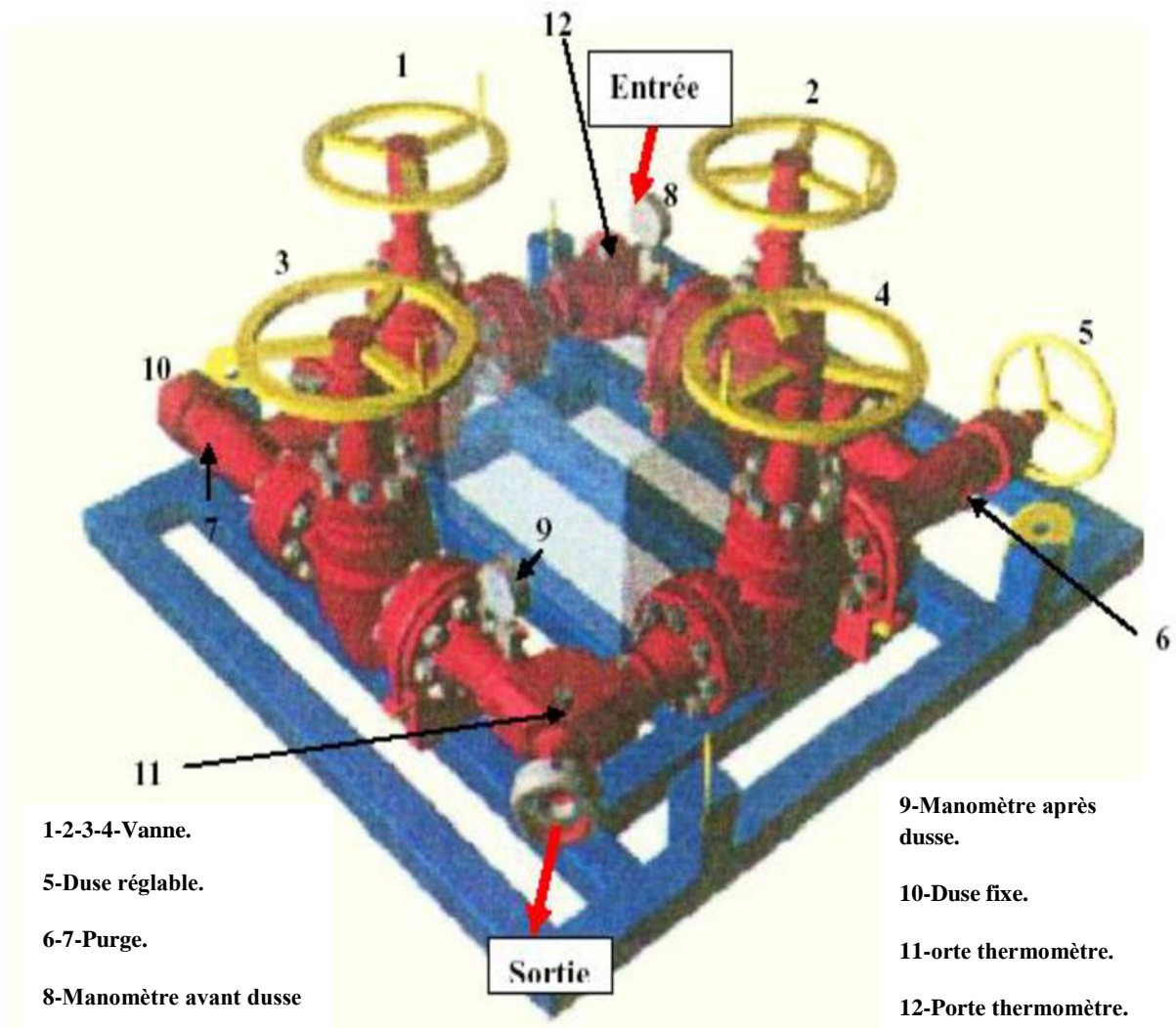


Figure (II -5) : manifold de dusses.

- **Un réchauffeur ou un échangeur à vapeur**

Dans le cas d'une huile, et tout particulièrement d'une huile visqueuse, il favorise l'écoulement de l'huile et la séparation huile-eau en diminuant la viscosité de l'huile. Dans le cas d'un gaz, il permet de réchauffer le gaz afin d'éviter la formation d'hydrates. Dans ce cas, la détente du gaz n'est pas faite en une seule fois au niveau du manifold de dusse, mais en plusieurs fois. En particulier, on dispose d'une dusse à mi- serpentin dans le réchauffeur ou l'échangeur.



Figure (II-6) : Echangeur à vapeur.

- **Un séparateur**

Il permet de séparer les différents fluides (gaz, huile et eau éventuellement) et par là-même il permet le comptage et l'échantillonnage de chacun de ces fluides séparément.



Figure (II -7) : Séparateur horizontal.

- **Un bac de stockage**

A certains moments du test, on y envoie l'huile sortant du séparateur. Cela permet d'étalonner le ou les compteurs huile, de prendre en compte certains phénomènes tels que le dégazage de l'huile en aval du séparateur ou la décantation supplémentaire d'eau qui est encore dispersée (en émulsion) dans l'huile à la sortie huile du séparateur.

Chapitre II : Généralités sur les essais des puits

- **Un bassin et une torche à gaz ou des brûleurs**

Ils permettent d'évacuer les fluides produits.

- **Un système d'arrêt d'urgence ESD (Emergency Shut Down)**

Il permet de fermer le puits et de mettre les équipements de surface en sécurité en cas de besoin.

II.6.2.3. Autres équipements

De nombreux autres équipements sont ou peuvent être nécessaires en ce qui concerne les installations de surface, tout particulièrement :

- **Des chiksans ou des conduites flexibles**

Ils permettent de relier entre les différents équipements. Ils doivent être soigneusement fixés par les câbles de retenue pour éviter tout battage pendant le test ou en cas de rupture.



Figure (II-8):Coflexip.

- **Un shrinkage tester**

Cet appareil permet de mesurer la perte de volume de l'huile par dégazage entre les conditions de fonctionnement du séparateur et les conditions ambiantes.

- **Un surge tank**

Dans le cas où l'huile contient en particulier de l'hydrogène sulfuré, le bac de stockage doit être remplacé par un bac fermé maintenu à très faible pression, le surge tank.



Figure (II-9) : Un surge tank.



Figure (II-10) : Un shrinkage.

- **Des échantillonneurs**

Ils permettent de prélever des échantillons des différents fluides produits. Ils sont spécifiques à chacun des fluides.

- **Une pompe de transfert**

Elle permet de reprendre l'huile contenue dans le bac de stockage (ou le surge tank) pour l'envoyer dans le bassin de décantation ou dans les brûleurs.



Figure (II-11) : Une pompe de transfert.

- **Un Manifold d'huile**

Il permet d'orienter l'huile sortie séparateur soit vers le bac de stockage (ou le surge tank) soit vers le bassin de décantation ou l'une des poutres de brûlage.



Figure (II-12) : Un Manifold d'huile.

- **Un manifold gaz**

Il permet d'orienter le gaz sorti séparateur vers la torche gaz appropriée.



Figure (II-13): Un Manifold de gaz.

- **Des compresseurs d'air**

Ils permettent d'apporter l'air nécessaire à une bonne combustion de l'huile.

- **Des pompes à eau**

Elles permettent :

- de faire un rideau d'eau autour des brûleurs pour limiter les effets de rayonnement,
- d'injecter de l'eau dans l'huile à brûler pour améliorer la combustion.

- **Des poutres de brûlage**

Elles supportent les brûleurs et les torches à gaz. Elles sont placées en fonction des vents dominants et il doit y en avoir dans deux directions opposées pour n'utiliser que celui qui est dans une direction acceptable par rapport au sens du vent.

- **Un circuit incendie**

II.6.2.4.Équipements complémentaires :

En fonction des opérations à réaliser, d'autres équipements peuvent être requis tels que :

- **Un équipement de travail au câble**

Dans le cas où des opérations de travail au câble sont prévues ou envisagées permettant le test, le matériel correspondant doit être en place. Le sas de travail au câble est monté sur la tête de puits au niveau d'un raccord adéquat situé au-dessus de la croix de la tête de contrôle et d'une vanne d'isolation.

- **Une cabine laboratoire**

On y regroupe en particulier toutes les mesures et enregistrements fait en surface. Elle peut être équipée d'un mini-laboratoire PVT [19].

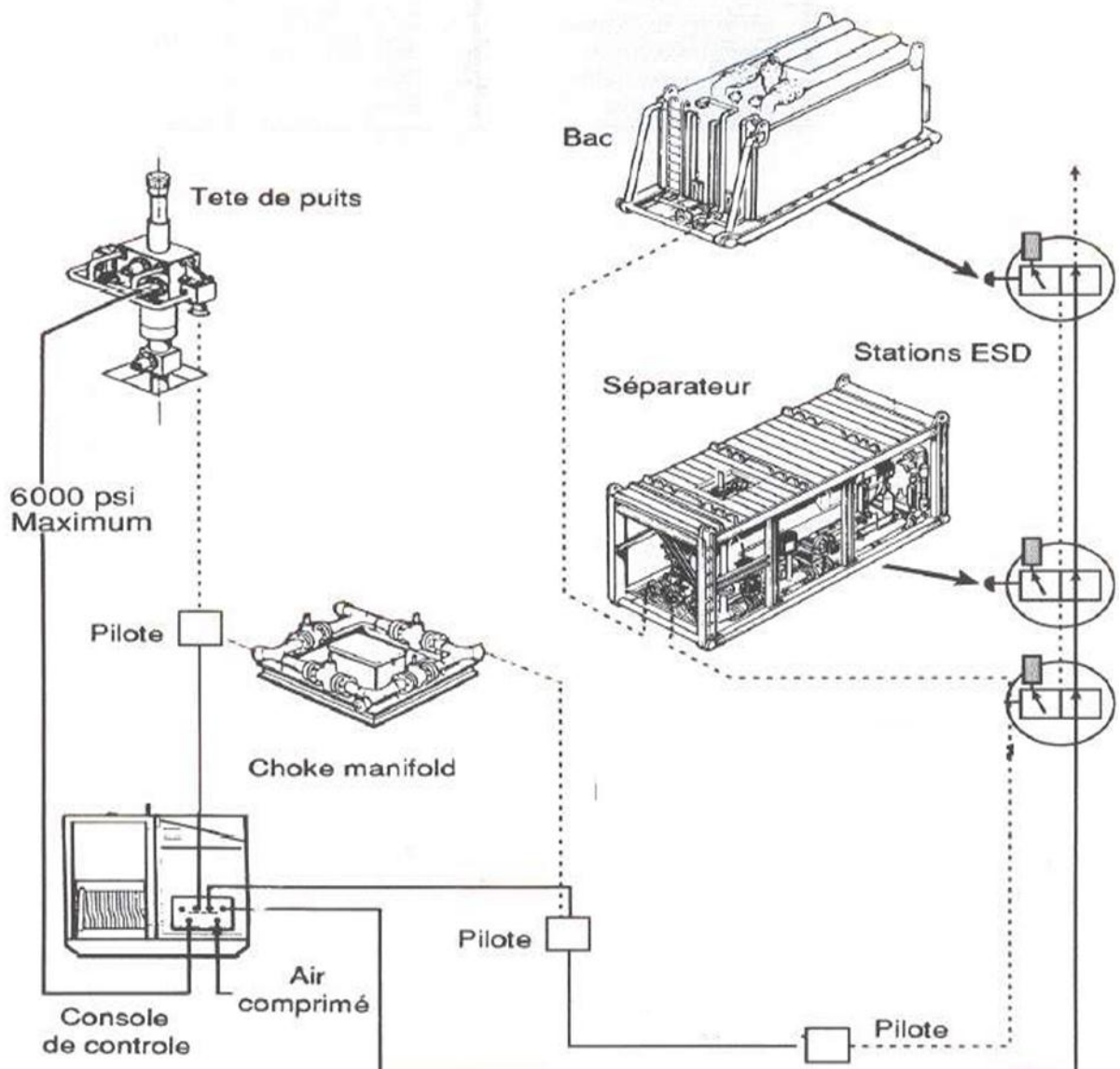


Figure (II-14): Tous les équipements de surface.

II.7. Les types des tests :

II.7.1. DST (Drill Stem test)

C'est la mise en production d'un puits juste après son forage par une compléation provisoire, à travers un train de test, dans le but de déterminer les paramètres de la couche productrice et de décider sur le type de compléation définitif à descendre dans le puits [12].

- Pour faire le test DST :
 - Descente le train de test plus tampons d'eau.
 - Montage des équipements de surface.
 - Enclavage de packer.

Chapitre II : Généralités sur les essais des puits

- Test hydraulique d'équipement de surface a pression supérieure à 1,5 fois la pression de service.
- Ouverture de la vanne DST du fond est mise en commination avec l'intérieur de la tige, dégorgement puits vers la torche puis passage sur séparateur de test.
- Choix de la duse fixe.
- Comptage pendent un certain temps.
- Fermeture du puits.
- Avec les équipements de test :
 - Train de test de fond DST.
 - Tête de puits provisoire de test.
 - Choke manifold.
 - Séparateur.
 - Equipement de raccordement du séparateur.
 - Bac de comptage et stockage huile ou condensât.

II.7.2.Le test BUILD UP

C'est la technique d'essai transitoire de pression la plus utilisée. Il fonction du temps de fermeture. Mais, avant l'enregistrement de cette remontée, Il nécessite la fermeture de puits et la mesure de la remontée de pression il faut stabiliser le débit c'est à dire : $q = \text{constant}$ [22].

Les objectifs de ce test sont d'évaluer et analyser:

- La perméabilité effective de réservoir.
- Le taux d'endommagement de la formation.
- La pression moyenne de réservoir.
- Les limites de réservoir. (Les failles)
- Les problèmes d'interprétation. (L'effet de capacité)
- Les avantages de test BUILD UP:

Ce test est préférable par rapport à d'autres tests pour les raisons suivantes:

- Le contrôle de débit (puits fermé $Q = 0$)
- La durée de l'effet de capacité peut être réduite ou éliminée en introduisant une vanne de Fermeture au fond.
- Le test peut être utilisé dans certain puits qui fonctionne avec des moyens artificiels (pompage).
- Les inconvénients de test BUILD UP:
 - Perte de la production durant le test.

Chapitre II : Généralités sur les essais des puits

- Redistribution des fluides dans le puits durant le test rend l'analyse des données difficile.
- Lorsque la vanne de fermeture de fond n'existe pas.
- Nécessite un débit constant pendant la période qui précède la fermeture.
- Le test BUILD UP est un essai à deux débits, par conséquent les méthodes de Superposition doivent être utilisées pour l'interprétation des données.
- Le test BUILD UP est un essai à deux débits, ce qui signifie que les variations de pression.
- Mesurées durant la fermeture ne sont pas seulement influencées par la fermeture de puits, mais aussi par la période de débit avant la fermeture. On peut envisager deux cas suivant le rayon.
- D'investigation atteint pendant la période de débit avant fermeture (régime permanent ou régime pseudo permanent).

II.7.3. Tests d'interférence

Les tests d'interférence concernent plusieurs puits; le puits dont on fait varier le débit est appelé puits émetteur. Le puits où est mesuré la pression est appelé puits d'observation [22].

Pour fournir le test d'interférence en suite :

- Fermeture des puits.
- Descente par les équipements wire-line les enregistreurs de pression.
- Montage installation de test dans un des puits et test des équipements à pression égale
- 1,5fois la pression de service.
- Ouverture puits sur séparateur de test.
- Enregistrement de la pression en continu dans les autres puits de la perturbation causée par les séquences d'ouverture et de fermeture du Puits.
- Remontée les enregistreurs.
- Interprétation des enregistrements.

Les équipements de test d'interférence même les équipements de test de jaugeage avec:

- Enregistreurs de pression de fond.
- Equipement wire-line pour descend les enregistreurs.

II.7.4. Test Draw Down

C'est un test pour un puits qui produit à un débit constant [22].

- Le résultat d'analyse nous permet d'avoir :
 - la perméabilité moyenne.

Chapitre II : Généralités sur les essais des puits

- le rayon de drainage.
- la distance à la barrière imperméable.
- le skin (endommagement) ...etc.
- La séquence de test drow-down comme suivant :
 - Fermeture du puits.
 - Descente par les équipements wire-line l'enregistreur de fond.
 - Montage installation de surface et test d'équipement à pression égale 1,5 à la pression de service.
 - Ouverture puits sur séparateur de test.
 - Enregistrement de pression de fond.
 - Fermeture puits pour remonter de pression.
 - Fermeture puits.
 - Remontée l'enregistreur.
 - Interprétation d'enregistrement.
- Comme le test d'interférence en utilise Les équipements de test de jaugeage avec les équipements suivants :
 - Equipement wire-line outil de descente +Sas.
 - Enregistreur de pression fond.

II.7.5. Test de Jaugeage

II.7.5.1. Définition

Le jaugeage est une opération en surface de puits très importante utilisée pour connaître les paramètres de puits en production, (pression en tête, pression en ligne, température d'huile, température de gaz, débit d'huile, débit de gaz, la cumule d'eau etc.) [12].

Ceci nous permet de connaître les paramètres optimums d'exploitation de ce puits et le suivre régulièrement afin de le rentabiliser au maximum et dans de bonnes conditions. Avant de commencer le test de jaugeage d'un puits à gaz il faut au préalable :

- Montage des équipements de surface de test.
- Test hydraulique de l'installation a pression supérieure à 1,5 à la pression de service.
- Ouverture du puits sur le séparateur.
- Comptage pendant un certain temps.
- Fermeture du puits.

Remarque :

Dans le cas d'un puits à gaz il faut avoir la pression de tarage de la vanne de sécurité de fond. Pour réaliser ce test en utilise les équipements suivants :

- Séparateur.
- Installation de raccordement de séparateur.
- Bacs de comptage et stockage huile ou condensât.
- Pompe d'ergones.

II.7.5.2.Le but de jaugeage :

L'énoncé des objectifs pour chaque test aide à assurer le succès de l'opération. Par ce qu'il n'est pas possible de composer une liste idéale et suffisante pour chaque test, quatre objectifs semblent pouvoir s'appliquer à la plupart des puits [12] :

- ✓ Mesure la productivité du puits.
- ✓ Mesure la pression et de la température sur tête de puits.
- ✓ Obtention des échantillons pour leurs analyses en laboratoire.
- ✓ Suivi d'évolution de puits producteur.

II.7.5.3.Paramètres obtenus:

Il y a quatre paramètre obtenu par les essais du puits, trois obtenu direct par les équipements, la pression de surface P_s , la pression de fond de puits P_f et la température de fluide. Le quatrième paramètre est le débit de fluide dans la surface Q ce dernier obtenu par en calcul ou indirect.

A- Les paramètres obtenus direct :

A.1.Pression de surface P_{sk} :

C'est la force qui appliquée par le fluide sur les équipements de surface de test (tête de puits et séparateur).Les appareille de mesure de pression de surface :

- Manomètre
- Manomètre enregistreur
- Manomètre à la balance

Il existe deux manomètres convenant pour les pressions rencontrées en exploitation pétrolier :

- À tube de bourdon
- À soufflet (avec le cas particulier du manomètre a lame d'acier

Le second est généralement plus précis que le premier mais il est plus fragile, aussi est-il à déconseiller sur chantier on utilise dans les installations de test de tube de bourdon série pétrolier. Les établissements bourdon donnent pour les manomètres de ces types une précision de $\pm 0,5\%$ dans la plage allant $P/4$ à $3P/4$ P étant la graduation maximale de l'appareil. Il est recommandé, en ce qui concerne l'emploi des manomètres.

De choisir des manomètres dont la graduation maximale est supérieure d'au moins 50% de la pression à mesurer d'éviter de placer un manomètre sur une portion d'installation sujette à vibrations d'enlever les manomètres avant d'exécuter sur une installation des travaux donnant lieu à chocs de placer les manomètres verticaux Les manomètres enregistreur il convient de signaler que leur précision est inférieure à celle des manomètres série pétrole (de l'ordre de $\pm 2\%$ du maximum de l'échelle). Dans tous les cas, manomètre et manomètre enregistreur doivent être soigneusement étalonnés. Les manomètres à balance à poids, dont la précision est de l'ordre de 1‰ ou supérieur, sont généralement employés pour receler périodiquement les indications des manomètres.

A.2.La pression de fond P_f

C'est la force qui appliquée par le fluide sur les appareils de mesure de fond (AMERADA) par le fluide. Dans la plupart des cas de mesure de pression de fond on utilise l'enregistreur de pression Amerada (RPG3) les renseignements concernant la mise en œuvre de ces appareils ont été rassemblés par la commission exploitation pour la mise en œuvre de l'enregistreur Amerada [12]. Nous citons pour mémoire l'appareil suivant qui n'est utilisé que dans des cas bien particuliers.

A.2.1.Manomètre Sperry-Sun

Sur cet appareil, l'élément sensible qui est un tube de bourdon, est connecté au secondaire d'un transformateur différentiel dont le primaire est relié à un moteur électrique par l'intermédiaire d'un réducteur, un circuit électronique préprogrammé assure un calage identique des deux enroulements du transformateur par action du moteur (précision $\pm 0,005$). la relation de ce dernier est enregistrée sur un diagramme du type Amerada entraîné par une horloge.

Remarquer que l'on n'obtient pas un enregistrement de la pression en fonction du temps mais des points de mesure sur une base de temps prééglée du système électronique, l'appareil est entraîné par des piles.

A.2.2. Manomètre GRC (Amerada électronique)

Il donne une précision de 2,5‰ et une sensibilité de 250 g/cm². La jauge de fond SPG.3 peut être employée indifféremment avec un enregistreur continu (alimentation 110v), SPR4 ponctuel (alimentation par piles). SPRI l'enregistreur permet d'obtenir 3 décimales le lecteur fournit 4 décimales et servira donc pour les étalonnages et la détermination précises de pression.

A.3. Température de fluide

Les paramètres de température sont obtenus grâce à des thermomètres.

- Thermomètres enregistreurs à tensions de vapeur.
- Thermomètres à dilatations de mercure.

Il convient de noter simplement : la précision de mesure dépend particulièrement du soin porté à leur mise en place (gaine plongeant suffisamment dans le fluide dont on mesure la température dans le fluide dont on mesure la température présence d'un liquide bon conducteur entre bulbe et gaine calorifugeage de la gaine à l'air libre [12].

B- Les paramètres obtenus indirect

Débit de fluide (Q) ou la quantité de fluide produite (pour les puits producteur) ou injecter (pour les puits injecteur) par unité de temps. L'unité de mesure de débit est (m³/s).

Il existe deux types de débit selon la nature de fluide :

- Débit de gaz.
- Débit de liquide.

B.1. Débits de gaz

D'une façon très générale, les débits de gaz sont mesurés au moyen d'un système déprimogène comportent :

- un orifice contenu dans un porte-orifice (DANIEL BOX).
- un manomètre différentiel enregistreur (débit mètre).

Sur un séparateur de test, le porte-orifice toujours d'un modèle permettant le changement d'orifice sans arrêt des débits, le modèle le plus fréquemment utilisé est le porte-orifice Daniel.

Un débitmètre doit toujours comporter outre l'enregistrement de la pression différentielle, l'enregistrement de la pression au niveau du porte-orifice (en générale pression amont orifice).

Pour la mesure du débit de gaz il est recommandé de placer le débitmètre au-dessous du porte orifice afin d'éviter des accumulations de condensant dans la cellule du débitmètre et

Chapitre II : Généralités sur les essais des puits

dans les tuyauteries de liaison. Les parties “horizontales” de ces derniers doivent, pour la même raison, être légèrement inclinées. Ces précautions sont souvent complétées par l’adjonction de pots de purges ; ces derniers sont obligatoires si le débitmètre ne peut être placé au-dessous du porte-orifice.

Il est enfin impératif que le branchement du débitmètre comporte un by-pass et une vanne de décompression afin qu’au cours des manœuvres, cet appareil soit protégé contre la chasse de mercure ou avarie de la cellule. L’installation d’un système déprimogène doit toujours être complétée par un moyen de mesure de la température du gaz ce peut être un simple thermomètre ou mieux un enregistreur de température.

B.2. Débit de liquide (hydrocarbure ou eau)

B.2.1. Mesure de débit de liquide (hydrocarbure ou eau)

Il existe plusieurs moyens de mesure des débits du liquide [12] :

B.2.1.a. Chambre de mesure

Ce dispositif est surtout utilisé sur des séparateurs fixes, il est parfois utilisée sur des séparateurs mobiles, mais seulement dans le cas des capacités modestes car il est encombrant, sa précision est de l’ordre 2% dans les meilleures conditions (chambre bien étalonnées) sur les installations fixes on utiles en général, pour cela, des tables d’étalonnages, établies par le constructeur et donnant la capacité utile de chambre on fonction de niveaux de déclenchement des flotteurs, mesures à partir d’un ligne de référence sur les installation mobiles, il est recommandé d’employer un petit bac “d’étalonnage” placé à distance réglementaire, soigneusement étalonnée et de vérifier fréquemment la capacité des chambres en les faisant débiter sur ce bac.

L’emploi de chambre des mesures est peu recommandé si l’on désire des mesures de bonne qualité, cas outre leur précision médiocre elles perturbent la mesure des débits de gaz par les variations de la pression de séparateur qu’entraînent leurs vidanges périodiques.

B.2.1.b. Compteur

C’est l’appareil le plus employé, surtout sur les séparateurs mobiles Fig. (II-13) Il existe :

- des compteurs volumétriques à piston ou à palettes.



Figure (II-15) : Compteur.

- des compteurs à hélice.

Les compteurs volumétriques (surtout à piston) résistent mal aux impuretés abrasives, et aux survitesses.

Les compteurs à hélice résistent mieux que les précédents aux impuretés et aux survitesses, et ont généralement des plages de nécessités souvent une petite source de courant électrique et un appareillage électronique.

Les compteurs permettent d'atteindre une précision de l'ordre de 0,5% dans de bonnes conditions, il convient de faire les remarques suivantes :

- Un compteur ne donne une bonne précision que dans une plage de débits bien déterminés : le compteur sera mal adapté au débit à mesurer si ce dernier variable.
- La précision s'en ressent : il est parfois possible dans ce cas de l'améliorer en utilisant le régulateur de niveau en tout ou rien.

B.2.1.c. Bac de comptage

Il est enfin possible d'utiliser un bac de comptage pour la mesure des débits de liquides : Cette méthode n'est toutefois à conseiller que pour de débits modestes pour des raisons de dimensions du bac, il est en effet nécessaire, si on veut que la mesure soit correcte et que le temps de remplissage du bac ne soit pas trop court [1].

Un bac de comptage doit toujours être placé à une distance de sécurité du reste de l'installation.

II.8. Types de jaugeage

II.8.1. Jaugeage conventionnel

Où la production est interrompue et mise sur Séparateur + bac de stockage + torche. L'opération de jaugeage commence à 6 h en ouvrant la vanne de piquage et en fermant la Vanne de centre, le brut sort du puits avec une pression de ligne de 20.3bar et passe par le Séparateur tri phasique (427) de capacité 600 Psi.

II.8.1.1. Procédures de teste par séparateur conventionnel

Un séparateur de teste conventionnel se présente comme un réservoir cylindrique, il assure la séparation en trois phases de l'effluent (huile, gaz et eau) par différence de densité à un niveau permettant une mesure précise de chaque phase produite.

Comme le séparateur triphasé est un récipient sous pression, il y a une soupape de sécurité et un disque de rupture ou des soupapes de sécurité à double pression sur le dessus du récipient pour protéger l'équipement des surpressions, des vannes suffisantes sont disponibles pour contourner les composants ou les flux de sortie de mélange selon les besoins.



Figure (II-16) : Unité de jaugeage avec séparateur et Bac de stockage.

La méthode de mesure des débits d'huile et d'eau se fait différemment [23].

- Débit huile :

Il est mesuré par l'envoi de la charge d'huile produite durant le teste vers un bac (pression atmosphérique) ou elle se dégazifie, et après mesure de volume collecte dans le bac on fait le rapport volume, temps (durée de teste)

- Débit eau :

Il est mesuré à condition que la quantité d'eau récupérée est très importante, la mesure effectuée par les mêmes procédures de débit huile.

Chapitre II : Généralités sur les essais des puits

Le niveau d'interface de l'huile et de l'eau doit être contrôlé, ainsi la soupape de contrôle est également utilisée sur le séparateur triphasé.

Le gaz est quantifié par l'orifice de DANIEL et l'enregistreur graphique BARTON.

En option, des dispositifs tels que des turbines à gaz ou des vortex peuvent être incorporés pour la mesure du gaz.

A la fin de teste :

❖ Pompages de brut sur collecte :

- le brut récupéré dans le bac de Jaugeage sera pompe sur collecte à l'aide d'un groupe de pompage, qui sera monte sur le piquage de pompage se trouvant dans la gare racleur.
- Le pompage se fait toute en respectant les mesures de sécurité et il ne faut jamais dépasser la pression de service de la collecte.

❖ Le gaz :

Ce qui concerne le gaz sa sortie est connectée sur la torche de puits et toute la charge est brulée et parfois se sont des quantités énormes, sachant que la majorité des puits sont à fort GOR.

Le schéma suivant représente le teste par un séparateur conventionnel :

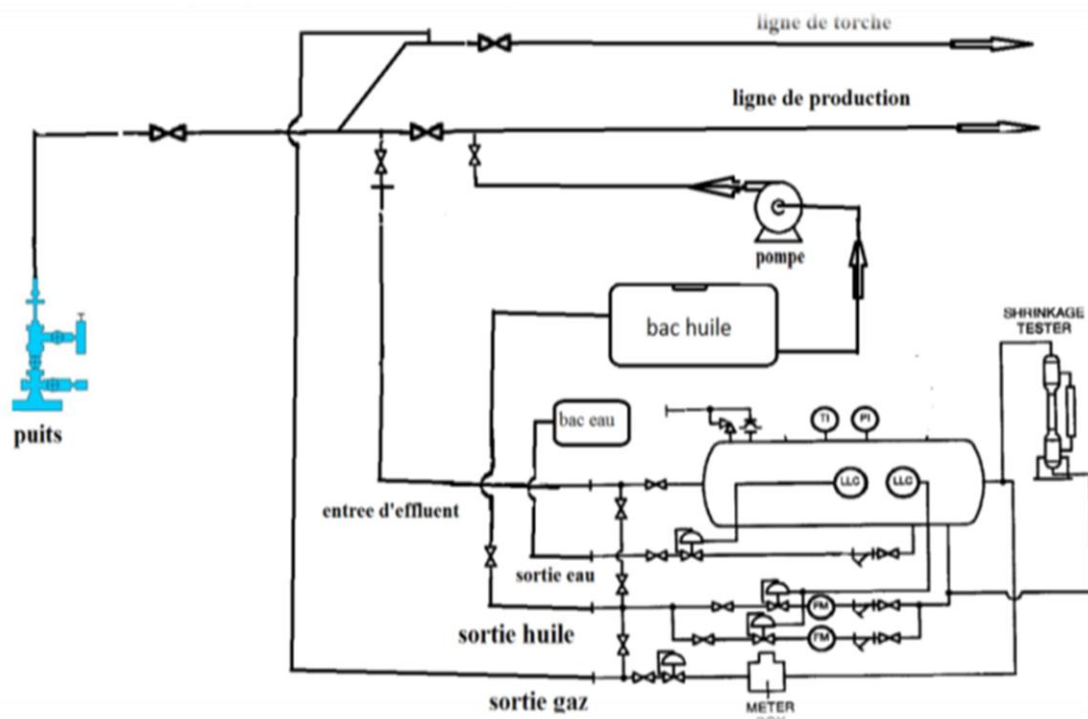


Figure (II-17) : Schéma simplifié du teste par un séparateur conventionnel.

Tel que Pression de surface P_s , la pression de fond P_f , température de fluide, débit de gaz et d'huile.

II.8.1.1.1. L'équation de calcul débit de gaz

Pour calculer le débit de gaz il est obligatoire de faire connue le paramètre de base suivant [14] :

P_s : pression statique absolue en psi = (pression lue par le compteur +15psi).

ΔP : différent de pression mesurée par Barton aux deux côtes d'orifice.

T_f : température en écoulement en °f.

D : diamètre de la conduite= line bore en pouce (donne dans la référence de conduite).

d : diamètre d'orifice en pouce (donne dans la référence d'orifice).

$C = F_b \times F_{tf} \times F_g \times F_{pv} \times Y \times F_m \times F_u \times F_r$: **ou C : Coefficient D'orifice.**

F_{tf} : facteur de température d'écoulement.

$F_{tf} = [520 / (460 + T)] 0,5$ en ° f.

$F_{tf} = [288,556 / (273,2 + T)] 0,5$ °c dans le système SI.

$F_g = (1/g) 0,5$ avec G : facteur de densité spécifique.

Z : facteur de compressibilité ou déviation entre le gaz réel et gaz parfait.

F_{pv} : facteur de super compressibilité.

$F_{pv} = 1/\sqrt{Z}$.

$Z = P / (\rho r T)$.

R : constante des gaz parfaits pour une matière donnée.

Y : facteur d'expansion.

F_u : facteur d'unité (rendre de débit en m³/h).

$F_u = 0,02832 \rightarrow Q = \text{m}^3/\text{h}$.

$F_u = 0,67968 \rightarrow Q = \text{m}^3/\text{j}$.

F_m : facteur de manomètre.

F_r : facteur de correction de nombre de Reynolds.

F_b : facteur d'orifice.

On trouve le F_b en fonction du diamètre de l'orifice et du diamètre de pipe selon le type de la prise de pression flange tap ou pipe tap.

Généralement la prise de pression du gaz est à ,1'' de part et d'autre de l'orifice : au niveau de les brides.

Equation général :

$$Q = C \cdot \sqrt{(P_s \times \Delta P)} \quad / \quad Q : \text{débit de gaz}$$

$$O = H \times Brr \times V_{FC} \times (1 - BSW)$$

II.8.1.1.2.L'équation de calcul débit d'huile

Avec bac à 60°f :

Ou : **H** : jauge final -jauge initiale =jauge débité.

BRR : barimage du bac.

BSW : basic sédiment and water (résidu sédiment et eau après la centrifugation

Au moyen d'une centrifugeuse).

V_{FC} : facteur de correction de volume de la température observée à la température de condition standard (60°).

- **Avec compteur à 60°f :**

$$Q=V_o \times OMCF \times (1-BSW) \times V_{FC} \times (1-Shr)$$

Ou : _

V_o : débite calculée par le compteur.

OMCF : facteur mécanique de compteur (oïl mètre correction factor).

Shr : pourcentage gaz dissous dans l'huile à (60°).

II.8.2. Jaugeage non conventionnel

II.8.2.1. Jaugeage non conventionnel (nucléaire ou VX)

On utilise dans cette opération une source émettrice de rayon γ (Baryum133) ces rayons Bombardent le brut, dont chaque phase atténue une quantité de rayons, cette atténuation dépend de la densité de chaque phase Un ordinateur enregistre le taux de rayons gamma non absorbe par l'effluent et nous donne le débit de chaque phase avec une précision non égalée. Il est impératif de Procéder à

Des échantillonnages de chaque phase et calculer leurs densité (pour le gaz on utilise un appareil appelé Ramarex, pour l'huile on effectue une centrifugation pour la séparer des sédiments ensuite on utilise un densimètre). Ces densités sont entrées dans l'ordinateur pour que le logiciel puisse reconnaître la nature de l'effluent.

Avant toute opération de VX on doit procéder à un Empty Pipe (opération de jaugeage mais sous vide) pour stabiliser la source.



Figure (II-18) : Source nucléaire.

Ce procédé est schématisé sur la figure suivante :

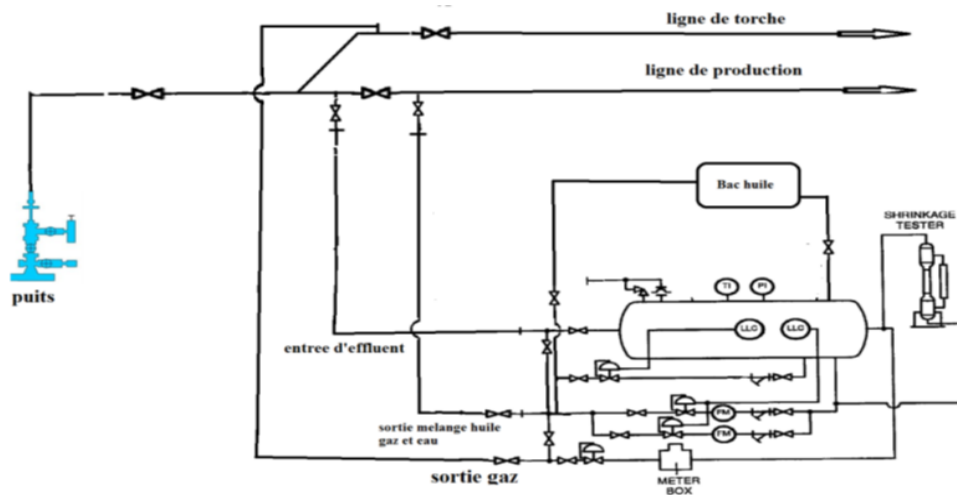


Figure (II-19) : Schéma simplifié de teste séparateur conventionnel recombiné.

Avantage :

- Précision de calcul.
- Non interruption de la production.
- Avantage économique et environnementale vu que le gaz n'est pas brûlé sur torche.

- Personnel et matériel réduit



Figure (II-20) : Densimètre électronique.

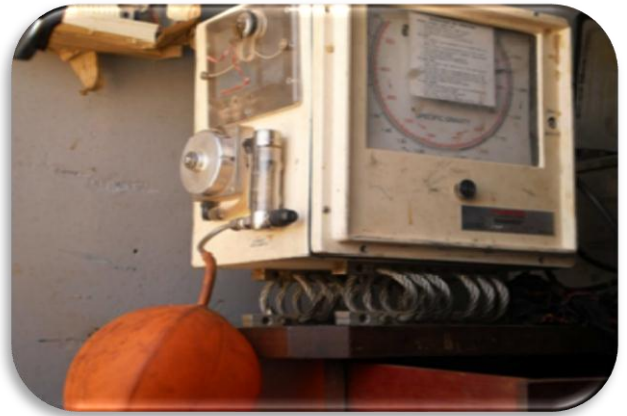


Figure (II-21) : Ramarex densimètre pour gaz.

II.8.2.2. Jaugeage non conventionnel avec turbine : (In-Line/Recombine)

Le principe de l'opération est similaire au jaugeage conventionnel, la seule différence est que l'huile n'est pas stocké dans un bac mais continue à être envoyé vers le centre de traitement c'est-à-dire que la production se fait en continue en passant par un séparateur. Le brut est donc séparé en trois phases, l'huile passe par une turbine qui mesure son débit et envoie ces mesures à un ordinateur.

La mesure faite par la turbine contient une certaine erreur du fait du gaz qui peut entrer dedans et pour corriger cette erreur, on remplit un bac pendant 5 minutes, on calcule le débit de l'huile dedans et on le compare au débit enregistré par la turbine.

On obtient par la suite une erreur à prendre en considération lors du calcul final

Le débit de gaz est calculé par le même procédé destiné sur collecte et non sur torche.

Les avantages du vx :

- Simplicité des matériaux avec une installation facile.
- Indépendante des régimes d'écoulement
- Très bonne Précision.
- Opération moins chère, rapide et plus efficace que l'ancienne méthode (Jaugeage avec un séparateur mobil) qui par contre, nécessite une pompe pour réinjecter l'huile cumulée dans le bac, ou un moyen de transport jusqu'au la centre.
- Mesures de débit pendant toute dépollution
- Détection précoce à l'eau
- Non affecté par les limaces, de la mousse et émulsion

Chapitre II : Généralités sur les essais des puits

- Matériel unique pour le pétrole lourd, le pétrole noir, huile volatile, de condensat de gaz de gaz, humide et gaz sec et tester.

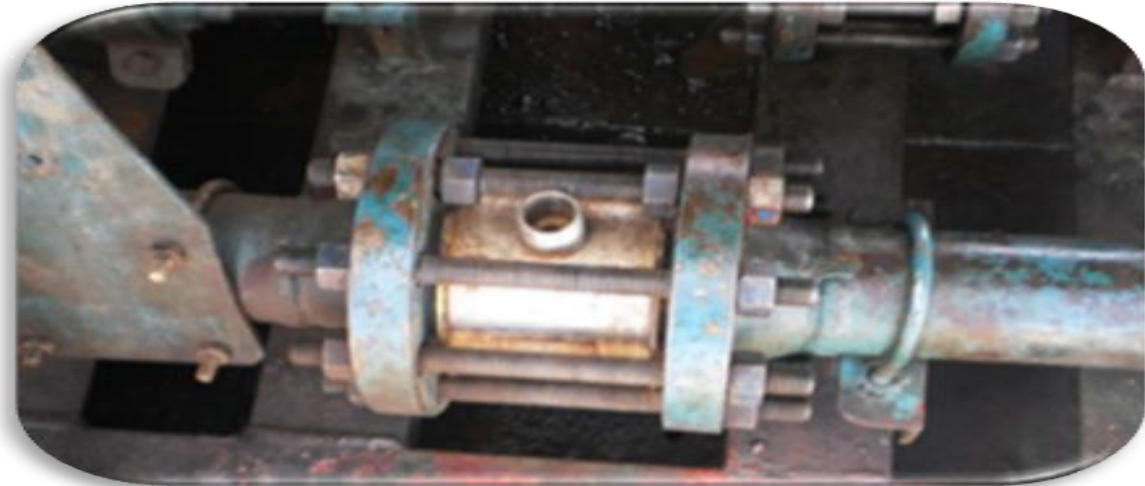


Figure (II-22) Turbine comptant le débit d'huile.

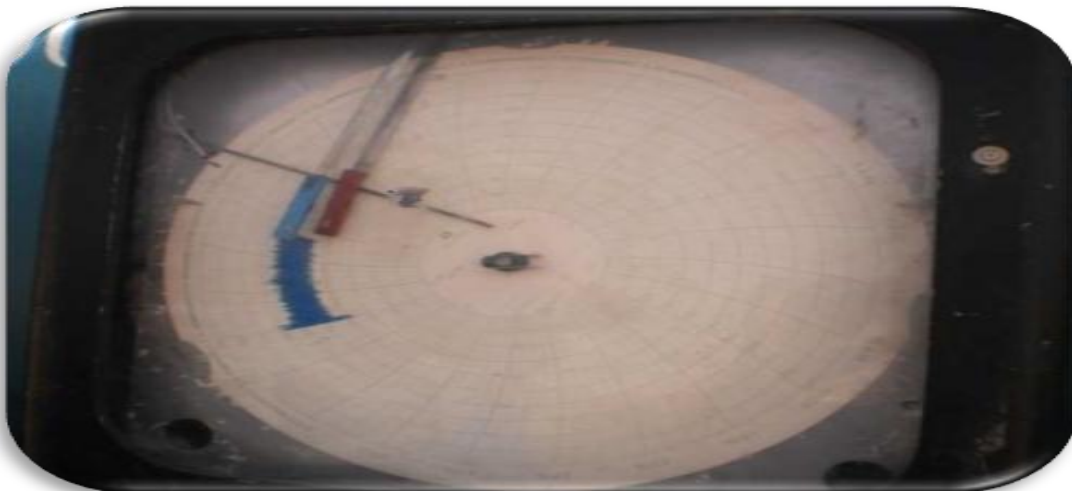


Figure (II-23) Cellule Barton enregistrant la différence de pression en bleu et la pression de séparation en rouge.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les différents types des opérations des essais des puits « well-testing », surtout les détails de l'opération de jaugeage conventionnel, le type de jaugeage pris dans notre étude. Cette description est nécessaire avant d'entamer notre analyse des risques dans le chapitre suivant et qui sera initié par une analyse technique et fonctionnelle des équipements du procédé mentionné dans la Fig (II-19).

CHAPITRE III

Analyse des risques liés à l'activité de jaugeage

Chapitre III : Analyse des risques liés à l'activité de jaugeage

Introduction

Dans ce chapitre, nous allons discuter sur l'accident « éclatement de la pompe » qui a eu lieu à Hassi Messaoud; au cours de l'opération du jaugeage au niveau du puits HGA43.

A l'aide de la méthode HAZOP, nous allons identifier les scénarios d'accidents potentiels ainsi que leurs causes et conséquences, afin de détecter toutes les événements pouvant provoquer des situations indésirables sur le système et ses équipements et sur le personnel intervenant.

Dans un deuxième point, nous allons principalement utiliser l'arbre des défaillances (ADD) comme outil d'analyse pour comprendre le mécanisme de défaillance de la pompe de transfert du brut vers la ligne de collecte à partir du bac de stockage suite à l'opération de séparation.

Le but de l'application de notre modèle ADD est de trouver les relations logiques entre les événements causant l'accident (éclatement de la pompe), quantifier l'accident en terme de calcul de probabilité, et trouver les chemins les plus critiques vers l'événement de l'accident ainsi que la contribution de chaque cause sur la production de notre événement. La démarche ADD aide à comprendre comment le système peut échouer et par conséquent à déterminer les meilleurs moyens de réduire les risques.

III.1. Description de l'accident

En date du 01 /07/2020 vers 11h00 un accident de travail mortel, s'est produit au niveau du puits HGA43 au cours d'une opération de jaugeage causant la mort d'un agent de l'entreprise ENSP.

Après avoir démonté et déplacé le séparateur de test, l'équipe well test a procédé à l'installation de la pompe par le montage du flexible d'aspiration sur le bac de brut et le flexible de refoulement, via un clapet anti routeur, sur la vanne de collecte. L'équipe de pompage a mis en marche la pompe et commencé l'opération de transfert de brut séparé à partir du bac vers le linge de production tout en oubliant d'ouvrir la vanne de sectionnement. Après environ 10mn de pompage, l'opérateur a remarqué un fonctionnement anormal au niveau des pistons d'où il a procédé au graissage des tiges piston en position accroupis en dessus du collecteur de refoulement. A ce moment l'une des portières des pistons s'est éjectée avec force sur son visage provoquant sa chute par terre d'une hauteur d'environ 1m [23].

Chapitre III : Analyse des risques liés à l'activité de jaugeage

L'équipe a immédiatement arrêté la pompe, alertée la hiérarchie puis elle a évacué la victime inconsciente vers l'hôpital de Hassi Messaoud où il a succombé à ses blessures le 02/07/2020 vers 09h00 [23].

Une deuxième équipe de jaugeage de la même entreprise venant d'un puits à proximité ont procédé au pompage du brut vers le linge de production du puits par leur propre pompe.

III.2. Présentation du puits HGA43

Le puits HGA43 a été foré en tant que producteur huile en 29/05/2016, complété en tubing 4 "1/2 ancré. Le réservoir couvert avec LCP 4 "1/2 fond initial à 3480m.

Le cumul de production est de 3078 m.

III.2.1. Information sur le puits HGA43 :

Pression de tête 29 bars

Pression service de ligne 12 bars

Pression pendant le jaugeage 9.5 bars

Débit : 3 .5 m³ /h

GOR : 154

La production du puits est acheminée vers l'EPF HGA via le manifold HGAM2.

- Date de forage : Mai 2016
- Zone : HZP
- Casing 18"5/8@447m
- Casing 13"3/8@2433m
- Casing 9"5/8@3284m
- Casing 7"@ 3360m
- Complétion : 4"1/2 ancrée avec LCP 4"1/2
- Fond TD 3480m
- Coordonnées UTM31 Altitude (mètre) :

III.3. Présentation de l'opération de pompage

L'opération de pompage consiste à transférer le brut stocké lors de l'opération de jaugeage vers la ligne de production de puits via une pompe BP ou HP entraînée par un moteur diesel [22].

Le programme de jaugeage des puits est envoyé par le service contrôle puits au service Well-test qui à son tour envoie un programme de jaugeage aux entreprises de prestation.

Après démontage et déplacement séparateur, l'équipe procède au :

- ✓ Positionnement de la pompe à la place du séparateur de test.

Chapitre III : Analyse des risques liés à l'activité de jaugeage

- ✓ Montage du flexible d'aspiration de la pompe sur le bac de brut.
- ✓ Montage d'un clapet anti-retour sur la vanne de piquage de la ligne de production.
- ✓ Montage du flexible de refoulement de la pompe sur le clapet anti-retour.
- ✓ Ouverture de la vanne de piquage pour tester l'étanchéité du clapet anti-retour.
- ✓ Fermeture de la vanne de refoulement.
- ✓ Ouverture des vannes d'aspiration des deux compartiments du bac.
- ✓ Mise en marche du moteur de la pompe (en ralenti).
- ✓ Purge du circuit de refoulement à l'aide d'un robinet installé sur le flexible à hauteur du clapet anti-retour.
- ✓ Mise en marche de la pompe.
- ✓ Egalisation de pression.
- ✓ Ouverture de la vanne de piquage.

Accélération moteur pour augmenter la pression de refoulement jusqu'à une valeur légèrement supérieure à la pression de la ligne (P ligne +01 bar).

L'opération de pompage nécessite la présence de trois opérateurs, le premier positionne au niveau de la pompe, le deuxième positionne au niveau de la vanne de piquage de la ligne de production, le troisième au niveau de la tête du puits pour contrôler la pression de ligne et un chef de mission qui assure le bon déroulement de l'opération [22].

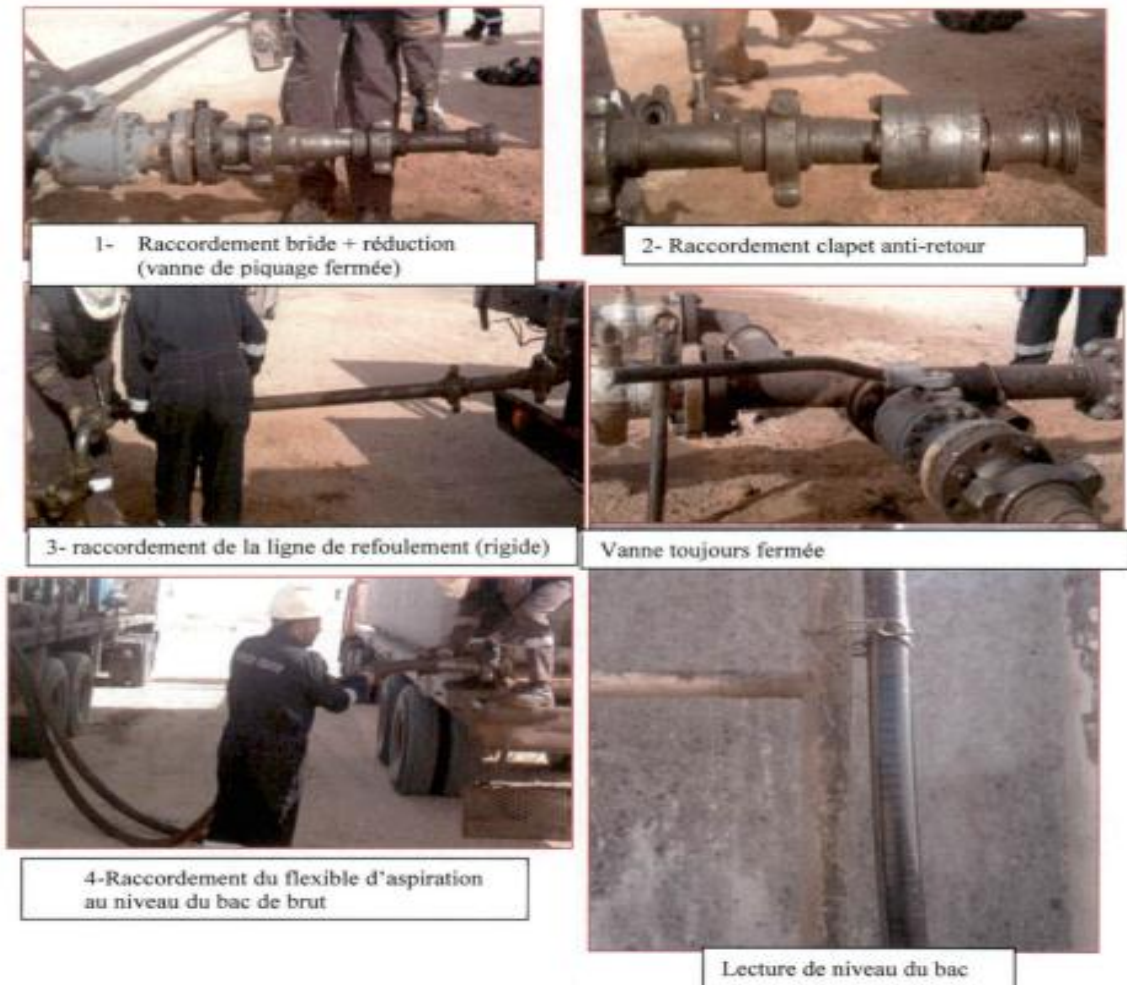


Figure (III-1) : les installations de l'opération jaugeage [22].



Figure (III-2) : installation d'un enregistreur de pression [22].

III.4. Méthodologie d'analyse de risque

Un processus d'évaluation des risques commence par une analyse des risques. Cette dernière identifie les différents types de dangers. Un danger est une condition potentielle et existe ou non avec une probabilité entre 0 et 1. Il peut devenir un véritable échec fonctionnel qui peut conduire à un accident en une seule existence ou en combinaison avec d'autres dangers (parfois appelés événements). Un scénario décrit comment cela se passe exactement dans une séquence spécifique. Un système a souvent de nombreux scénarios potentiels de défaillance conduisant à l'événement indésirable (l'accident). En plus de sa quantification en termes de probabilité, un scénario d'accident est également classé en fonction de la gravité de ses conséquences. L'objectif final d'une telle méthodologie est de fournir la meilleure sélection de moyens permettant de contrôler ou d'éliminer le risque.

L'analyse des risques adoptée pour notre scénario d'accident comporte les étapes suivantes :

- La méthode HAZOP est utilisée pour identifier les risques possibles dans toutes les phases de l'opération du jaugeage (well-test).
- Extraire tous les événements de base décrivant les causes de fonctionnement anormal de la pompe et schématiser le processus à l'aide de la méthode arbre des défaillances.
- Calculer la probabilité d'occurrence de l'accident à partir des données probabilistes relatives aux événements de base.
- Dédire les chemins les plus critiques vers l'événement sommet (l'accident).
- Quantifier la contribution des événements de base à l'occurrence de l'accident.
- Proposer un plan de prévention en basant sur les résultats obtenus, afin de réduire et éliminer les risques relatifs à un accident potentiel similaire.

III.5. Analyse technique et fonctionnelle:

Tableau (III.1) : Analyse technique fonctionnelle.

| Système : opération de jaugeage | | |
|--|---|---|
| Les équipements | Les Fonctions | Les composants |
| Tête de puits | La protection de la zone entourant la tête de puits contre les contaminants susceptibles de s'approcher du puits ou de l'atteindre. | La tête contient des vannes : ✓ La vanne maitresse : fait isoler l'arbre de Noël de la tuyauterie de la protection ; La vanne maitresse inférieure : est actionnée manuellement et indique la vanne maitresse |

Chapitre III : Analyse des risques liés à l'activité de jaugeage

| | | |
|--|---|--|
| | | <p>supérieur est actionner hydrauliquement</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Deux vannes latérales : <p>Vannes d'arrêt d'urgence du puits après la fermeture du dusse.</p> |
| Séparateur et équipement de dépression | <p>Séparer les différents fluides (gaz, huile et eau éventuellement) et par là-même il permet le comptage et l'échantillonnage de chacun de ces fluides séparément.</p> | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Système de contrôle et de surveillance : <p>Ti : indicateur de température. Pi : indicateur de pression. LLC : low control level</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Control level Tuyauterie pour transferts les fluides séparés et vannes manuelles (actionneurs). ✓ Electricité/instrumentation. Pour alimenter le séparateur. |
| Bac de stockage | <p>Stocker les fluides</p> | <ul style="list-style-type: none"> ✓ LCV : control level valve |
| Pompe | <p>Elle permet de récupérer l'huile du réservoir de stockage (ou du réservoir de surpression) pour l'envoyer au bassin de décantation ou brûleurs.</p> | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Le moteur diesel : est un moteur à combustion interne qui transforme l'énergie chimique du moteur diesel en énergie cinétique. ✓ Roulement : il transmette le mouvement en ce sens qu'il supporte et guide les composants dont la rotation s'affecte l'un par rapport à l'autre .il transmette des forces. ✓ Piston : chargé de transformer l'énergie libérée au cours de la combustion en un travail mécanique et à la transmettre sous forme de force de rotation au vile brequin par l'intermédiaire de l'axe de piston et de la tige de bielle. ✓ Soupape de décharge : sert à éviter le « barbotage »des pompes à débit nul, |

Chapitre III : Analyse des risques liés à l'activité de jaugeage

| | | |
|----------------------|--|--|
| | | lorsque la vanne ou l'appareil en aval est fermé totalement. |
| Clapet anti – retour | Est un organe de protection de robinetterie industrielle dont la fonction est d'empêcher l'inversion du sens de circulation du fluide dans une tuyauterie ou de maintenir une conduite en charge, même à basse pression. | |
| vanne d'aspiration | permet d'évacuer l'air de la volute et de la canalisation de roulement afin de permettre à la pompe de monter en pression et de leur l'éventuel clapet anti-retour au roulement. | |
| Vanne de roulement | Cette vanne a la possibilité de dériver (choix effectué par la calculateur) une partie des gaz vers l'admission d'air, gaz qui sont vecteur de saleté sur les diesels car les suies sont grasses et épaisses. | |

III.6. HAZOP

III.6.1. Objectifs d'application de HAZOP :

La méthode HAZOP vise à identifier et à traiter les risques potentiels dans les opérations de jaugeage, en particulier celles traditionnelles, avant qu'un incident ne se produise et ne puisse affecter la sécurité des personnes ou des biens tout en entravant la productivité.

III.6.2. Tableau HAZOP des équipements de l'opération de jaugeage

Chapitre III : Analyse des risques liés à l'activité de jaugeage

➤ Séparateur :

Tableau III.2: Analyse HAZOP dans le séparateur de l'opération de jaugeage.

| Analyse HAZOP : les équipements dans l'opération de jaugeage | | | | | Date : 23/02/2023 |
|--|-----------|------------------------|---|---|--|
| Système | Paramètre | Déviation | Causes | Conséquences | Recommandations |
| Séparateur | Débit | Moins de /bas de débit | <ul style="list-style-type: none"> - Fuite - Entrée bouchée - Défaillance de la vanne en amont (bloquée fermée) - Bouchage des filtres | <ul style="list-style-type: none"> - Niveau bas dans le bac. - Chute de pression. - Arrêt de l'opération jaugeage | <ul style="list-style-type: none"> - Contrôleur de niveau (niveau à glace). - Ouverture manuelle de la vanne en amont. - Envisager l'installation d'une alarme de niveau bas. - Etablir une check-list de contrôle des vannes - Vérification des vannes LCV avant opération |
| | | Plus de débit | <ul style="list-style-type: none"> -Défaillance de la vanne de dues -Sortie huile de tête de puits (Duse max) -Bloquée de la vanne en amont (ouvert). -Vanne sortie séparateur partiellement fermée -Augmentation de la pression | <ul style="list-style-type: none"> - Augmentation de la charge - Apparition d'une fuite externe. - Engorgement du séparateur - Incendie en cas de fuite et de présence d'une source d'inflammation. - Déclenchement de soupape de sécurité | <ul style="list-style-type: none"> - Régulateur de débit et de pression - indicateur visuel et alarme de niveau haut et très haut - Vérification des vannes LCV avant opération |

Chapitre III : Analyse des risques liés à l'activité de jaugeage

| | | | | | |
|----------|-------------------|--|---|---|---|
| Pression | surpression | <ul style="list-style-type: none"> -Augmentation de débit -Vanne sortie gaz bloquée en avale -Ligne de torche bouchée -Défaillance de l'indicateur PI -Vanne sortie huile bloquée fermée -Défaillance Clapet anti-retour (bloquée fermé) -Bouchage du linge entre la sortie de séparateur et le bac de stockage | <ul style="list-style-type: none"> -(Fuite, déversement) -Dispersion de gaz (formation ATEX) -Explosion / incendie en cas d'ignition, Incendie. -Fuite de gaz -Pollution environnement -Rupture de tuyauterai | <ul style="list-style-type: none"> -Indicateur de niveau - manomètre -pressostat différentiel -plaque d'éclatement. -soupape de décharge. -Moyens de lutte contre incendie. -la vérification de bon fonctionnement du PSV | |
| | Moins de pression | <ul style="list-style-type: none"> -Fuit, éclatement -Rupture de séparateur Mauvais fonctionnement des vannes circuit de recyclage -Entrée bloqué -Pas assez de débit -Retour de débit -Manque d'alimentation | <ul style="list-style-type: none"> -Mauvaise séparation -Arrêt de l'opération de jaugeage. -Bas de niveau de séparateur | <ul style="list-style-type: none"> -la vérification de bon fonctionnement du PCV - vérification visuellement de manomètre -vérification de LCV | |
| | Température | Haute température | Climat (été) | Augmentation de la pression | <ul style="list-style-type: none"> -Régulateur de température -régulateur de pression |
| | | Basse température | Hiver | -néant | <ul style="list-style-type: none"> Capteur de gaz Indicateur de température (Chambre de contrôle) |
| Niveau | Moins de niveau | <ul style="list-style-type: none"> -LCV défaillante -Bouchage du niveau à glace -Fausse lecture -Bouchage à l'entrée huile -Diminution du fluide Fuit | <ul style="list-style-type: none"> -Niveau à glace -Dispersion de gaz -Bas de niveau dans le séparateur | <ul style="list-style-type: none"> -Niveau à glace -La vérification routinière des conduits de flux -Vérification LCV | |
| | Plus de | -Haut débit | -Engorgement de | | |

Chapitre III : Analyse des risques liés à l'activité de jaugeage

| | | | | |
|--|--------|--|---|---|
| | niveau | -Augmentation de la pression -LCV défaillante -Bouchage du niveau à glace -Bouchage à la sortie huile | séparateurs -Transférer des fluides vers le system de gaz -Augmentation du fluide En séparateur | -Vérification Vanne LCV -Vitrification de Niveau à glace Débitmètres. |
|--|--------|--|---|---|

➤ **Pompe :**

Tableau III.3: Analyse HAZOP dans la pompe triplex de l'opération de jaugeage.

| Analyse HAZOP : les équipements dans l'opération de jaugeage | | | | | Date : 23/02/2023 |
|--|-------------|------------|--|---|--|
| système | Paramètre | Déviations | Causes | Conséquences | Recommandations |
| pompe | Température | Haute | -Fuite ou Défaillance du système de refroidissement -Défaut de fonctionnement. -Type de fluide -La pompe n'est pas immergée. -Fonctionnement à très faible débit. -Moteur mal connecté -Augmenter la pression dans la pompe -freinage dans le circuit de refoulement -conditions climatiques | -le risque d'explosion dans le joint de la pompe peut endommager les roulements les vibrations de cavitation entraînent un rognage de l'accouplement la vaporisation du liquide l'augmentation de pression provoque une explosion qui peut provoquer un incendie la vibration qui provoque la destruction de l'intérieur de la pompe (roulement de roue, Faire défiler ...). -Échauffement excessif -incendie | -Nécessaire de refroidir les différentes parties de la pompe généralement avec de l'eau. -Vérifier le niveau de liquide requis -Purger et/ou démarrer. -Vérifier le nombre de tours du moteur. -Vérifier la pression dans la pompe -Vérifier le système de refroidissement -Ouvrir et nettoyer la pompe -Sécurité haute température |

Chapitre III : Analyse des risques liés à l'activité de jaugeage

| | | | | | |
|--|----------|-------------|---|--|--|
| | | | | -défaillance dans la pompe. | |
| | | Moins | <ul style="list-style-type: none"> -Panne dans le système de refroidissement (ouvrir plus) -Défaut de fonctionnement -Conditions climatiques | <ul style="list-style-type: none"> -Modification de la caractéristique du lubrifiant La graisse perd sa viscosité. -Le frottement du composant rotatif avec la partie fixe peut endommager les roulements et détériorer les roulements | <ul style="list-style-type: none"> -Sécurité température basse -Vérifier le système de refroidissement -Vérifier le nombre de tours du moteur |
| | pression | surpression | <ul style="list-style-type: none"> -Freinage au niveau du refoulement pompe -Vanne de refoulement en position fermée -Clapet anti-retour bloqué fermé -Bouchage de la ligne entre la pompe et la ligne de collecte. | <ul style="list-style-type: none"> -Défaillance mécanique de la pompe -Ejection des portières des pistons. -Eclatement -Heurt des opérateurs se trouvant à proximité -Vibrations intenses au niveau de la ligne de refoulement. | <ul style="list-style-type: none"> -Etablir une check List de vérification de disposition des vannes avant démarrage de pompage -PSV des pompes. -Entretien périodique du clapet anti-retour -Injection de produit chimique anti-dépôts pour éviter le bouchage des lignes -Entretien préventif de la pompe (graissage et changement d'huile de refroidissement) -Entretien et tarage périodique des soupapes de décharge. |

Chapitre III : Analyse des risques liés à l'activité de jaugeage

| | | | | | |
|--|-------|-----------------------|---|--|---|
| | | Moins de pression | <ul style="list-style-type: none"> -Vanne d'aspiration fermée. -Mauvaise lecture du niveau de bac -niveau bas au niveau des bacs. -Défaillance mécanique de la pompe. -fuite ou éclatement en amont. | <ul style="list-style-type: none"> -Cavitation de la pompe -Arrêt de la pompe -Perte de débit. | <ul style="list-style-type: none"> -Entretien des indicateurs de niveau des bacs -Etablir une check List de vérification de disposition des vannes avant le démarrage de pompage. -vérification des indicateurs de pression. |
| | Débit | Augmentation de débit | <ul style="list-style-type: none"> -Eclatement ou fuite en aval -Augmentation de production - Disfonctionnement de système de contrôle de la pompe | <ul style="list-style-type: none"> -Plus de débit -Augmentation de la pression | <ul style="list-style-type: none"> -Débitmètres -Agent sur site |
| | | Moins de débit | <ul style="list-style-type: none"> -Bouchage ou rupture En amont -Bas niveau de bac | <ul style="list-style-type: none"> -Manque à produire -Augmentation du niveau des bacs -Cavitation des pompes | <ul style="list-style-type: none"> -Débitmètres -Agent sur site |

Chapitre III : Analyse des risques liés à l'activité de jaugeage

➤ Bac de stockage :

Tableau III.4: Analyse HAZOP dans le bac de stockage de l'opération de jaugeage.

| Analyse HAZOP : les équipements dans l'opération de jaugeage | | | | | Date : 23/02/2023 |
|--|-------------|-----------------------------|---|---|--|
| Système | Paramètre | Déviations | Causes | Conséquences | Recommandations |
| Bac de stockage | température | Moins de Température | -Conditions climatiques | -Base température d'huile -Mauvaise séparation | -Thermomètres |
| | | Augmentation De température | -Conditions climatiques -contrôle défectueux. -incendie. | -Augmentation de la pression | -Thermomètres Manomètre Agent sur site -PSV bac de stockage |
| | Pression | Moins de pression | -Bouchage en amont -Fuite non détectée -manque de production -Défaillance de la PCV -Fermenteur de vanne de sortie huile séparateur | -Bas débit | - Clapet anti routeur entre le bac de stockage et l'aspiration pompe. -by-pass du bac vers un autre bac en cas fuit |
| | | Plus de pression | -Augmentation de débit -Bouchage en avale -haut température. | -Vibration -Eclatement -l'environnement -possibilité de blessure de personne | -vérification PSV -Les plaques d'éclatements |
| | Débit | Moins de débit | -haut température -Bouchage ou fermeture en | - bas de niveau sur le bac | -Clapet anti routeur dans le bac et l'aspiration de la pompe -vérification des |

Chapitre III : Analyse des risques liés à l'activité de jaugeage

| | | | | | |
|--|--------|-----------------|---|---|--|
| | | | amont | | indicateurs des niveaux. |
| | | Plus de débit | -Augmentation de la pression -Erreur de contrôle. | -Engorgement du bac de stockage -atteintes minimales à l'environnement -déclenchements soupape de sécurité | -Plaque éclatement -vitrification de PSV. -By-pass vers un autre bac. |
| | | Retour de débit | -Défaillance dans le clapet anti routeur - Fuite/éclatement en amont du bac | -Manque d'huile -Impact environnemental -Incendie | -Entretien préventif périodique. -Mettre à jour la procédure d'intervention |
| | Niveau | Bas de Niveau | -Manque d'huile ou niveau de bac - Fuite/Eclatement en amont -mauvaise séparation au niveau des séparateurs -Erreur de contrôleurs -Vidange le bac | -Entrainement du gaz dans l'huile -Excès du gaz au niveau des bacs de stockage -Risque d'Incendie (trap des bacs) | -Niveau à glace -Agent sur site |
| | | Haut niveau | -Haut débit -Bouchage du niveau à glace -Bouchage à la sortie huile (bac) | -Engorgement de bac de stockage | -Niveau à glace -Agent sur site |

III .6.3. Interprétation des résultats HAZOP

Dans les tableaux précédents (tableau III.2, tableau III.3, tableau III.4), nous avons mis en évidence les risques des déviations possibles dans l'opération de jaugeage, ainsi que leurs causes et conséquences sur les deux dimensions interne et externe de l'équipement choisi. La dernière colonne est préservée pour les moyens de protection existants et ceux proposés par nous-même.

Les scénarios d'accidents les plus dangereux retirés sont :

Chapitre III : Analyse des risques liés à l'activité de jaugeage

La surpression génère (dans le séparateur ou la pompe) des conséquences indésirables telles que l'explosion ou la formation de nuages explosifs.

L'augmentation importante de température au niveau de la pompe peut aussi provoquer des risques d'explosion ou d'incendie.

En résumé, le tableau HAZOP est un outil essentiel pour identifier et évaluer les risques dans les opérations de jaugeage conventionnel. Il facilite l'identification des scénarios à risque selon les déviations existantes, la compréhension des conséquences potentielles et la mise en place de mesures de prévention mises en place. Son utilisation contribue à assurer la sécurité et l'efficacité des opérations industrielles.

III.7. Analyse par arbre des défaillances

Dans cette section, une analyse par arbre des défaillances est déroulée afin de détailler les causes de défaillance de la pompe car l'arbre des causes ADC (Voir Annexe 1) s'avère incomplet et possède les inconvénients suivants :

- Traite uniquement les causes provoquant réellement l'accident.
- Ne figure pas les relations logiques entre les événements causant l'accident.
- La partie mécanique et hydraulique de la pompe Le manque d'expérience et le manque de graissage ne sont pas considérés comme des causes d'un dysfonctionnement catastrophique (cause directe de l'accident) de la pompe.

La figure III.3 montre l'Arbre des défaillances établie pour l'évènement sommet « éclatement de la pompe » qui qualifie la cause directe de l'accident mortel de l'agent ENSP au niveau du puits AGH43.

L'éclatement de la pompe peut produire suite au coincement des pistons internes avec une surpression inattendue en amont de la pompe. L'arbre est ensuite détaillé pour extraire les événements de base (Voir Tableau III.5).

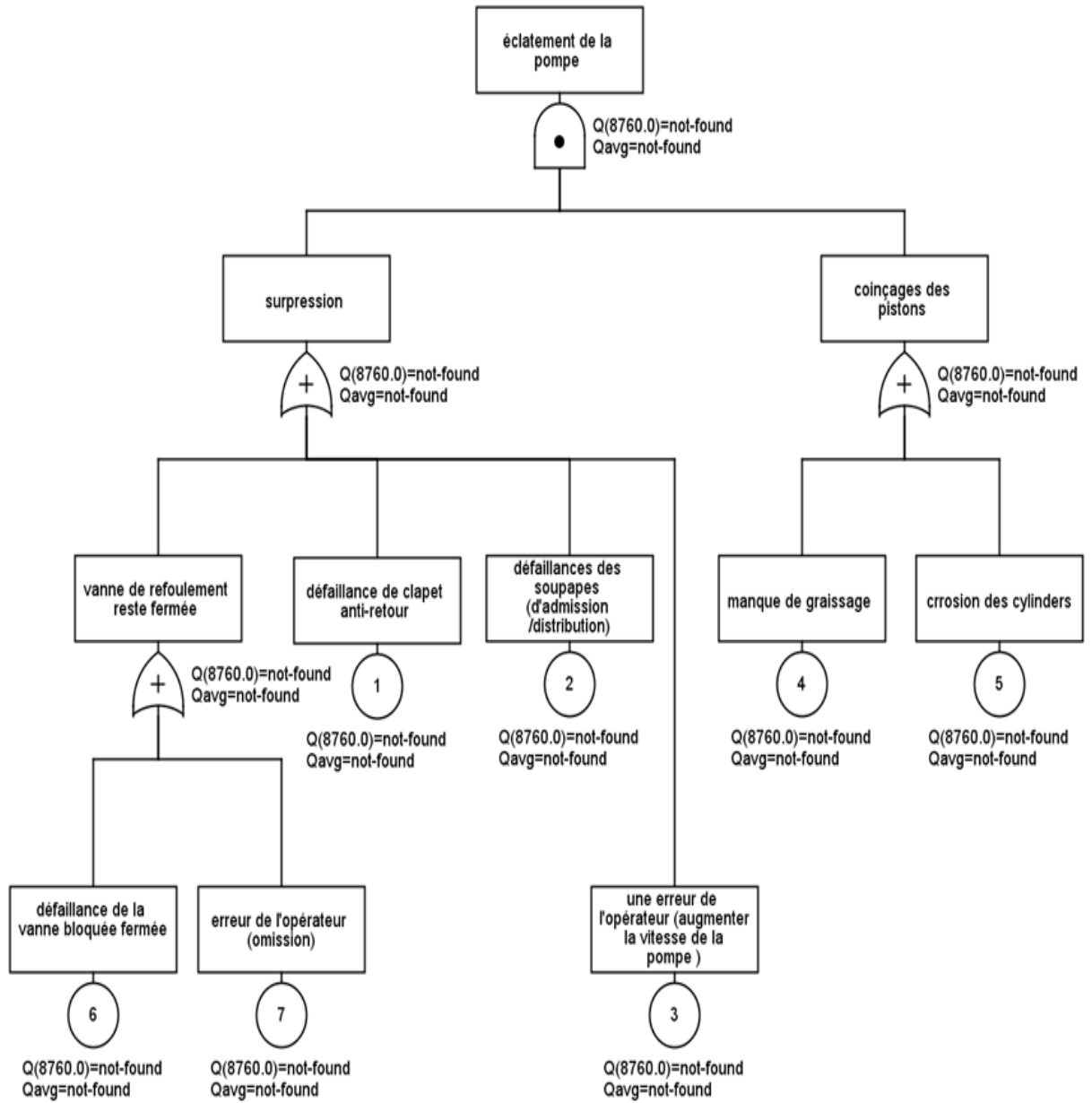


Figure III.3: Arbre des défaillances.

Tableau III.5 : Codage des évènements.

| Code : | Les évènements : |
|---------------|--|
| ER | Evènement intermédiaire (éclatement de la pompe) |
| E1 | Surpression |
| E2 | Coinçage de piston |
| A | Vanne de refoulement reste fermé |
| B | Défaillance du clapet anti-retour |
| C | Défaillance des soupapes (d'admission/distribution) |
| D | Une erreur de l'opérateur(augmenter la vitesse de la pompe) |
| E | Manque graissage |
| F | Corrosion des cylindres |
| G | Défaillance de la vanne (bloquée/fermé) |
| H | Erreur de l'opérateur (omission) |

Dans Tableau III.5 nous avons donné un code pour chaque évènement de base l'arbre de défaillance, ce qui nous permet d'extraire plus facilement les calculs de probabilité de l'évènement sommet et les coupes minimales ainsi que les facteurs d'importance.

Tableau III.6 : Probabilités relatives aux événements de base (source : retour d'expérience).

| évènement | A | B | C | D | E | F | G | H |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| probabilité | 2/12 | 2/12 | 1/12 | 1/12 | 2/12 | 1/12 | 2/12 | 1/12 |

Tableau III.6 montre les valeurs de probabilités accordées aux événements de base de notre arbre de défaillance, traduites à partir des valeurs moyennes du nombre d'occurrence de ces évènements au cours de 12 mois issues du retour d'expérience.

Les données du Tableau III.6 sont déposées en termes de fréquences (Voir Tableau III.6).

➤ **Calcul de la probabilité.**

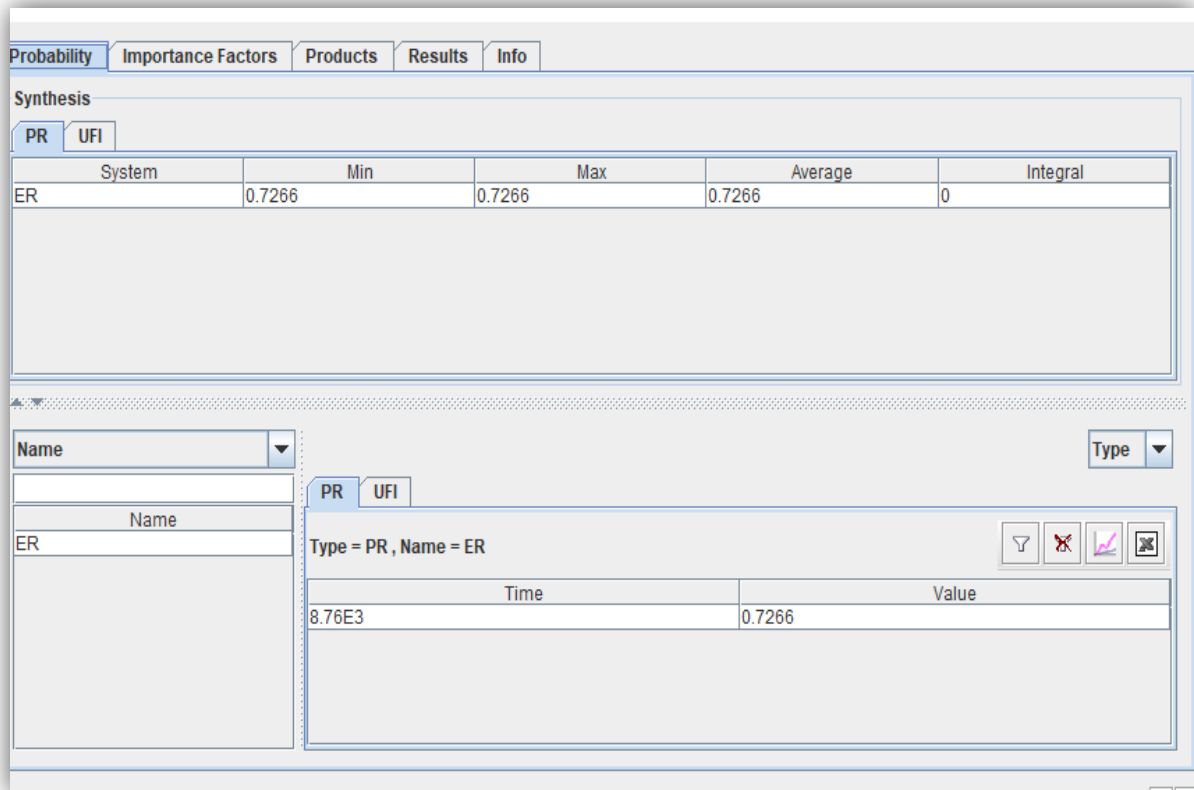


Figure III.4: Calcul de la probabilité.

La valeur de la probabilité de l'accident « éclatement de pompe » sont mentionnées dans le tableau III.7.

Tableau III.7 : Probabilité et fréquence de l'événement sommet

| temps | probabilité |
|-------|-------------|
| 8760 | 0,7266 |

➤ Les coupes minimales :

Tableau III.8 : Liste des coupes minimales

| L'ordre | Coupes |
|---------|--------|
| 2 | E, H |
| 2 | E, G |
| 2 | B, E |
| 2 | C, E |
| 2 | D, E |
| 2 | F, H |

Chapitre III : Analyse des risques liés à l'activité de jaugeage

| | |
|---|------|
| 2 | F, G |
| 2 | B, F |
| 2 | C, F |
| 2 | D, F |

Dans le Tableau III.8, nous avons extrait les coupes minimales, en vue d'identifier les chemins critiques vers l'événement sommet « Eclatement de la pompe ». Ils fournissent une approche systématique de l'analyse des défaillances et de l'évaluation des risques, ce qui est essentiel dans de nombreux domaines tels que l'ingénierie des systèmes, la gestion des risques.

Remarque :

Ordre 2 : une paire de défaillance qui se produit en même temps, conduisant à l'événement sommet.

➤ Calcul des facteurs d'importance du système :

La figure III.5 montre les facteurs d'importance marginale (MIF) des événements de base, ce qui traduit la contribution de chaque événement à la survenance de l'accident (Voir Figure III.6).

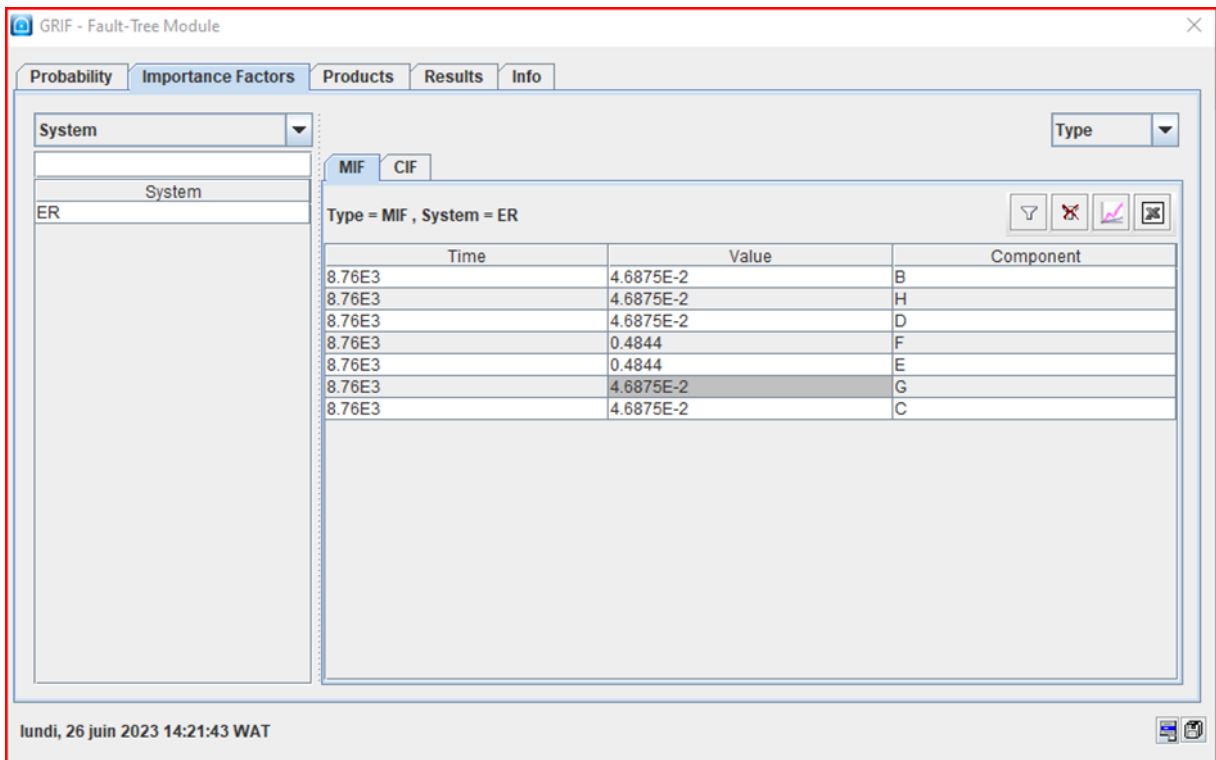


Figure III.5: Facteurs d'importance MIF.

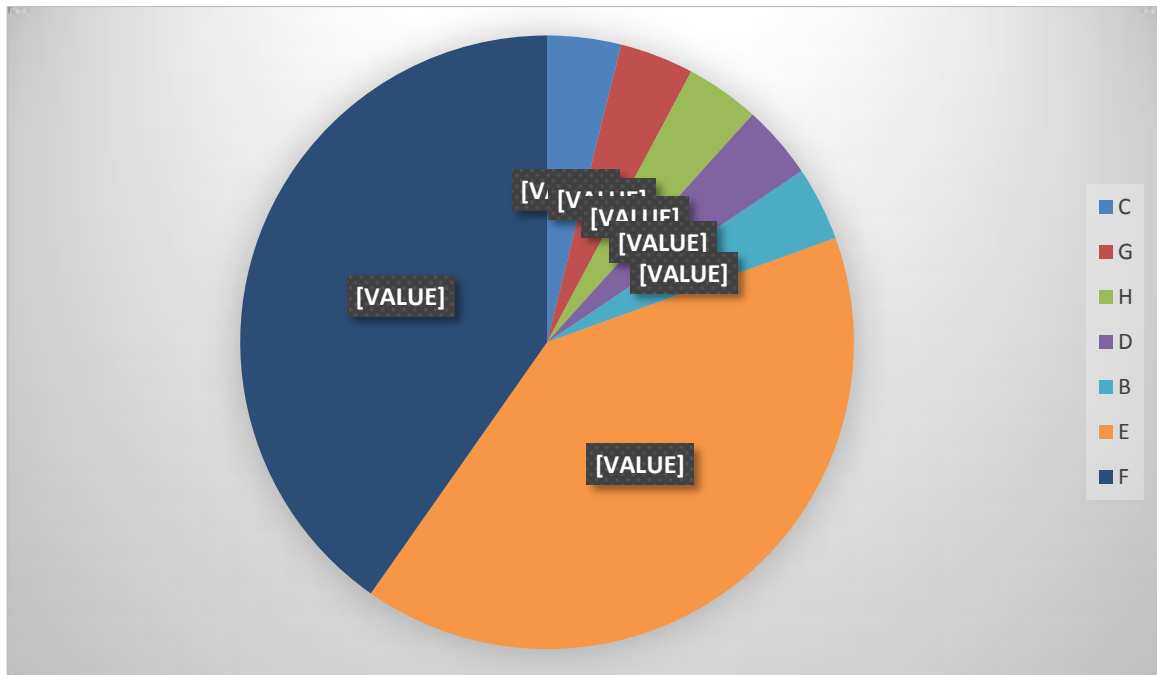


Figure III.6 : Contribution des événements selon MIF de base à la production de l'accident (Vue d'ensemble).

Dans la figure précédente, on remarque simplement que le manque de graissage de la pompe et la corrosion de leurs parties internes constituent les deux facteurs les plus importants à une défaillance catastrophique de la pompe en question à savoir l'éclatement de la pompe.

III.8. Plan de prévention :

III.8.1. Plan préventif pour protéger la pompe

Dans la figure III.7, nous proposons quelques recommandations pour l'élaboration d'un plan de prévention.

Un plan préventif pour protéger la pompe contre les dommages et l'éclatement.



- ✓ Comprendre le fonctionnement de la pompe Triplex : Familiarisez-vous avec les caractéristiques et les spécifications techniques de la pompe Triplex. Comprenez comment elle fonctionne, quelles sont ses limites de pression maximale et quels sont les risques de surpression.
- ✓ Sélection du système de contrôle de pression : telles que des soupapes de décharge, des régulateurs de pression, des dispositifs de contrôle automatique, etc.
- ✓ Maintenance préventive : Suivez les recommandations du fabricant pour la maintenance régulière de la pompe Triplex. Cela peut inclure la lubrification, le remplacement des joints d'étanchéité, la vérification des clapets anti-retour et d'autres composants essentiels. Une maintenance adéquate peut contribuer à prévenir les pannes et les situations de surpression.
- ✓ Formation du personnel : Assurez-vous que le personnel chargé de l'exploitation et de la maintenance de la pompe Triplex est correctement formé.
- ✓ Surveiller et enregistrer les données : Mettez en place un système de surveillance des paramètres de fonctionnement de la pompe Triplex, tels que la pression, le débit, les températures, etc. Cela vous permettra de détecter les signes de surpression potentielle et de prendre des mesures correctives à temps.
- ✓ Réagir rapidement en cas de surpression : comme arrêter la pompe, ajuster les soupapes de décharge ou utiliser les dispositifs de contrôle automatique.
- ✓ Suivi des incidents : Enregistrez tous les incidents de surpression et effectuez une analyse pour identifier les causes sous-jacentes.
- ✓ Lubrification adéquate : Assurez-vous que les pistons et les surfaces de contact sont correctement lubrifiés.
- ✓ Nettoyage du système : Veillez à maintenir le système propre et débarrassé de tout débris ou particules étrangères qui pourraient provoquer un coincement des pistons. Utilisez des filtres appropriés et assurez-vous que les conduites sont bien entretenues.

Figure III.7. Plan de prévention.

Le plan de prévention dans l'opération de jaugeage dépend du contexte spécifique de l'opération et des risques associés. Cependant, voici quelques éléments généraux qui peuvent être inclus dans un tel plan :

Chapitre III : Analyse des risques liés à l'activité de jaugeage

- Évaluation des risques :
 - Identifiez les risques potentiels liés à l'opération de jaugeage, tels que les risques d'explosion, les risques de déversement, etc. Évaluez la gravité de chaque risque et déterminez les mesures de prévention appropriées.
- Formation :
 - Assurez-vous que les personnes impliquées dans l'opération de jaugeage ont reçu une formation adéquate sur les procédures de sécurité, les équipements de protection individuelle (EPI) nécessaires, les techniques de jaugeage, et les mesures d'urgence en cas d'incident.
- Équipement de protection individuelle (EPI) :
 - Identifiez les EPI nécessaires, tels que des gants, des lunettes de protection, des combinaisons étanches, des casques, etc.
 - Assurez-vous que chaque personne dispose de l'équipement approprié et sait comment l'utiliser correctement.
- Procédures de jaugeage sécurisées :
 - Établissez des procédures claires et sécurisées pour effectuer le jaugeage, en tenant compte des mesures de sécurité appropriées. Cela peut inclure des méthodes spécifiques de manipulation des instruments de jaugeage, des directives pour éviter les déversements, etc.
- Contrôles d'ingénierie :
 - Mettez en place des contrôles d'ingénierie pour réduire les risques, tels que des systèmes de ventilation adéquats pour les gaz potentiellement dangereux, des dispositifs de confinement des déversements, etc.
- Communication :
 - Établissez des protocoles de communication clairs entre les membres de l'équipe d'opération de jaugeage et avec les autres parties concernées, afin de signaler les problèmes, les incidents ou les situations d'urgence.
- Procédures d'urgence :
 - Développez des procédures d'urgence détaillées pour faire face aux incidents potentiels, tels que les fuites, les déversements ou les blessures.
 - Assurez-vous que tous les membres de l'équipe sont familiarisés avec ces procédures et qu'ils savent comment réagir de manière appropriée.
- Suivi et évaluation :
 - Effectuez des évaluations régulières pour s'assurer que les mesures de prévention sont mises en œuvre correctement et sont efficaces. Si des problèmes ou des lacunes sont identifiés, prenez des mesures correctives immédiates.

Conclusion générale

En conclusion, la méthode HAZOP (Hazard and Operability Study) et l'arbre de défaillance sont deux approches complémentaires et efficaces pour l'analyse des risques industriels et la sécurité des systèmes.

La méthode HAZOP permet d'identifier les dangers potentiels et d'évaluer les conséquences des défaillances dans un système en examinant systématiquement les opérations, les procédures et les conditions anormales. Elle se concentre principalement sur les causes des défaillances et les conséquences associées.

D'autre part, l'arbre de défaillance est une technique d'analyse qui se concentre sur les conséquences des défaillances et sur la manière dont elles se propagent à travers un système.

Il permet de visualiser de manière structurée les différents scénarios de défaillance, en identifiant les causes et les facteurs contributifs qui peuvent conduire à des événements indésirables.

Ces deux méthodes peuvent être utilisées conjointement pour une évaluation plus approfondie des risques. L'approche HAZOP peut aider à identifier les défaillances potentielles et les scénarios de déviation, tandis que l'arbre de défaillance peut être utilisé pour modéliser et analyser les conséquences de ces défaillances.

En combinant ces approches, on peut obtenir une meilleure compréhension des risques associés à un système donné, en identifiant les défaillances critiques, leurs causes et leurs conséquences. Cela permet aux ingénieurs et aux professionnels de la sécurité d'élaborer des mesures préventives et des stratégies d'atténuation des risques plus ciblées et efficaces.

Bibliographie :

1. [1] Alain Desroches, « Concepts et méthodes probabilistes de base de la sécurité », France, 1995, P1.
2. [2] IEC 61508, « Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic (E/E/PE) safety related systems », International Electro-Technical Commission (IEC), 1998.
3. [3] OHSAS 18001, Système de management de la santé et de la sécurité au travail-exigences - BSI, 2007, P2-4.
4. [4] Pierre David Pierre, « Management des Risques Industriels », Année 2010 à 2011, Grenoble INP, génie industrielle, P13.
5. [5] BIT, 1991 « Prévention des accidents industriels majeurs. Recueil de directives pratiques » Genève, P4.
6. [6] Sécurité A. Desroches, A. Leroy, and F. Vallée, « La gestion des risques : principes et pratiques » 3ème édition, Lavoisier, France, 2003.
7. [7] ISO, « Management du risque : Vocabulaire, Principes directeurs pour l'utilisation dans les normes », Organisation internationale de normalisation, 2002
8. [8] INERIS – DRA – 2006-P46055-CL47569 : Ω 7 : Méthodes d'analyse des risques générés par une installation industrielle.
9. [9] 2MUNOZ Jorge. L'accident du travail. De la prise en charge au processus de reconnaissance, presse Universitaires de Rennes, Rennes 2002, P 11.p 14.
10. [10] Brochure : Dr. Bounie polytech'LILLE-IAAL l'usine agro-alimentaire
11. [11] <file:///C:/Users/Administrator/Downloads/Feddaoui-Youcef-Merabet-Imed-Eddine.pdf> , p34. p39.p40.
12. [12] Documents de sonatrach 2010.
13. [13] D.Perrin 2000, Les essais de puits : objectif, Matérielle et déroulement général, ENSPM 2000.
14. [14] A. Alessia, T. Alssendro, 2004, well testing-Manuel, Eni S.P.A Exploration & Production division, 2004.
15. [15] Design et interprétation des tests, activité amont Devisions production direction régionale HMD
16. [16] Messaoudi Hamza, Gouarahe Mohamed, Les essais de puits en surface, Université kasdi merbah d'Ouargla, Départements d'hydrocarbure et de géologie
17. [17] J.P.Nguyen, Le forage, Edition Technip-paris, 1993.

Bibliographies

18. [18] Schlumberger services, well testing interprétation méthode, 1996.
19. [19] Schlumberger service, Introduction to well testing, Shlumberger Drive sugar Land, texas77478, 2000.
20. [20] Cours Les essais du puits et les interprétations des donnes de test, Université kasdi merbah d'Ouargla, Départements d'hydrocarbure et de géologie.
21. [21] Mémoire fin d'étude, Dimensionnement d'un séparateur flash en tête de puits avec un système de recombinaison des effluents et test sur champ 2020, Université kasdi merbah d'Ouargla.
22. [22] Rapport d'accident, Sonatrach, 2019.

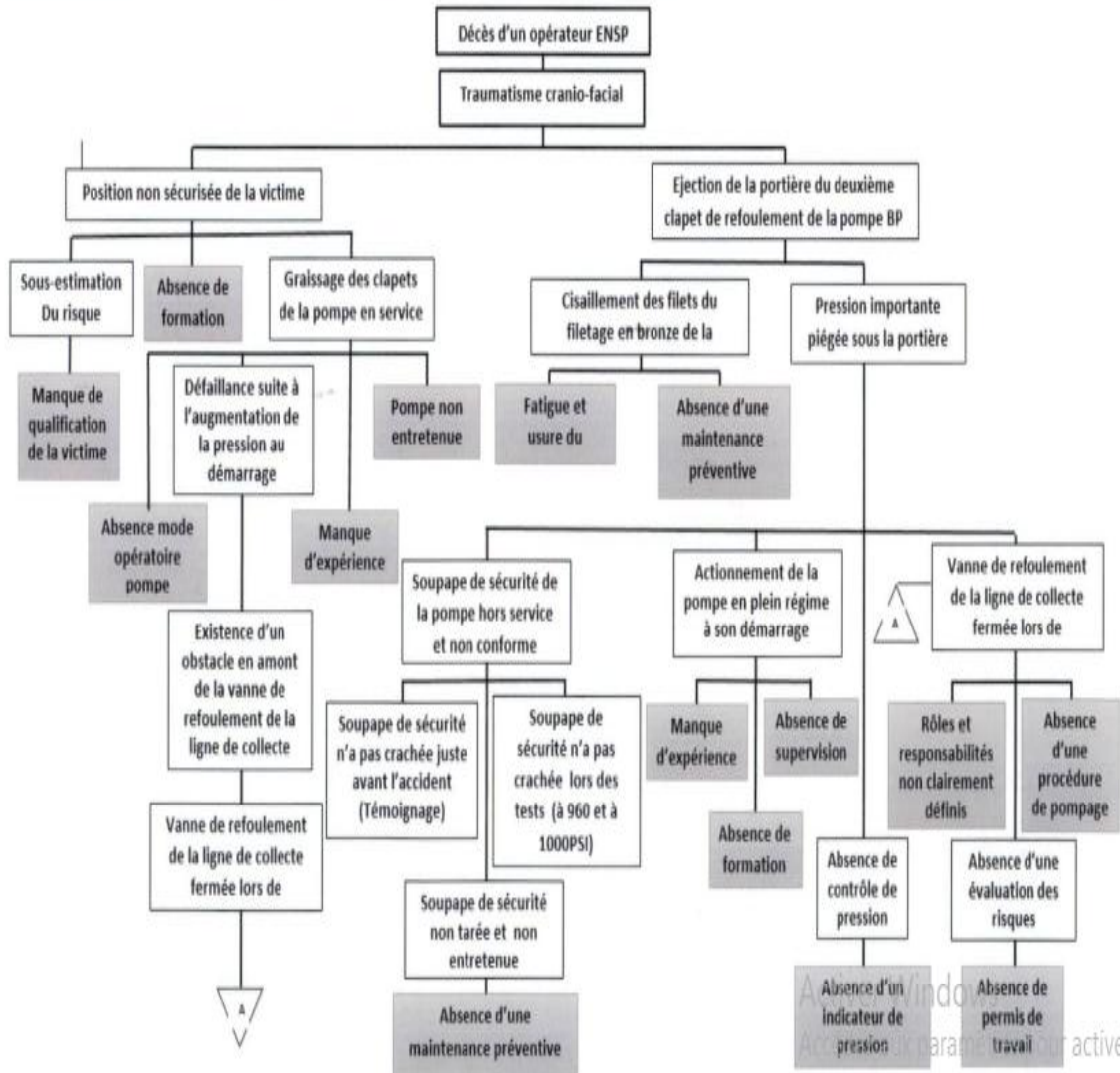
Références des figures :

1. [12] NOUHED ACHOURI, apport de la logique floue á l'analyse de criticité des risques industriels, Mémoire de Magister en Hygiène et Sécurité Industrielle soutenue à L'université Université Hadj Lakhdar de Batna, 2009, P6.
2. [13] ISO, « Aspects liés à la sécurité : Principes directeurs pour les inclure dans les normes », Organisation internationale de normalisation, 1999.

Annexe :

Annexe 1 :

Arbre des causes



Annexe 2 :

Pompe volumétrique triplex

