

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université 20 Août 1955-Skikda

Faculté de Technologie

Département de Génie Des Procèdes

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de master

Filière : Hygiène et sécurité industrielle

Spécialité : Hygiène et sécurité industrielle

Thème :

**Evaluation de la sécurité et de la conformité
réglementaire et technique d'un équipement sous-
pression**

**Cas du : laboratoire ciments pétroliers /Sonatrach
HMD**

Réalisé par :

LAIFA Saber Abdelkrim

Encadré par :

Dr LAMRAOUI Sabrina

Devant Le Jury Compose De :

President

Dr BENAÏSSA Amina

Université du 20 AOUT 1955 SKIKDA

Examineur

Dr BENAÏSSA Amina

Université du 20 AOUT 1955 SKIKDA

**SOUTENU LE : 03/04/2026
Année Universitaire : 2025-2026**

Abstract

In the oil and gas industry, where safety and regulatory requirements continue to increase, ensuring the integrity of industrial equipment has become a major challenge due to the potential human, environmental, and economic consequences of equipment failure. This study focuses on the safety and regulatory compliance assessment of the Consistometer, a pressure vessel used in the Oilwell Cement Laboratory of the Central Laboratory and Cartography Directorate within SONATRACH's Exploration and Production Division. The main objective was to verify the equipment's compliance with the Algerian regulations governing gas pressure equipment, particularly Executive Decree No. 90-245, while also assessing its conformity with the manufacturer's technical specifications. In addition, a HAZOP (Hazard and Operability Study) analysis was conducted to identify the most critical failure scenarios, evaluate their associated risks, and determine their potential impact on personnel safety and equipment reliability. The assessment revealed several technical and organizational non-conformities, as well as potential hazardous situations. Based on these findings, a set of corrective and preventive measures was proposed to strengthen operational safety, improve regulatory and technical compliance, and promote a continuous approach to risk management and prevention within the laboratory.

Keywords Pressure equipment, consistometer, regulatory compliance, technical conformity, HAZOP, risk analysis, oil and gas industry.

Résumé

Dans l'industrie pétrolière et gazière, où les exigences de sécurité et de réglementation ne cessent de croître, garantir l'intégrité des équipements industriels est devenu un défi majeur en raison des conséquences humaines, environnementales et économiques pouvant résulter d'une défaillance des équipements. Cette étude porte sur l'évaluation de la sécurité et de la conformité d'un équipement sous pression, le Consistomètre, utilisé au sein du Laboratoire de Cimentation des Puits de Pétrole de la Direction Centrale des Laboratoires et de la Cartographie de la Division Exploration-Production de SONATRACH. L'objectif principal est de vérifier la conformité de cet équipement à la réglementation algérienne relative aux appareils à pression de gaz, notamment le Décret exécutif n° 90-245, tout en évaluant sa conformité aux spécifications techniques du fabricant. En parallèle, une analyse HAZOP (Hazard and Operability Study) a été réalisée afin d'identifier les scénarios de défaillance les plus critiques, d'évaluer leur niveau de risque et d'analyser leurs effets potentiels sur la sécurité du personnel et la fiabilité de l'équipement. Les résultats de cette étude ont mis en évidence plusieurs non-conformités techniques et organisationnelles ainsi que des situations potentiellement dangereuses, conduisant à la proposition d'un ensemble de mesures correctives et préventives visant à renforcer la sécurité opérationnelle, améliorer la conformité réglementaire et technique, et soutenir une démarche continue de gestion et de prévention des risques au sein du laboratoire.

Mots-clés Équipements sous pression, consistomètre, conformité réglementaire, conformité technique, HAZOP, analyse des risques, industrie pétrolière et gazière.

ملخص

في صناعة النفط والغاز، حيث تستمر متطلبات السلامة والتنظيم في الازدياد، أصبح ضمان سلامة المعدات الصناعية تحدياً كبيراً بسبب العواقب البشرية والبيئية والاقتصادية التي قد تنتج عن فشل المعدات.

تركز هذه الدراسة على تقييم السلامة والامتثال لجهاز من معدات الضغط، وهو «الكونسيستوميتر»، المستخدم في مختبر إسمنت آبار النفط، التابع للمديرية المركزية للمختبرات ورسم الخرائط ضمن قسم الاستكشاف والإنتاج في سوناطراك.

الهدف الرئيسي من هذا العمل هو التحقق من مطابقة الجهاز للتشريعات الجزائرية المتعلقة بأجهزة ضغط الغاز، وخاصة المرسوم التنفيذي رقم 90-245، مع تقييم مدى توافقه أيضاً مع المواصفات التقنية الخاصة بالمصنّع. بالإضافة إلى ذلك، تم إجراء تحليل (HAZOP دراسة المخاطر وقابلية التشغيل (من أجل تحديد أخطر سيناريوهات الأعطال، وتقييم مستوى خطورتها، وتحليل تأثيراتها المحتملة على سلامة الأفراد وموثوقية المنشآت.

كشفت الدراسة عن عدة حالات عدم مطابقة تقنية وتنظيمية، بالإضافة إلى وضعيات خطرة محتملة. وبناءً على هذه النتائج، تم اقتراح إجراءات تصحيحية ووقائية بهدف تحسين السلامة التشغيلية، وتعزيز الامتثال التنظيمي والتقني، ودعم نهج مستمر لإدارة المخاطر والوقاية داخل المختبر.

الكلمات المفتاحية معدات الضغط، الكونسيستوميتر، الامتثال التنظيمي، المطابقة التقنية، HAZOP، تحليل المخاطر، صناعة النفط والغاز.

Je tiens avant tout à remercier Allah le Tout-Puissant pour m'avoir donné la force, la patience et la motivation nécessaires afin de mener ce travail jusqu'à son aboutissement.

Mes sincères remerciements s'adressent à mon encadrante, Mme Lamraoui Sabrina, pour son accompagnement, sa disponibilité et ses précieux conseils tout au long de ce mémoire. Sa confiance, son soutien et ses orientations m'ont beaucoup aidé dans la réalisation de ce travail.

Je remercie également les honorables membres du jury pour l'intérêt qu'ils portent à ce mémoire, ainsi que pour le temps consacré à son évaluation et leurs remarques enrichissantes.

Une pensée toute particulière va à ma famille, qui m'a toujours soutenu, encouragé et accompagné dans les moments les plus difficiles comme dans les meilleurs. Leur présence a été une véritable source de motivation. J'adresse aussi mes remerciements à mes collègues du service QHSE de la DLAB pour leur aide, leur disponibilité et la bonne ambiance de travail partagée durant cette expérience.

Enfin, un grand merci à mes amis pour leur soutien, leurs encouragements et tous les moments de motivation et de partage qui ont rendu ce parcours plus agréable.

À toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire, je tiens à exprimer ma profonde gratitude.



Dédicace

*Je dédie ce travail, avant tout, à la mémoire de mon père.
Que Dieu lui accorde Sa miséricorde et l'accueille dans Son vaste paradis.*

*À ma très chère mère,
aucun mot ne pourra vraiment remercier tout ce qu'elle a fait pour moi. Pour son amour, sa patience et son soutien de chaque instant.*

*À mes sœurs,
les meilleures sœurs que l'on puisse avoir, merci pour votre présence, vos encouragements et tous les moments où vous avez su me redonner confiance et motivation.*

J'adresse également une pensée particulière à Monsieur Abdelatif Touaitia, ingénieur sécurité à la DLAB, pour son soutien moral, sa disponibilité et son aide précieuse durant tout le parcours de ce mémoire.

Enfin, je dédie ce travail à toute la promotion HSI 2026, avec qui j'ai partagé des années d'apprentissage, d'efforts, de solidarité et de très beaux souvenirs.

À toutes les personnes qui occupent une place chère dans mon cœur.

LISTE DES FIGURES

Figure	Page
Figure I.1 : Positionnement de la Direction Laboratoire & Carothèque (DLCC)	11
Figure I.2 : Structure organisationnelle de la Direction DLCC	12
Figure I.3 : réception des carottes et des cuttings	13
Figure I.5 : carottes	14
Figure I.4 : préparation des plugs	14
Figure I.6 : laboratoire Dean Stark	14
Figure I.7 : Gamma Ray Spectral	15
Figure I.8 : traitement des images	15
Figure I.9 : Filtre UV	15
Figure I.10 : Core Scan 360o	16
Figure I.12 : ULTRA porosimètre	16
Figure I.11 : ULTRA porosimètre	16
Figure I.13 : HANGARE	17
Figure I.14 : laboratoire traitement des eaux	18
Figure I.15 : laboratoire Ciments Pétroliers de la DLCC	22
Figure I.16 : Densimètre pressurisé FANN – Model 141	23
Figure I.17: Blender Chandler – Model 3260	23
Figure I.18 : Rhéomètre atmosphérique Chandler – Model 3530	24
Figure I.19: Filtre presse HPHT – Stirred Fluid Loss Model 7120	24
Figure I.20: Consistomètre HPHT Chandler – Model 8040D10	25
Figure I.21 : Consistomètre atmosphérique Chandler – Model 1200	25
Figure I.22: Curing Chamber HPHT – Model 1910 & Compressive Strength Tester – Model 4207D	26
Figure I.23 : ULTRASONIC Cement analyser	26
Figure I.24 : le processus physique du danger.	28
Figure II.25 : Mode de recherche inductive.	35
Figure II.26 : représentation de la méthode APR	37
Figure II.27 : Représentation de l'arbre de défaillance	38
Figure II.28 : Représentation de l'arbre des causes	39
Figure II.29 : Représentation de l'arbre d'évènement.	40
Figure II.30 : Représentation de la méthode AMDE ou de la méthode AMDEC[30].	41
Figure II.31 : représentation de scénario d'accident selon le modèle de nœud papillon.	42
Figure II.32 : Vision globale de la méthodologie MOSAR	47
Figure III.33 : Panel électrique du Consistomètre 8040D1	67
Figure III.34 : Lay-out panel du Consistomètre 8040D10	68

Figure III.35 : Checklist dévaluation de la conformité technique	71
Figure III.36 : Checklist dévaluation de la conformité réglementaire	73
Figure III.37 : actigramme de la déviation surpression dans la cellule	77
Figure III.38 : actigramme de la déviation surchauffage dans la cellule	79

LISTE DE TABLEAUX

Tableau	Page
Tableau I.1 : les laboratoires de la DLCC	19
Tableau II.2 : légende des événements figurant sur le modèle du nœud papillon .	43
Tableau II.3 : exemple de tableau d'application de la méthode what-if.	49
Tableau II.4 : Grille d'évaluation des caractéristiques des méthodes analytiques	49
Tableau II.5 : Signification des mots guide.	54
Tableau II.6 : Exemples de paramètres de la méthode HAZOP.	54
Tableau II.7 : Exemple de matrices potentielle des mots guide et des paramètres.	56
Tableau II.8 : Rôle Equipe d'étude HAZOP.	60
Tableau II.9 : Liste d'équipements sous pression de la DLCC	65
Tableau III.10 : Spécifications techniques	69
Tableau III.11 : Documents de référence	72
Tableau III.12: Procedure Thickening Time	77
Tableau III.13: METHODE SADT	78
Tableau III.14 : tableau récapitulatif n.01	81
Tableau III.15 : tableau récapitulatif n.02	83
Tableau III.16 : tableau récapitulatif n.03	84
Tableau III.17 : tableau récapitulatif n.04	85
Tableau III.18 : Plan action	87

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ALARP As Low as Reasonably Practicable

AMDEC / FMEA Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité / Failure Modes and Effects Analysis

API American Petroleum Institute

APR / PHA Analyse Préliminaire des Risques / Preliminary Hazard Analysis

AT Accident du Travail

ATEX Atmosphères Explosives

BIT Bureau International du Travail

CCPS Center for Chemical Process Safety

CMS Core Measurement System

CT Scan Computed Tomography Scan

DLAB (D-LAB) Division Laboratoires

DLCC Direction des Laboratoires et de la Carothèque Centrale

DUERP Document Unique d'Évaluation des Risques Professionnels

E&P Exploration & Production

EPC Équipements de Protection Collective

EPI Équipements de Protection Individuelle

ESP Équipements Sous Pression

ETA Event Tree Analysis (Analyse par Arbre d'Événements)

FTA Fault Tree Analysis (Analyse par Arbre de Défaillance)

GRI Gas Research Institute **HAZID**

Hazard Identification

HAZOP Hazard and Operability Study

HP/HT High Pressure / High Temperature

HSE Hygiène, Sécurité, Environnement

IEC International Electrotechnical Commission

ICP Inductively Coupled Plasma

INRS Institut National de Recherche et de Sécurité

ISO International Organization for Standardization

LOPA Layer of Protection Analysis

MP Maladie Professionnelle

MSCL Multi-Sensor Core Logger

MOC Management of Change

NMR Nuclear Magnetic Resonance

P&ID Piping and Instrumentation Diagram

PFD Process Flow Diagram

PGP Principes Généraux de Prévention

PVT Pressure Volume Temperature

QHSE Qualité, Hygiène, Sécurité, Environnement

QRA Quantitative Risk Assessment

RPN Risk Priority Number

RPS Risques Psychosociaux

SIMDUT Système d'Information sur les Matières Dangereuses Utilisées au Travail

SONATRACH Société Nationale pour la Recherche, la Production, le Transport, la Transformation et la Commercialisation des Hydrocarbure

TABLE DE MATIERE

DEDICACE

LISTE DES FIGURES

LISTES DES TABLEAUX

LISTE DES ABREVIATION

INTRODUCTION GENERALE	1
-----------------------------	---

CHAPITRE I : PRESENTATION DE L'ORGANISME

I.1	INTRODUCTION	2
I.2	HISTORIQUE	2
I.3	PRÉSENTATION DES ACTIVITES DE SONATRACH	3
I.4	ACTIVITÉ EXPLORATION ET PRODUCTION	3
	I.4.1Présentation de l'activité exploration et production	3
	I.4.2Les missions de l'activité exploration et production	4
I.5	LES STRUCTURE DE L'ACTIVITE EXPLORATION ET PRODUCTION	4
	I.5.1Structures Fonctionnelles	4
I.6	DIVISION LABORATORIES (DLAB)	5
	I.6.1Présentation générale de la division laboratoires	5
	I.6.2Les directions de la DLAB	6
	I.6.2.1 Directions administratives	6
	I.6.2.2 Direction technique	6
	I.6.2.3 Direction gisement	6
	I.6.2.4 Direction géologie	7
I.7	LA STRUCTURE D'AFFECTATION LA DIRECTION LABORATOIRES ET CARTOTHEQUE CENTRALE DLCC	7
	I.7.1Repères géographiques	8
	I.7.2Constitution de l'établissement	8
	I.7.3Mode de construction	8
	I.7.4Position Macro de la DLCC	9
	I.7.5Missions de la Direction DLCC	10
	I.7.6Les Activates principales.....	11
	I.7.7Missions Service Sécurité et environnement	16
	I.7.8Laboratoires de la DLCC	17
I.8	LABORATOIRE CIMENTS PÉTROLIERS	18
	I.8.1Équipements du laboratoire Ciments Pétroliers	19

CHAPITRE II : CADRE THEORIQUE

II.1	INTRODUCTION	23
------	--------------------	----

II.2 NOTIONS ET DEFINITIONS	23
II.2.1 Notion du danger	23
II.2.2 Notion du risque	24
II.2.3 Le risque professionnel	24
II.2.4 La gestion du risque	24
II.2.5 La tolérance face au risque	24
II.2.6 Accident de travail	24
II.2.7 Maladie professionnelle	25
II.2.8 Conformité	25
II.2.9 La conformité réglementaire	25
II.2.10 Évaluation de la conformité réglementaire	25
II.3 CLASSIFICATION DES RISQUES	25
II.3.1 Danger d'incendie et d'explosion	25
II.3.2 Risques mécaniques	26
II.3.3 Risques liés à l'électricité	26
II.3.4 Risques liés aux radiations	26
II.3.5 Risques chimiques	27
II.3.6 Risques ergonomiques	27
II.4 ÉVALUATION DES RISQUES	27
II.4.1 Définition de l'évaluation des risques	27
II.4.2 Typologie des méthodes d'analyse des risques	27
II.4.2.1 Méthode quantitative	27
II.4.2.2 Méthode semi quantitative	28
II.4.2.3 Méthode Qualitative	28
II.4.3 Démarche inductive et démarche déductive	28
II.4.3.1 Méthode inductive	29
II.4.3.2 Méthode déductive	29
II.4.4 Panorama des méthodes d'analyse de risque	30
II.4.4.1 L'Analyse Préliminaire de Risque –	30
II.4.4.2 Descriptif de l'APR	31
II.4.4.3 Arbre de défaillance	31
II.4.4.4 Arbre des causes	32
II.4.4.5 Arbre d'événements	33
II.4.4.6 Analyse des Modes Défaillance, de leurs Effets (AMDE)	33
II.4.4.7 Analyse des Modes Défaillance de leurs effets et de leur criticité (AMDEC)	34
II.4.4.8 Synthèse de l'AMDEC	34
II.4.4.9 La méthode Nœud Papillon	34
II.4.4.10 Hazard and Operability Study (HAZOP)	36
II.4.4.11 Méthode LOPA	37
II.4.4.12 Méthode Organisée et Systémique d'Analyse des Risques (MOSAR)	38
II.4.4.13 La méthode d'analyse WHAT-IF	40

II.4.5	Critères de choix d'une méthode d'analyse de risque	42
II.5	LA METHODE HAZOP	43
II.5.1	Historique de la méthode HAZOP	43
II.5.2	Définition de L'HAZOP	43
II.5.3	Principe de L'HAZOP	44
II.5.4	L'objectif de L'HAZOP.....	47
II.5.5	Déroulement de L'HAZOP	47
II.5.6	Équipe d'étude HAZOP	49
II.5.7	Informations utilisées dans l'étude HAZOP	50
II. 5.8	Avantages et limites de la méthode	50
II.6	CONCLUSION	50

CHAPITRE III : EVALUATION DE LA SECURITE ET DE LA CONFORMITE REGLEMENTAIRE ET TECHNIQUE DUN EQUIPEMENT SOUS-PRESSION.

III.1	INTRODUCTION	52
III.2	SEGMENTATION, PRESENTATION DU DISPOSITIF, RECHERCHE ET ANALYSE DE DOCUMENTS	53
III.2.1	Segmentation	53
III.2.2	Présentation du matériel sujet à l'analyse LE CONSISTOMETRE HP/HT Chandler ...	54
III.2.3	Caractéristiques techniques de l'équipement	56
III.2.4	Emploi du consistomètre pour les tests de ciment	56
III.2.5	Entretien et Sécurité	56
III.2.6	Mode Opératoire Du Consistomètre	57
III.2.7	Exécution de l'essai	57
III. 2.8	Fin du test	57
III.3	REALISATION DE L'EVALUATION ET ANALYSE CRITIQUE DES ECARTS	58
III.3.1	Mise en œuvre de la méthode HAZOP	61
III. 3.2	Étape de préparation HAZOP pour le système HP/HT Chandler du Consistomètre.....	61
III.4	LA METHODE DE CONDUITE DU TEST API RP 10B-2	61
III. 4.1	Procédure Thickening Time	62
III.5	IDENTIFICATION DES SCENARIOS POSSIBLE PAR LA METHODE HAZID.....	63
III.5.1	PARAMÈTRE 1	64
III.5.2	Paramètre 2	65

PRESSION

Température

III.5.3	Paramètre	3	Température	
				66
III.5.4	Paramètre	4	données de teste	
				66
III.6	MESURES DE MISE EN SECURITE ET EN CONFORMITE DE L'EQUIPEMENT			
				63
III.7	CONCLUSION			
				70
CONCLUSION GENEERLE				71

Dans l'industrie pétrolière, la sécurité des installations et la fiabilité des équipements occupent une place centrale, car elles conditionnent à la fois la protection des personnes, la performance économique et la préservation de l'environnement. Les équipements sous pression, largement utilisés dans les opérations de production, de raffinage et de stockage, représentent un enjeu particulier : mal maîtrisés ou insuffisamment contrôlés, ils peuvent devenir une source importante de risques industriels. Une défaillance peut entraîner non seulement des arrêts de production, mais aussi des incidents graves mettant en danger les opérateurs et les installations.

C'est dans cette perspective que s'inscrit ce travail, réalisé au sein du Laboratoire des Ciments Pétroliers de SONATRACH. Cette étude poursuit deux objectifs principaux : d'une part, vérifier la conformité réglementaire d'un équipement sous pression par rapport au décret exécutif n° 90-245 ; d'autre part, analyser les risques associés à son fonctionnement à l'aide de la méthode HAZOP. Enfin, des mesures correctives et des actions d'amélioration seront proposées afin de renforcer la sécurité, la conformité et la fiabilité de l'équipement étudié.

Afin d'atteindre ces objectifs, ce mémoire est structuré en trois chapitres complémentaires :

- **Le premier chapitre** est consacré à la présentation de l'organisme d'accueil. Il décrit le groupe SONATRACH, l'activité Exploration & Production, la Division Laboratoires (DLAB), la Direction des Laboratoires et de la Carothèque Centrale (DLCC), ainsi que le laboratoire des ciments pétroliers. Une présentation des principaux équipements du laboratoire est également réalisée, avec un intérêt particulier porté au consistomètre HP/HT.
- **Le deuxième chapitre** présente le cadre théorique de l'étude. Il expose les notions fondamentales relatives aux dangers, aux risques, à la gestion des risques, à la conformité réglementaire ainsi qu'aux différentes méthodes d'analyse des risques utilisées dans l'industrie. Une attention particulière est accordée à la méthode HAZOP, retenue comme principal outil d'identification et d'évaluation des scénarios de défaillance.
- **Le troisième chapitre** est consacré à la partie pratique de l'étude. Il présente le consistomètre HP/HT, ses caractéristiques techniques et son fonctionnement, puis décrit la démarche adoptée pour l'évaluation de sa conformité réglementaire et technique. Ce chapitre expose

ensuite les résultats de l'analyse HAZOP, identifie les principaux scénarios de risques et propose un ensemble de mesures correctives et préventives destinées à renforcer la sécurité, la conformité réglementaire et la fiabilité de l'équipement.

Enfin, ce mémoire s'achève par une conclusion générale qui synthétise les principaux résultats obtenus, met en évidence les apports de cette étude et présente les perspectives d'amélioration envisageables pour la gestion de la sécurité des équipements sous pression au sein du laboratoire.

Problématique

Comment assurer à la fois la conformité réglementaire et technique d'un équipement sous pression en milieu industriel pétrolier, tout en maîtrisant les risques liés à son exploitation ?

Objectifs de l'étude

- I.** Vérifier la conformité réglementaire de l'équipement sous pression étudié.
- II.** Évaluer sa conformité technique par rapport aux exigences du fabricant.
- III.** Identifier et analyser les risques liés à son exploitation à l'aide de la méthode HAZOP.
- IV.** Déterminer les scénarios de défaillance les plus critiques.
- V.** Proposer des mesures correctives et préventives afin de renforcer la sécurité et la fiabilité de l'équipement.

CHAPITRE I :
PRESENTATION DE L'ORGANISME

I.1 Introduction

Depuis l'accession de l'Algérie à l'indépendance, l'État algérien a fait le choix stratégique d'exploiter ses ressources naturelles, en particulier hydrocarbures, afin d'assurer sa souveraineté énergétique et le développement économique du pays. Dans ce cadre, la Société Nationale pour la Recherche, la Production, le Transport, la Transformation et la Commercialisation des Hydrocarbures (SONATRACH) a été créée par le décret 63-491 du 31 décembre 1963, en vue de structurer et de piloter l'ensemble des activités du secteur pétrolier et gazier au service de l'intérêt national.

En quelques décennies, SONATRACH est devenue un acteur majeur non seulement sur l'échiquier énergétique algérien mais également au niveau continental et mondial. Classée aujourd'hui comme la première entreprise d'Afrique, elle joue un rôle essentiel dans l'approvisionnement énergétique du marché national, l'accroissement et la conservation des réserves d'hydrocarbures, ainsi que la valorisation et la commercialisation des produits pétroliers et gaziers.

I.2 Historique

La société SONATRACH a été instituée en décembre 1963 et rattachée au ministère en charge de l'énergie dans l'Algérie nouvellement indépendante. À l'origine, ses missions étaient concentrées sur le transport et la commercialisation des hydrocarbures, opérant dans un contexte où les compagnies pétrolières étrangères dominaient encore l'exploitation des ressources algériennes.

À partir de 1966, grâce à des accords de coopération pétrolière avec des partenaires étrangers, notamment français, les attributions de SONATRACH se sont accrues, conduisant à la création de structures industrielles plus complexes et à une implication accrue dans les phases de recherche et de développement des gisements.

Un tournant décisif de son histoire survient avec la nationalisation des hydrocarbures le 24 février 1971, moment où l'Algérie prend le contrôle total de ses ressources, plaçant SONATRACH en position de responsabilité centrale dans la maîtrise complète de l'exploration, de la production, de la transformation et de la commercialisation des hydrocarbures.

Cette nationalisation a favorisé une croissance rapide de l'entreprise ses effectifs sont passés de quelques dizaines d'employés dans les années 1960 à plusieurs dizaines de milliers à

partir des années 2000, illustrant l'expansion de ses activités et le rôle structurant qu'elle occupe dans l'économie algérienne.

Pour renforcer son efficacité organisationnelle, SONATRACH a ensuite procédé à une réorganisation interne conduisant à la création de plusieurs entreprises industrielles et de services spécialisées, permettant une meilleure gestion par métier et une optimisation de ses performances globales.

Aujourd'hui, SONATRACH fonctionne comme une compagnie pétrolière et gazière intégrée opérant tant en aval qu'en amont et au milieu de la chaîne hydrocarbure. Elle intervient dans l'exploration-production, le transport par pipelines, la liquéfaction, le raffinage, la pétrochimie et la commercialisation à la fois sur le marché national et international.

I.3 Présentation des activités de SONATRACH

Le groupe SONATRACH couvre l'intégralité de la chaîne de valeur du secteur énergétique, structurée autour de cinq principales activités

- Exploration & Production prospection, recherche et exploitation des hydrocarbures.
- Transport par canalisation acheminement des produits hydrocarbures sur le réseau national et international.
- Liquéfaction et séparation préparation du gaz pour le marché et l'exportation.
- Commercialisation mise sur le marché des produits pétroliers et gaziers domestiques et à l'export.
- Raffinage et Pétrochimie transformation des matières premières en produits finis et intermédiaires.

Chacune de ces activités contribue à garantir tant la sécurité énergétique intérieure que la compétitivité de SONATRACH dans le contexte international.

I.4 Activité exploration et Production

I.4.1 Présentation de l'activité exploration et production

L'activité Exploration & Production (E&P) constitue le socle fondamental de la chaîne de valeur de SONATRACH. Elle regroupe les opérations de prospection, recherche, évaluation, développement et exploitation des gisements pétroliers et gaziers, et est généralement considérée comme le moteur des performances économiques et opérationnelles du groupe.

Cette activité est conduite sous l'autorité d'un vice-président dédié et a pour objectif stratégique la découverte de nouveaux champs, la valorisation maximale des ressources et l'optimisation

continue de la production. Elle opère à la fois dans des projets internes et en partenariat avec des entreprises étrangères ou co-entreprises, conformément à la législation algérienne sur les hydrocarbures.

I.4.2 Les missions de l'activité exploration et production

L'activité E&P de SONATRACH assure des missions clés qui visent à pérenniser la croissance des ressources et à renforcer la compétitivité internationale du groupe. Parmi ces missions

- Développement et exploitation durable des gisements pour une valorisation optimale des réserves.
- Prospection et recherche de nouvelles ressources hydrocarbures liquides et gazeux.
- Négociation, développement et gestion de projets internes et associés, y compris les coentreprises.
- Suivi juridique et technique des partenaires associés pour garantir le respect des obligations contractuelles et opérationnelles.
- Promotion de la recherche scientifique et organisation de conférences spécialisées pour échanger sur les défis stratégiques et technologiques.
- Ces missions visent à assurer non seulement la performance immédiate de l'activité E&P mais aussi son développement durable à long terme.

I.5 Les structure de l'activité exploration et production I.5.1 Structures Fonctionnelles

L'activité E&P s'appuie sur des directions transversales assurant le pilotage administratif, financier, technique et réglementaire

- Direction Planification, Études et Performance.
- Direction Finances.
- Direction Ressources Humaines.
- Direction Juridique.
- Direction HSE (Hygiène, Sécurité, Environnement). ▪ Cellule de Contrôle Interne.
- Service de Sûreté Interne d'Établissement.

Ces structures fonctionnelles garantissent la cohérence stratégique, la conformité réglementaire et la performance opérationnelle globale de l'activité E&P.

Les entités opérationnelles sont spécialisées par métier

- Division Exploration gestion des campagnes sismiques et recherches géologiques.
- Division Forage exécution des forages exploratoires et de développement.
- Division Production exploitation des champs actifs pour assurer les niveaux de production.

- Division Petroleum Engineering & Développement ingénierie de réservoir et optimisation de la récupération.
- Division Associations gestion des coentreprises et partenariats.
- Division Laboratoires analyses techniques et soutien scientifique.

Cette organisation en divisions opérationnelles permet une réponse adaptée et efficace aux défis spécifiques de chaque étape de la chaîne E&P.

I.6 Division Laboratories (DLAB)

I.6.1 Présentation générale de la division laboratoires

La recherche scientifique et technologique représente depuis toujours le pivot central de l'industrie pétrolière mondiale. L'extraction du pétrole brut ou du gaz naturel soulève en effet des défis technologiques complexes et multiformes ces ressources, une fois prélevées à l'état brut dans des conditions souvent extrêmes, nécessitent un traitement minutieux, des analyses poussées et des procédés de raffinage sophistiqués pour optimiser leur valorisation économique et renforcer la compétitivité des acteurs du secteur.

C'est dans cette optique stratégique que le groupe SONATRACH, conscient de l'enjeu vital de l'autonomie technologique, s'est doté de capacités internes de pointe. En 1973, il crée sa Division Laboratoires, un outil incontournable devenu un véritable atout pour la pérennité et l'expansion du groupe. Implantée stratégiquement avenue du 1er novembre à Boumerdès, cette division réunit des moyens humains hautement qualifiés et des infrastructures technologiques de pointe, entièrement dédiées aux analyses pétrochimiques, aux tests de gisements et aux innovations en matière d'exploitation.

Rattachée directement à l'activité Exploration & Production, cette entité joue un rôle clé dans le contrôle qualité des ressources, le développement de nouvelles techniques d'extraction et la maîtrise des processus amont, garantissant ainsi à SONATRACH une indépendance technologique essentielle dans un secteur dominé par la concurrence internationale.

Cette structure s'est depuis consacrée aux travaux de prestations d'études, d'essais et d'expertises dans le domaine de l'Exploration & Production pétrolier. Elle représente également l'outil scientifique et technique nécessaire à la prospection, l'exploitation et le développement des hydrocarbures. Aussi ; en se concentrant sur les travaux de laboratoires et d'études.

La division Laboratoires pourra ainsi déployer de manière plus cohérente, sa vision et sa démarche stratégique qui consiste à manifester et à renforcer sa position dans son domaine d'intervention. C'est dans ce sens que les laboratoires de Boumerdes et Hassi- Messaoud ont été regroupés en une seule entité au niveau de l'ancienne activité E&P.

Pour mener à bien ses missions, la division laboratoires dispose de 40 laboratoires, dont 30 à Boumerdes et le reste à Hassi Messaoud, Un personnel scientifique de haut niveau et un équipement de pointe.

La division entretient par ailleurs une relation durable et permanente avec le monde universitaire, à travers l'encadrement de mémoires et l'organisation de rencontres scientifiques.

La recherche scientifique et le développement technologique joueront un rôle crucial dans l'avenir du secteur. Comme les autres compagnies pétrolières, SONATRACH sera confrontée à l'impératif d'innovations technologiques pour accroître sa production.

I.6.2 Les directions de la DLAB

Les directions de la D-LABB constituent l'ossature organisationnelle et fonctionnelle assurant le pilotage administratif, technique et opérationnel des activités des laboratoires.

I.6.2.1 Directions administratives

- Direction logistique.
- Direction gestion du personnel.
- Direction finance.
- Département technique.
- Département QHSE.
- Département Juridique.
- Département Technologies de l'information. ▪ Département Consolidation et Reporting.
- Assistant Sûreté interne de l'établissement

I.6.2.2 Direction technique

I.6.2.3 Direction gisement

La direction Gisement a pour missions essentielles

- La participation à la caractérisation du réservoir et des fluides en place.

- La détermination des propriétés rhéologiques des roches réservoirs pour les besoins d'exploitation rationnelle des gisements d'hydrocarbures.
- La réalisation, en laboratoires, des études de simulation nécessaires à une meilleure exploitation des gisements d'hydrocarbures en matière de récupérations assistée, de miscibilité et de flow assurance.
- La caractérisation physico-chimique des produits pétroliers stabilise et le suivi de la qualité des huiles des machines tournantes.

I.6.2.4 Direction géologie

La direction géologie a pour missions essentielles

- La réalisation des études et des synthèses de laboratoire et/ou de terrain sur la base des aspects de sédimentologie, de stratigraphie et de géochimie nécessaires au choix, à l'évaluation et au développement des zones à potentiel pétrolier.
- La réalisation des études de géologie de réservoir et de la participation à l'optimisation des schémas de développement des gisements d'hydrocarbures et à l'amélioration de leur récupération.
- La contribution à la définition des axes d'explorations en vue de la reconnaissance et de la quantification du potentiel en hydrocarbures et méthodes géophysique, notamment la sismique.
- L'introduction de nouvelles techniques et méthodes d'analyse et d'interprétation
- La promotion et le développement de l'expertise sur des problématiques précises en collaborations avec les institutions scientifique nationales et internationales.
- La participation à la réalisation d'études intégrées en collaborations avec les sociétés spécialistes et les associés.

I.7 La structure d'affectation La Direction Laboratoires et Cartothèque Centrale DLCC

La Direction du Laboratoire et de la Carothèque Centrale (DLCC) de SONATRACH est implantée à Hassi Messaoud, dans la wilaya de Ouargla, au sud-est de l'Algérie. Cette zone constitue le principal pôle pétrolier national, où se concentrent les activités d'exploration, de forage, de production et de maintenance des installations pétrolières.

La DLCC est située à l'intérieur du complexe industriel de SONATRACH à Hassi Messaoud, à proximité immédiate des centres de production, de maintenance et des départements techniques.

Sa position géographique permet une coordination rapide avec les unités de terrain et une analyse en temps réel des échantillons provenant des puits et chantiers de forage.

La Carothèque Centrale, attenante au laboratoire, assure la conservation, la classification et l'archivage des carottes de forage issues des différents champs pétroliers exploités par SONATRACH.

Elle est équipée d'espaces climatisés et sécurisés pour garantir la traçabilité et la durabilité des échantillons géologiques, essentiels aux études de réservoirs et de géologie pétrolière.

I.7.1 Repères géographiques

- **Localisation** Zone industrielle de Hassi Messaoud, Wilaya de Ouargla
- **Coordonnées approximatives** 31°40' N, 6°04' E
- **Altitude moyenne** environ 280 m
- **Environnement** zone désertique saharienne, proche des installations pétrolières principales (base SONATRACH, sites de production et ateliers de maintenance).

I.7.2 Constitution de l'établissement

- Un hangar de stockage des carottes
- Un ensemble des laboratoires
- Ateliers
- Magasins
- Locaux des utilités
- Poste de garde
- Un nouveau laboratoire préfabriqué

I.7.3 Mode de construction

- Hangar construit en charpente métallique en un seul niveau
- Locaux en dur en un seul niveau

I.7.4 Position Macro de la DLCC

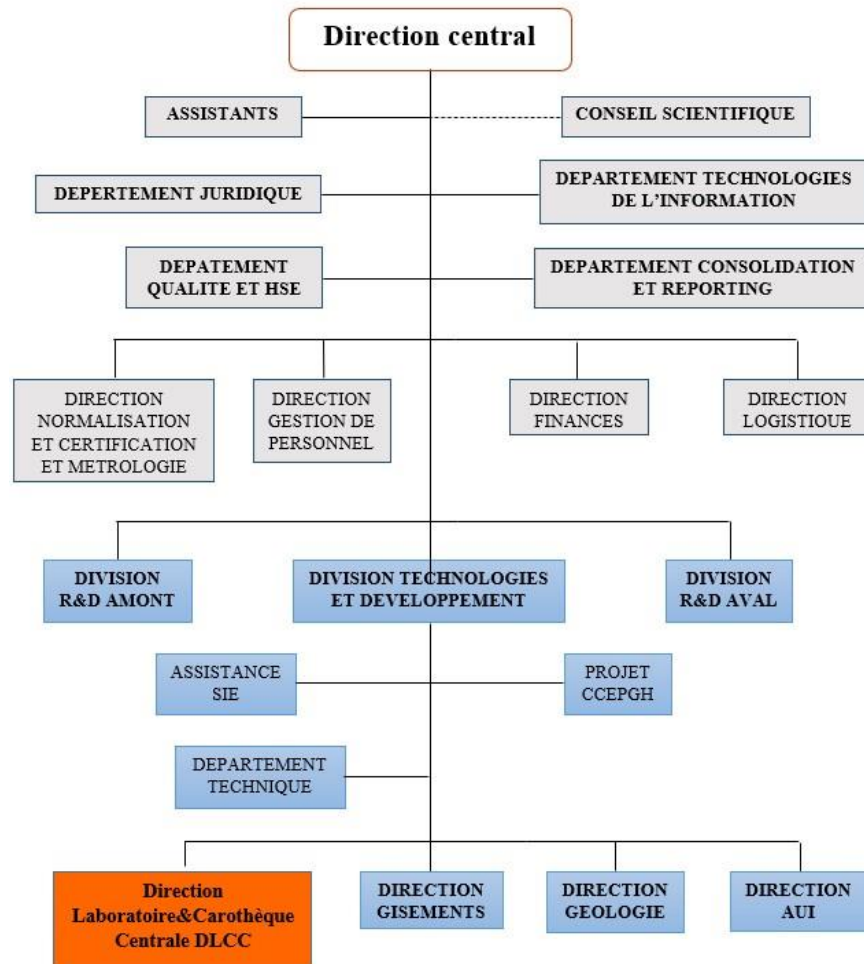


Figure I.1 Positionnement de la Direction Laboratoire & Carothèque (DLCC) Source document interne de l'entreprise

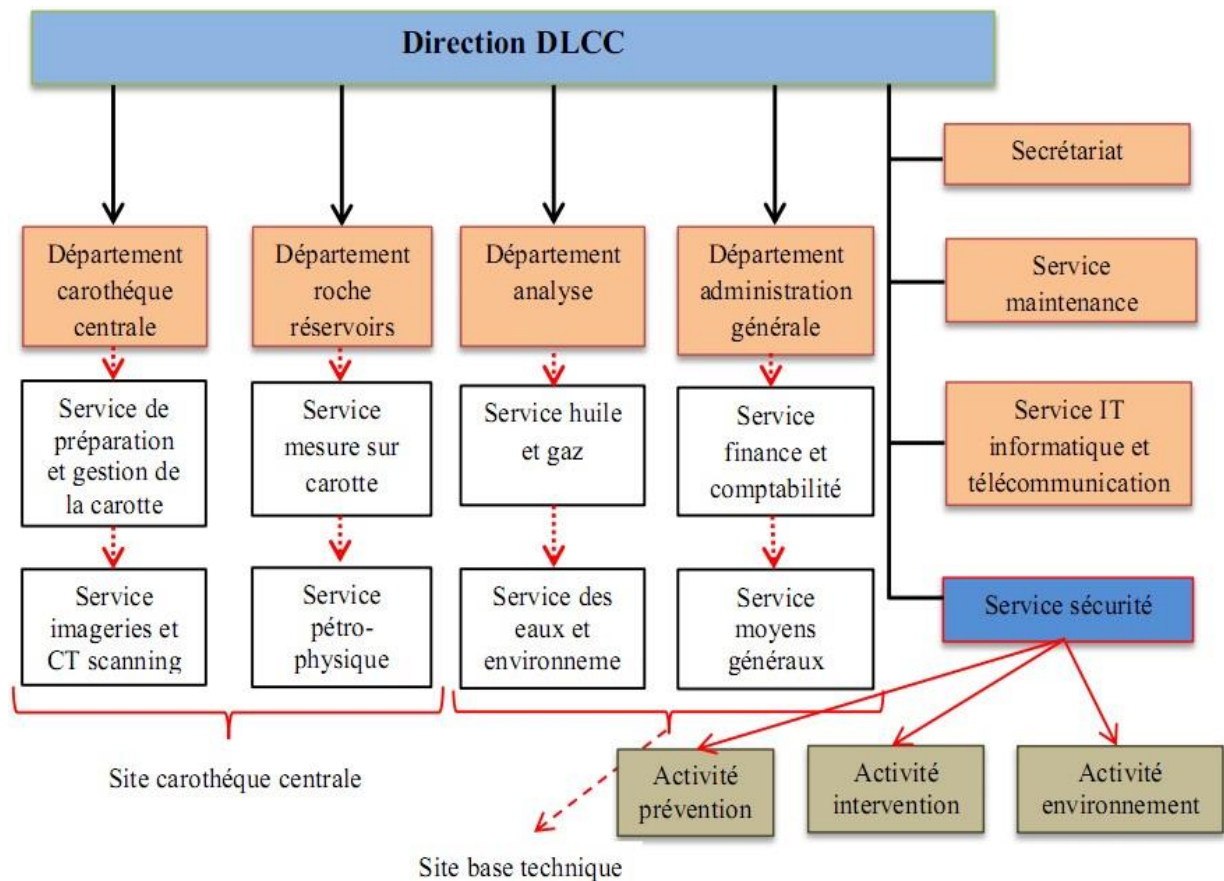


Figure I.2 Structure organisationnelle de la Direction DLCC

Source : document interne de l'entreprise

I.7.5 Missions de la Direction DLCC

- Conservation, centralisation et archivage physique du patrimoine national (carottes et déblais de forage)
- Analyses des carottes et fluides à proximité des sites opérationnels (quick analysis)
- Accomplissement des analyses de routine sur carottes
- Participation aux processus d'analyses spéciales sur carottes pour les réservoirs non conventionnels et l'assistance aux opérations d'extraction des carottes
- La prise en charge en matière d'analyse de la qualité des effluents produits au niveau des centres de traitement du brut et de gaz (SH et ses partenaires)
- Suivi et optimisation des stations de traitement des eaux potables et industrielles.
- Suivi et évaluation des traitements des rejets de forage (déblais et eaux industrielles).
- Suivi des stations de déshuilage et de traitement des eaux de process.

I.7.6 Les Activates principales

□ Réception des carottes

- La réception des carottes et des cuttings se fait systématiquement par des agents spécialisés selon un programme adéquat dépendant des objectifs prédéfinis par la structure opérationnelle.
- En moyenne 70 mètres de carottes sont reçu quotidiennement à partir des chantiers.
- Un plan d'assistance est mis en place pour l'extraction des carottes spécifiques aux tights et shales gas.



Figure I.3 réception des carottes et des cuttings

□ Traitement des carottes en amont

- Pour chaque type de puits un programme est établi, le lavage de la carotte se fait selon les normes standards puis on passe immédiatement au processus de préparation.
- Une phase de Pluggage au 1.5'' est faite immédiatement pour l'évaluation de la saturation en eau (paramètre rentrant dans l'évaluation du potentiel).



Figure I.4 carottes



Figure I.5 préparation des plugs

□ Méthode d'analyses de saturation en eau (Dean Stark)

- Des échantillons (plugs) frais sont pris en temps réel au niveau du laboratoire d'extraction des fluides afin de calculer le pourcentage d'eau retenu dans le réseau poreux.



Figure I.6 laboratoire Dean Stark

□ Analyse au Gamma Ray Spectral

- L'équipement est capable de quantifier la radioactivité naturelle de la carotte. Il permet aussi de faire une analyse spectrale en séparant les trois éléments radioactifs présents dans la roche (Thorium, Uranium et Potassium).
- Ses applications sont multiples à savoir
 - Calibrer la position de la carotte au log diagraphique pris comme mesure indirecte et calculer le shifting (calage de la carotte).
 - Avoir rapidement la première information minéralogique de la roche et faire des hypothèses sur le mode de sédimentation et l'environnement de dépôt.

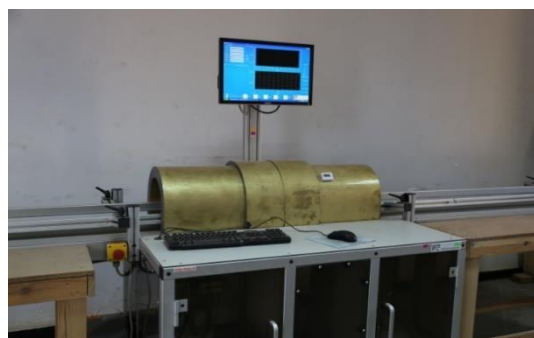


Figure I.7 Gamma Ray Spectral

□ Laboratoire d'imagerie de carottes

- Ce Laboratoire est chargé de la prise de photographies carotte à haute résolution sous lumière naturelle ou avec filtre UV pour détection des zones imprégnées d'hydrocarbures.
- Un système de photographie carotte sous 360° est aussi mis en place
- Les plugs font parfois l'objet de ce type d'analyse afin d'en faire une carte d'identité



Figure I.8 Filtre UV

□ Imagerie de carottes sous 360° et interprétations

- Les acquisitions à haute résolution sous 360° variant de 40 à 400 mégapixels.
- Cette haute résolution permet d'identifier toutes les structures sédimentaires et analyser la fracturation naturelle sur les carottes.

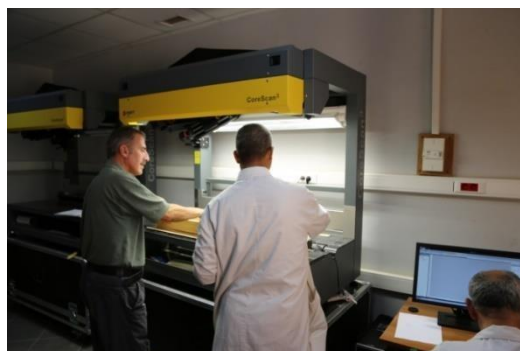


Figure I.10 Core Scan 360°

□ Porosité et perméabilité sous pression de confinement

Avec les nouvelles thématiques (tight et shales gas) et tenant compte des pressions (in situ) dans ces réservoirs, cette technique a été récemment introduite, permettant l'évaluation des paramètres pétro physiques sous conditions similaires à celles existantes dans les réservoirs.

- La précision dans les résultats offre une bonne appréciation du potentiel.



Figure I.11 ULTRA porosimètre



Figure I.12 CMS

□ Un rôle de conservation et protection du patrimoine national

- La Carothèque Centrale renferme à ce jour presque 80% du patrimoine national.
- Depuis 2008, date du début de l'opération, plus de 4800 puits ont été centralisés, soit plus de 29 000 carottes et presque 450 000 mètres stockés.

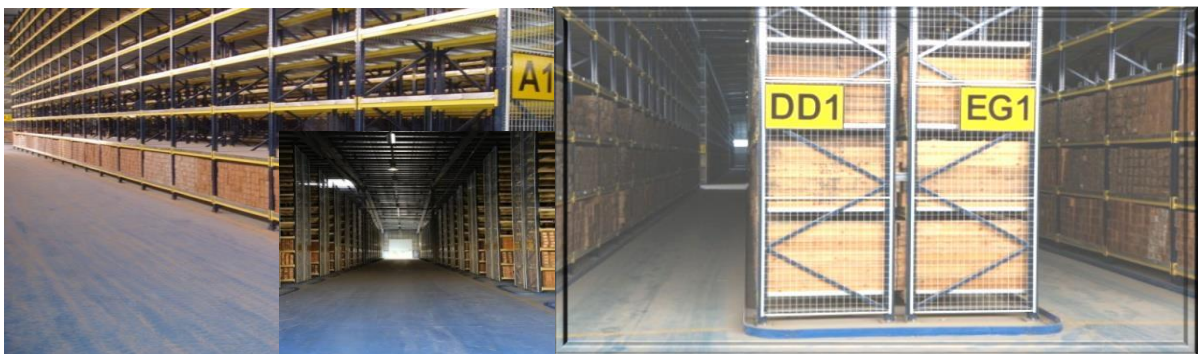


Figure I.13 HANGARE

□ Huiles & Gaz

Prise en charge des différentes analyses effectuées au niveau des Centres de Traitement du brut et de gaz des différents champs pétroliers HMD (CINA ; CIS et Condensat), BERKINE, OURHOUD et MLN (CONOCOPHILIPS)

-LABO CINA/SH/DP/HMD

- Contrôle qualité des effluents produits au niveau des unités GPL ; Compression et Traitement.
- CPG des Gaz, des GPL et Condensats
- Caractérisation du brut

□ LABO CIS/GPL2/DP/HMD

- Prise en charge des analyses au niveau des unités GPL1 et GPL2
- Analyses des gaz,
- Analyses des GPL
- Analyses Propane et Butane et Condensat
- Prise en charge des analyses de fluides (Huiles, gaz et eaux industrielles) au niveau du centre de traitement et des puits de production.
- Prise en charge des analyses dans le cadre de la protection des installations contre les phénomènes de corrosion et d'entartrage.

□ Traitement des Eaux

- Contrôle périodique de la qualité chimique et bactériologique des eaux de consommation et des eaux de puits hydrauliques.
- Analyse chimiques classiques des eaux de formation.
- Analyse chimique complète des eaux industrielles (anions, cations).
- Suivi et optimisation des stations de traitement des eaux potables.
- Suivi des traitements des eaux industrielles et d'injection (Inhibiteur de corrosion, biocides, anti-dépôts,)



Figure I.14 laboratoire traitement des eaux

I.7.7 Missions Service Sécurité et environnement

➤ Activité Intervention

- Gestion des urgences.
- Vérification du bon fonctionnement du matériel des secours et d'interventions en cas d'incendie (extincteurs et réseau anti incendie).

- Inspection des zones de travail.
- Vérification de la conformité des équipements.
- Rédaction des constats et de non conformités.

➤ **Activité Prévention**

- Inspection des lieux de travail
- Compagnes de sensibilisations sur les volets HSE.
- Reporting des activités hebdomadaires et mensuelles.

Suivi des contrôles et des inspections HSE

➤ **Activité Environnement**

- Suivi des opérations d'élimination des déchets (prestataires, transferts des déchets vers les borbiers ou unités de traitement des borbiers).
- Tenue des registres de suivi mouvements des déchets.
- Sensibilisation du personnel au tri sélectif.

I.7.8 Laboratoires de la DLCC

Tableau I.1 les laboratoires de la DLCC

Site	Département	Service	Laboratoire
Base Carothèque Centrale	Département RochesRéservoir	Service mesure sur carottes	Laboratoire Gamma Ray spectral
			Laboratoire Multi-Sensors Core Logger MSCL
			Laboratoire Pressure Decay Profile Permometer PDPK
			Les 03 Trois cabines de désorption
			Laboratoire SMP-200 & GRI
			Laboratoire préparation pour mesures non conventionnelles
			Laboratoire Thermogravimétrie
		Service Pétro physiques	Laboratoire de l'extraction des fluides retort
			Salle de lavage et saturation en liquide Dean Stark
			Laboratoire Pompe à mercure
			Laboratoire MPH condition ambiante Weatherford
			Laboratoire CMS 300
	Département Carothèque Centrale	Service gestion et préparation de la Carotte	Laboratoire MPH condition ambiante CoreLab
			La Plugthèque
			Salle d'étalage des Carottes
			Le Hangar
			Atelier préparation Géologique
			Air de Processing des Carottes
		Service imagerie et CT Scan	Laboratoire NMR
			Atelier Photographie LB/UV et 360° (Core Scan)
			Ateliers CT Scanning et Micro CT
		Service mécanique des Roches	Laboratoire Caractérisation des Sables
			Laboratoire Essai Géométriques sur Plugs
			Laboratoire essai Brésilien et Scratch
			Laboratoire Embedment & Thick wall
			Cylinder

		Activité PVT	Laboratoire PVT
Base Technique	Département Analyse	Servie Traitement des eaux et Environnement	Laboratoire Analyses Physico-chimiques
			Laboratoire Analyse Bacteriologies'
			Laboratoire Corrosion
			Laboratoire ICP
			Laboratoire Environnement
		Service huiles et gaz	Laboratoire Ciments pétroliers
			Laboratoire Fluide de Forage
			Laboratoire huiles lubrifiantes

Source élabore par moi-même sur la base d'un document interne

I.8 Laboratoire Ciments Pétroliers

Le laboratoire des ciments pétroliers joue un rôle crucial dans l'industrie du pétrole et du gaz. Ce laboratoire se spécialise dans le contrôle de la qualité du ciment utilisé dans les opérations de forage et de complétion des puits de pétrole et de gaz. Les ciments pétroliers doivent répondre à des normes strictes en termes de performance pour garantir la sécurité et l'efficacité des puits pour le forage, les classes G et H sont les plus couramment utilisées dans l'industrie pétrolière.

Les échantillons de ciment sont régulièrement soumis à une série de tests en laboratoire pour vérifier leurs propriétés physiques et chimiques. Ces tests incluent, par exemple, des

Essais sous des conditions de haute température et de haute pression, ainsi que des tests de densité et de résistance.

Le contrôle de la qualité du ciment pétrolier est crucial pour assurer la performance et la sécurité des puits de pétrole et de gaz



Figure I.15 laboratoire Ciments Pétroliers de la DLCC

Source document interne de l'entreprise

I.8.1 Équipements du laboratoire Ciments Pétroliers

□ Densimètre pressurisé FANN – Model 141

Le densimètre pressurisé FANN modèle 141 est utilisé pour mesurer avec précision la densité des fluides de forage et des laitiers de ciment. Son fonctionnement sous pression permet d'éliminer l'effet des bulles d'air qui pourraient fausser les résultats de mesure. Cette mesure est essentielle pour garantir une formulation correcte du laitier de ciment, car la densité influence directement la pression hydrostatique dans le puits et donc la sécurité des opérations de cimentation.



Figure I.16 Densimètre pressurisé FANN – Model 141

□ Blender Chandler – Model 3260

Le blender Chandler modèle 3260 est un équipement de mélange destiné à la préparation des laitiers de ciment selon les normes API. Il permet d'obtenir un mélange homogène entre le ciment, l'eau et les additifs. Une bonne homogénéisation est indispensable pour assurer la reproductibilité des essais en

laboratoire et garantir que les propriétés mesurées reflètent réellement le comportement du ciment sur le terrain.



Figure I.17 Blender Chandler – Model 3260

- **Rhéomètre atmosphérique Chandler – Model 3530**

Le rhéomètre atmosphérique Chandler modèle 3530 sert à évaluer les propriétés rhéologiques des laitiers de ciment, notamment la viscosité et le comportement sous cisaillement. Ces paramètres sont cruciaux pour déterminer la pompabilité du ciment et sa capacité à circuler correctement dans l'espace annulaire du puits. Une rhéologie bien contrôlée permet d'éviter les problèmes de déplacement de boue et d'assurer une bonne mise en place du ciment.



Figure I.18 Rhéomètre atmosphérique Chandler – Model 3530

- **Filtre presse HPHT – Stirred Fluid Loss Model 7120**

Le filtre presse HPHT modèle 7120 est utilisé pour mesurer la perte de fluide des laitiers de ciment dans des conditions de haute pression et haute température. Cet appareil simule les conditions réelles rencontrées au fond du puits. L'objectif est d'évaluer la quantité de fluide qui peut s'échapper vers la formation. Une perte de fluide excessive peut provoquer des problèmes d'adhérence du ciment et compromettre l'intégrité du puits.



Figure I.19 Filtre presse HPHT – Stirred Fluid Loss Model 7120

- **Consistomètre HPHT Chandler – Model 8040D10**

Le consistomètre HPHT Chandler modèle 8040D10 permet de déterminer le temps d'épaississement du laitier de ciment sous des conditions extrêmes de pression et de température. Cet appareil reproduit les conditions de fond de puits afin de mesurer le temps disponible pour pomper le ciment avant qu'il ne commence à durcir. Cette donnée est fondamentale pour planifier les opérations de cimentation en toute sécurité.



Figure I.20 Consistomètre HPHT Chandler – Model 8040D10

- **Consistomètre atmosphérique Chandler – Model 1200**

Le consistomètre atmosphérique Chandler modèle 1200 est utilisé pour plusieurs analyses de routine sur les laitiers de ciment, notamment la détermination de la teneur en eau, la perte de fluide et certaines propriétés rhéologiques. Il permet un contrôle rapide et fiable de la qualité du laitier avant les essais en conditions HPHT.



Figure I.21 Consistomètre atmosphérique Chandler – Model 1200

- **Curing Chamber HPHT – Model 1910 & Compressive Strength Tester – Model 4207D**

La curing chamber HPHT modèle 1910 est utilisée pour faire durcir les échantillons de ciment dans des conditions simulant le fond du puits. Après durcissement, le compressive strength tester modèle 4207D mesure la résistance à la compression du ciment. Cette résistance est un indicateur clé de la capacité du ciment à supporter les contraintes mécaniques et à assurer l'isolation zonale du puits conformément aux exigences de la norme API 10A.

**Figure I.22** Curing Chamber HPHT – Model 1910 & Compressive Strength Tester – Model 4207D

- **Ultrasonique Cement Analyser (UCA) – Model 4265-HT**

L'Ultrasonique Cement Analyser modèle 4265-HT permet de suivre en temps réel le développement de la résistance du ciment pendant son durcissement grâce à des mesures ultrasoniques. Piloté par un logiciel d'acquisition de données, cet appareil fournit des informations continues sur l'évolution de la prise du ciment sous conditions HPHT. Il est particulièrement utile pour optimiser les formulations et prévoir le temps de mise en production du puits.

**FIGURE I.23** ULTRASONIC Cement analyser

Source document interne de l'entreprise

A decorative graphic featuring two overlapping circles. The left circle is dark blue, and the right circle is light gray. A dark blue vertical line is on the right side, and a gray vertical line is on the left side. The text is centered within the overlapping area of the circles.

CHAPITRE II :

CADRE THEORIQUE

II.1 Introduction

Avant de se pencher sur l'évaluation des risques, il est primordial d'expliciter ses fondements théoriques.

Ce chapitre expose les définitions essentielles de la sécurité industrielle et précise les procédures d'analyse spécifiques. Il est essentiel de disposer de cette base de connaissances pour assurer la pertinence du processus d'évaluation qui s'ensuivra.

II.2 NOTIONS ET DEFINITIONS

II.2.1 Notion du danger

Conformément à la norme ISO, le danger est une caractéristique intrinsèque d'une substance dangereuse ou d'une situation physique susceptible de causer des dommages à la santé humaine et/ou à l'environnement [1]

Le même terme est explicité dans le référentiel OHSAS 18001, un danger est défini comme une source ou une situation susceptible de causer des blessures ou des atteintes à la santé, des dommages matériels ou environnementaux sur le lieu de travail, ou une combinaison de ces facteurs. Il convient de noter que de multiples termes sont utilisés, en fonction des normes ou des auteurs, autour de la notion de danger, ce qui crée une ambiguïté.

Par ailleurs, le terme danger est fréquemment associé au terme risque dans les dictionnaires. Effectivement, de nombreux dictionnaires considèrent le risque et le danger comme des termes interchangeables, ce qui pourrait expliquer pourquoi beaucoup de gens les emploient sans distinction. Même les documents et textes officiels ne font pas la distinction entre danger et risque.[2]



Figure II.24 le processus physique du danger.

Source publication de Bastien Soule sur research gate

II.2.2 Notion du risque

Selon la norme ISO 31000, le risque est caractérisé comme « l'effet de l'incertitude sur les objectifs », ce qui indique qu'il peut produire des résultats positifs ou négatifs en fonction de la situation [3]. Dans le contexte de la santé et de la sécurité au travail,

La norme ISO 45001 définit le risque comme étant le produit de la probabilité qu'un événement dangereux se produise et de la gravité des dommages ou atteintes à la santé qui pourraient résulter de cet événement [1].

En suivant une approche similaire, le standard OHSAS 18001 caractérise le risque comme l'union de la probabilité et des conséquences potentielles d'un incident dangereux, soulignant ainsi son aspect quantitatif et quantifiable. De plus, dans le contexte de l'analyse environnementale et industrielle, on envisage fréquemment le risque comme le résultat du danger multiplié par l'exposition. Cela permet d'inclure non seulement la nature inhérente au danger, mais aussi les circonstances dans lesquelles les personnes ou les systèmes y sont exposés.

II.2.3 Le risque professionnel

Le risque professionnel fait référence au danger auquel un employé est exposé dans le cadre de son travail, pouvant affecter sa santé ou sa sécurité.

Cela comprend toutes les sortes de risques présents dans l'environnement professionnel physiques, chimiques, biologiques, ergonomiques ou psychosociaux. [1]

II.2.4 La gestion du risque

Constitue l'ensemble des mesures techniques, organisationnelles et humaines destinées à minimiser la possibilité d'un accident et/ou la sévérité de ses répercussions.[4]

II.2.5 La tolérance face au risque

Il s'agit du degré de risque qu'une organisation est prête à tolérer dans l'exercice de ses fonctions, en considérant ses responsabilités juridiques, économiques et sociales.[3]

II.2.6 Accident de travail

Un accident désigne un incident imprévu, non intentionnel, qui cause des préjudices physiques, matériels ou environnementaux.

C'est généralement le résultat direct d'un risque mal contrôlé ou d'une défaillance technique, organisationnelle ou humaine.[5]

II.2.7 Maladie professionnelle

Une pathologie professionnelle est une condition de santé acquise par le salarié en raison de son exposition directe ou prolongée à un danger physique, chimique, [6]

II.2.8 Conformité

« Conformité prouve que les exigences définies concernant un produit, service, processus, système ou entité ont été suivies » [7]

II.2.9 La conformité réglementaire

C'est l'adhésion d'une organisation aux lois, règlements, directives et spécifications qui s'appliquent à ses procédures. [8]

II.2.10 Évaluation de la conformité réglementaire

L'évaluation de la conformité implique de comparer les pratiques actuelles de l'entité avec les exigences des textes législatifs en place. Pour garantir une conformité stricte aux règles,[9]

L'entité doit se baser sur les mécanismes suivants

- Surveillance réglementaire Déceler et suivre les modifications des lois applicables afin de prévoir les mises à jour requises.
- Analyse des risques (Santé et Sécurité au Travail) Examiner les risques pour établir des mesures de prévention appropriées. Planification et exécution des vérifications techniques obligatoires des installations et équipements à intervalles réguliers.
- Formation et autorisations Assurer le développement des compétences du personnel et leur aptitude à travailler en toute sécurité.
- Mise en place des secours Établir les procédures d'intervention et garantir la disponibilité des ressources humaines et matérielles en situation d'urgence.
- Présentation obligatoire Transmettre les informations juridiques et les directives de sécurité de façon claire sur le site. Maintenir une communication claire avec les représentants, le service de santé au travail et les autorités de supervision. [9]

II.3 Classification des risques [10]**II.3.1 Danger d'incendie et d'explosion**

Les dangers d'incendie et d'explosion concernent tous les risques liés à la présence de substances inflammables, combustibles ou explosives, en rapport avec des sources de chaleur telles que les flammes, les étincelles, l'électricité ou encore les surfaces chaudes.

Ces risques peuvent entraîner des conséquences graves pour les personnes, les infrastructures et l'environnement, notamment des brûlures, des blessures graves, des pertes de vie et d'importants dommages matériels.

Ils ont une relation étroite avec les produits chimiques, le matériel électrique, les gaz sous pression et les environnements explosifs (ATEX).

Des exemples Incendie, explosion ATEX, évacuation de gaz combustible

II.3.2 Risques mécaniques

Les risques mécaniques concernent l'usage de machines, d'outils ou de matériel de travail pouvant entraîner des dommages corporels. Ils incluent en particulier

Coupures Écrasements – Cisaillements - Chocs - Projections de pièces.

Ces dangers surviennent essentiellement lors des interventions de maintenance, de manipulation ou d'utilisation des équipements.

II.3.3 Risques liés à l'électricité [11]

Le risque électrique comprend le danger de contact, direct ou indirect, avec une partie exposée à un courant électrique, le danger de court-circuit ainsi que le péril d'arc électrique. Parmi les effets possibles, on peut citer l'électrisation, l'électrocution, l'incendie, l'explosion...

II.3.4 Risques liés aux radiations

Le risque radiologique désigne la potentialité d'effets nuisibles sur la santé ou la sûreté d'un individu ou d'un groupe, en rapport avec l'exposition aux radiations ionisantes ou aux substances radioactives.

Ce risque peut se manifester lorsqu'un personnel est exposé à des sources de radioactivité naturelles ou artificielles, susceptibles d'entraîner des dommages cellulaires, des brûlures, des impacts aléatoires (tels que le cancer) ou d'autres complications de santé en fonction de la dose de radiation absorbée et de la durée de l'exposition.

Le risque radiologique inclut

- Contact externe avec des radiations (alpha, bêta, gamma, X...)
- Exposition interne due à l'inhalation ou l'ingestion de substances radioactives.
- Effets à court terme (tels que des brûlures) et à long terme (hausse du risque de cancer).

II.3.5 Risques chimiques

Décrit les propriétés et les risques pour la santé et la sécurité associés à l'utilisation de produits chimiques dans un contexte professionnel. Il y a également des données relatives aux familles de produits chimiques et à des programmes comme le SIMDUT (Système d'information sur les matières dangereuses utilisées dans le milieu professionnel). La partie « Prévention et mesures de contrôle des risques » détaille les consignes pour la manipulation sécurisée de différentes sortes de produits chimiques.

II.3.6 Risques ergonomiques

L'ergonomie est le domaine d'étude qui cherche à adapter le travail aux travailleurs et le produit aux utilisateurs. Cette partie explore des circonstances comme les soulèvements, l'éclairage, l'agencement des bureaux, etc.,

II.4 Évaluation des risques

II.4.1 Définition de l'évaluation des risques

L'évaluation des risques est un processus organisé et méthodique qui cherche à déceler les risques potentiels, à étudier les situations d'accidents éventuels et à mesurer leurs impacts sur les individus, les équipements, l'environnement et la pérennité des opérations. Elle s'insère dans l'approche globale de la gestion de la sécurité industrielle et de l'évitement des accidents de grande ampleur.

D'après la norme ISO 31000, le risque est caractérisé comme l'association entre la probabilité qu'un événement néfaste se produise et la sévérité de ses répercussions.

L'analyse des risques est donc un instrument d'aide à la prise de décisions qui permet d'établir des actions pour prévenir, protéger et diminuer le risque à un niveau acceptable.

II.4.2 Typologie des méthodes d'analyse des risques

On distingue trois catégories majeures de méthodes couramment employées dans une approche d'analyse des risques

II.4.2.1 Méthode quantitative

L'approche d'analyse quantitative des risques est souvent privilégiée pour une prise de décision efficace en matière de gestion des risques. Cette méthode implique de définir les différents paramètres d'évaluation des risques à l'aide d'indicateurs probabilistes.

[Desroches,1995].

L'acquisition de ces mesures implique généralement un traitement mathématique prenant en compte les informations relatives aux différents paramètres évalués ainsi qu'aux données de nature quantitative.

Dans l'application de cette approche, il est crucial de porter une attention spéciale aux données exploitées, à leur provenance et à leur pertinence par rapport aux cas examinés, car une simple erreur remettrait en question l'étude.

II.4.2.2 Méthode semi quantitative

L'évaluation semi-quantitative des risques est une méthode qui n'est ni totalement qualitative, ni totalement quantitative. Cette approche vise à éliminer le caractère fortement subjectif des données utilisées dans l'approche qualitative en les rendant plus précises et exactes, tout en cherchant à assouplir et pallier le manque de robustesse des informations issues de l'approche quantitative.

Un grand nombre de méthodes et d'outils d'analyse et d'évaluation semi-quantitative ont été élaborés. On va présenter ci-après certaines des techniques les plus couramment employées dans l'évaluation des risques

II.4.2.3 Méthode Qualitative

L'analyse qualitative des risques est une étape préalable à toutes autres évaluations.

En effet, elle facilite la compréhension systématique et la connaissance du système étudié ainsi que de ses composants.

Cette méthode ne repose pas spécifiquement sur l'état du système pour une évaluation quantitative efficace du risque, mais plutôt sur les retours d'expérience et les évaluations des experts.

Cette méthode nécessite donc une excellente compréhension des divers paramètres et facteurs associés au système examiné.

Dans certaines analyses de risque, cette méthode peut être adéquate pour réaliser les objectifs souhaités, si elle est correctement mise en œuvre et justifiée.

II.4.3 Démarche inductive et démarche déductive

Selon le dictionnaire de l'Académie des Sciences, basé sur l'induction logique définie comme

« La méthode de raisonnement qui consiste à déduire du spécifique au général »

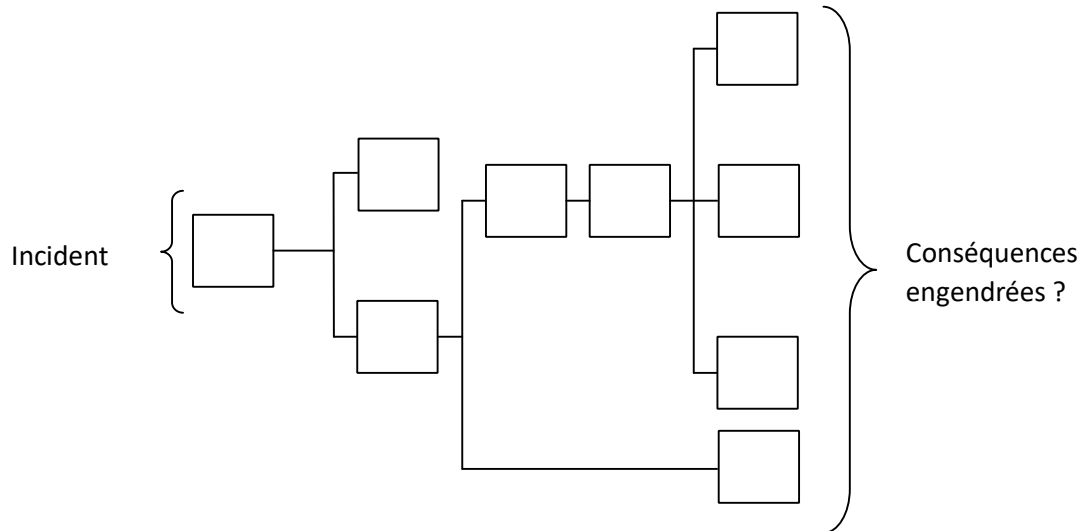
II.4.3.1 Méthode inductive

Les techniques inductives reposent sur une analyse « ascendante » où l'ensemble des combinaisons d'événements de base possibles sont identifiées, pouvant conduire à la survenance d'un événement indésirable singulier

En s'appuyant sur les événements déclencheurs, on repère les séquences et associations d'événements susceptibles de conduire à l'accident.

On dit souvent qu'on commence par les causes pour déterminer les effets.

Dans le jargon anglo-saxon, on désigne cette méthode par l'expression « Bottom-Up approach ».



Axe de l'analyse par les méthodes inductives

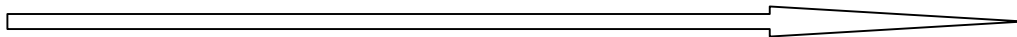
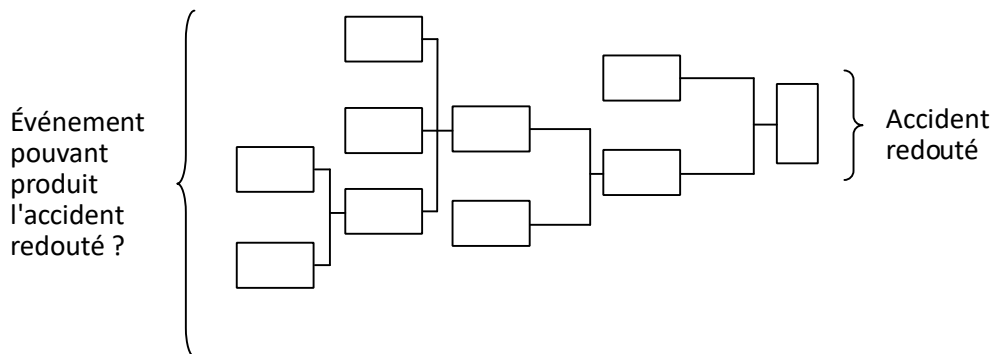


Figure II.25 Mode de recherche inductive.

II.4.3.2 Méthode déductive

Les approches déductives reposent sur le raisonnement logique qui est une démarche « allant du général au spécifique », selon le dictionnaire de l'Académie des Sciences.



L'approche est inversée, car nous commençons par l'événement indésirable, la Défaillance, puis nous identifions par une méthode descendante toutes les causes potentielles.

On suppose que le système est défectueux et l'analyse vise à repérer les causes susceptibles de mener à cette condition. On commence par identifier les défaillances pour retracer leurs origines.

L'objectif est de déterminer les combinaisons et séquences à partir de l'événement principal.

Axe de l'analyse par les méthodes déductives

II.4.4 Panorama des méthodes d'analyse de risque

Dans cette partie, nous allons définir une série de méthodes d'évaluation des risques

II.4.4.1 L'Analyse Préliminaire de Risque –

D'après la norme CEI L'APR est une méthode d'identification et d'analyse de la fréquence des dangers qui peut être mise en œuvre durant les étapes initiales de conception afin de repérer les dangers et juger leur gravité

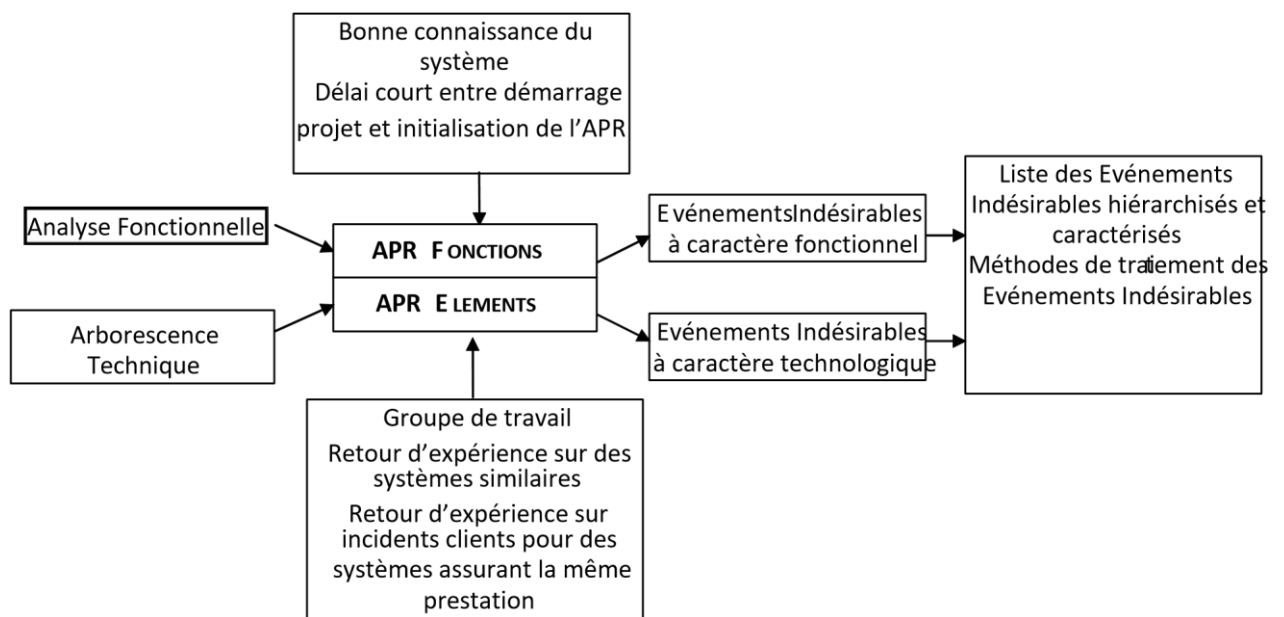


Figure II.26 représentation de la méthode APR

II.4.4.2 Descriptif de l'APR

- L'APR peut être mise en place dès la phase d'exploration dès que les fonctions que le système doit remplir sont identifiées.
- Dès que les décisions technologiques majeures sont prises.
- On réalise cela au sein d'un groupe de travail (n'hésitez pas à solliciter l'aide d'experts sectoriels, réglementaires pour identifier et décrire un risque de manière plus précise).
- Des connaissances sont-elles requises ?
- Les tâches que le système doit accomplir (Analyse Fonctionnelle).
- Comment le système sera-t-il exploité et utilisé (Profil de mission / vie)
- La présentation et la délimitation du système, incluant l'Arborescence Technique, l'Organisation Industrielle et le schéma d'architecture ainsi que des interfaces .

II.4.4.3 Arbre de défaillance

C'est une analyse déductive qui offre une évaluation qualitative et quantitative du système

Cette méthode facilite la reconnaissance et l'évaluation de la probabilité qu'un événement majeur se produise.

Elle s'appuie sur une représentation graphique structurée des conditions ou des éléments qui participent à la survenue de l'incident défavorable.

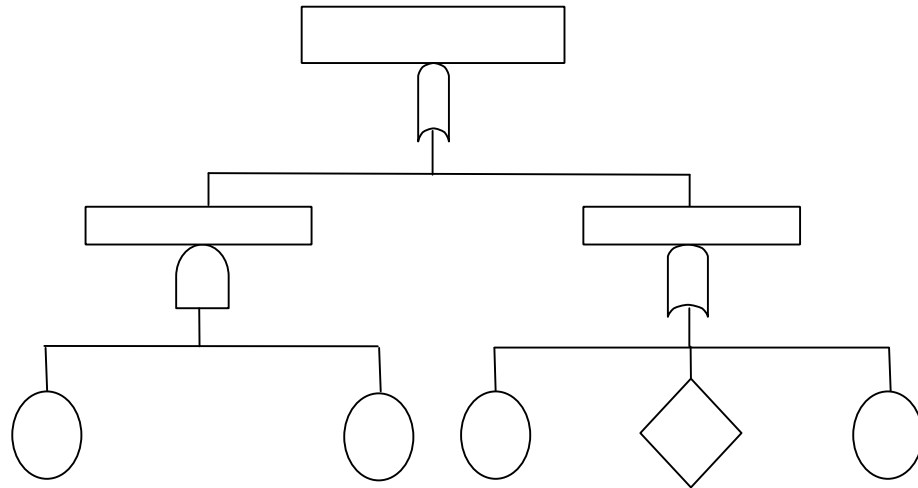
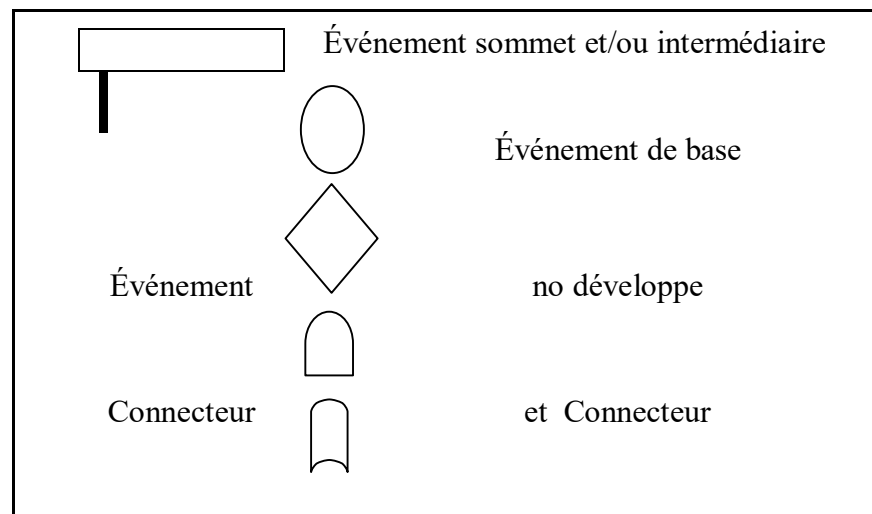


Figure II.27 Représentation de l'arbre de défaillance



II.4.4.4 Arbre des causes

C'est une technique d'analyse des incidents.

Cela consiste à illustrer les événements atypiques ou les incidents sur un diagramme des causes. Ils visent à repérer, parmi les actions qui constituent l'histoire complète ayant conduit à un incident, celles qui ont été affectées par des échecs pour suggérer des améliorations.

Leur approche repose sur le concept d'organisation et ils s'efforcent de retracer, à partir des événements, l'intégralité des actions ayant mené à l'incident. Il rend donc possible de souligner la succession des actions pour des objectifs d'analyse et d'amélioration (rectification et/ou prévention).

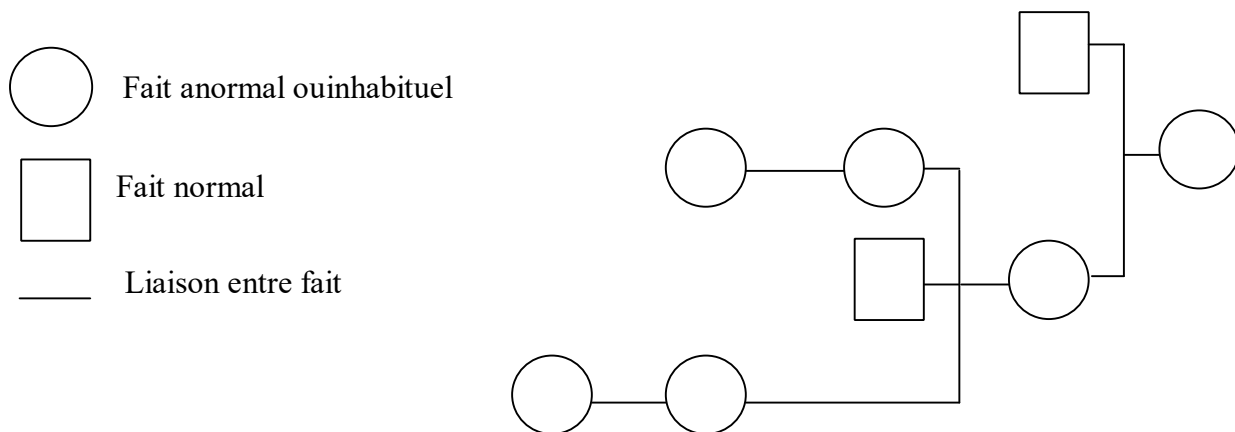


Figure II.28 Représentation de l'arbre des causes

II.4.4.5 Arbre d'événements

C'est une approche déductive qui vise à remonter de l'événement déclencheur vers un événement indésirable potentiel, en considérant l'éventualité d'une défaillance ou d'un succès des fonctions de sécurité.

On doit alors définir les événements susceptibles de se produire suite à l'événement déclencheur. Les barrières de sécurité et leurs fonctions doivent être identifiées en leur attribuant des probabilités de défaillance.

L'ADE élaboré permet d'identifier dans le temps les différentes séries d'événements qui sont susceptibles de mener ou non à des conséquences extrêmes.

Les trajectoires les plus risquées menant à des conséquences dévastatrices sont par la suite examinées en profondeur.

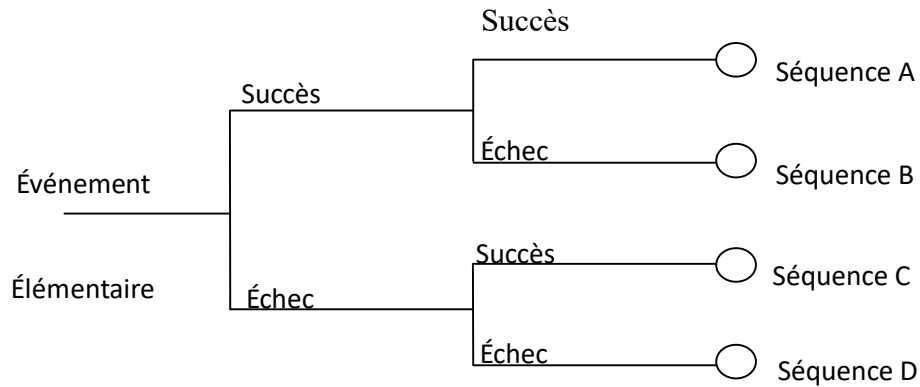


Figure II.29 Représentation de l'arbre d'évènement

II.4.4.6 Analyse des Modes Défaillance, de leurs Effets (AMDE)

L'AMDE est une approche d'analyse préventive et inductive qui identifie les risques potentiels et facilite l'examen systématique des causes et conséquences des pannes touchant les éléments d'un système.

Elle comporte quatre phases majeures

1. Définition du système et ses composants,
2. Etablissement des modes de défaillances et de leurs causes,
3. Etude des effets des modes de défaillances,
4. Conclusions et recommandations.

II.4.4.7 Analyse des Modes Défaillance de leurs effets et de leur criticité (AMDEC)

L'Utilisation de l'Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets (AMDE) dans le secteur aéronautique a débuté dans les années 1960.

On observe désormais une large adoption de son utilisation dans divers domaines tels que l'industrie chimique, pétrolière et même nucléaire.

En effet, elle est principalement conçue pour l'analyse des pannes de matériaux et d'équipements, et peut être employée tant sur des systèmes de technologies variées (systèmes électriques, mécaniques, hydrauliques...) que sur des systèmes intégrant diverses techniques.

II.4.4.8 Synthèse de l'AMDEC

La technique AMDEC sert à la fois d'outil pour l'amélioration de produit et d'évaluation des risques [41]. On peut évaluer le risque à l'aide des trois indicateurs suivants

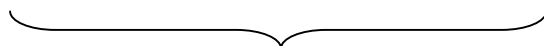
1. Gravité
2. Occurrence
3. Détection

Tableau II.2 Représentation de la méthode AMDE ou de la méthode AMDEC[30].

1	2	3	4	5 et 6
Identification Du	Mode De	Causes Possibles	Phases	Conséquence

Composant	défaillance			locales	Sur l'ensemble du système
-----------	-------------	--	--	---------	---------------------------

7	8	9	10
Probabilité de la défaillance	Criticité	Actions correctives	Recommandation applications



Pour l'AMDEC

II.4.4.9 La méthode Nœud Papillon

La société Shell a conçu le nœud papillon, qui est utilisé dans de nombreux domaines industriels. Il s'agit d'une approche dite arborescente qui offre une visualisation claire et rapide des causes potentielles d'un accident, de ses impacts et des mesures de protection instaurées.

L'incident non intentionnel (illustré au centre) peut découler de diverses origines potentielles telles que la libération d'une substance toxique, une détonation, une rupture de tuyau, un emballement de réaction, une faille dans un réservoir, une décomposition d'une substance, etc. Cet instrument offre une représentation du résultat d'une analyse de risque approfondie (comme l'AMDEC, HAZOP ou What-if par exemple), donc plus sophistiquée qu'une simple analyse préliminaire des risques.

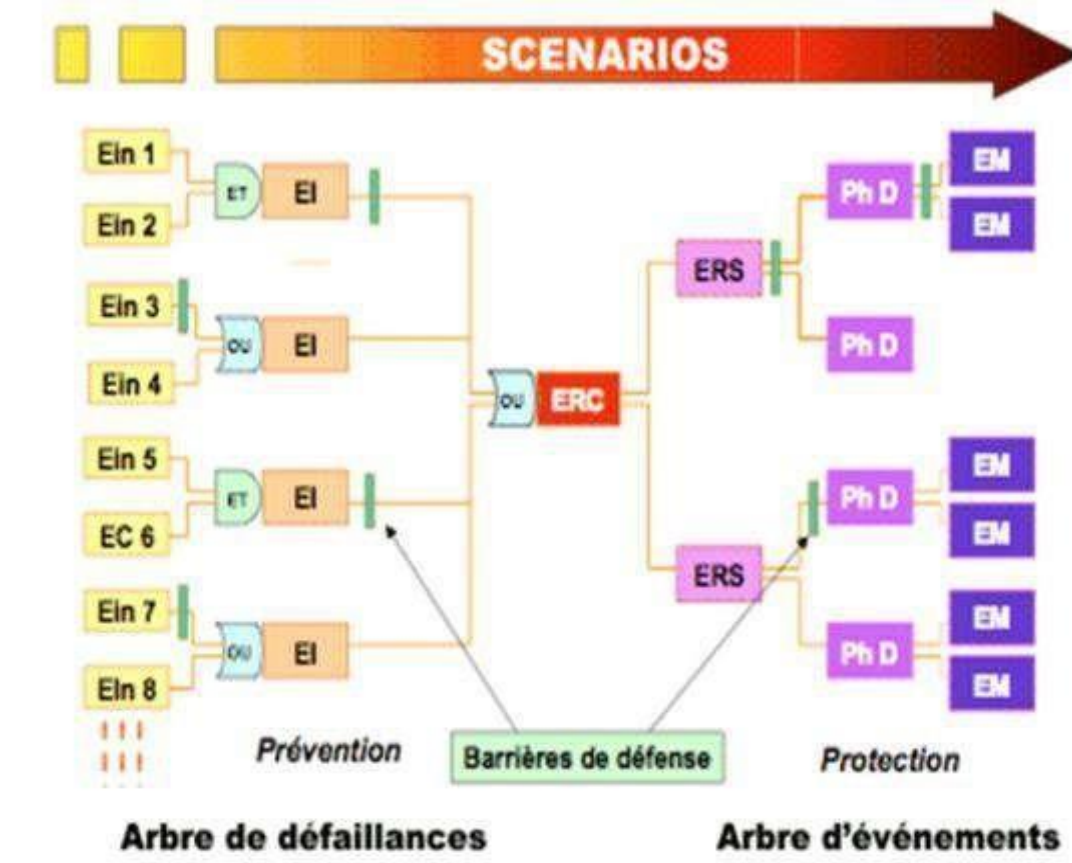


Figure II.30 représentation de scénario d'accident selon le modèle de nœud papillon.

L'événement central du Nœud Papillon est l'Événement Redouté Central. Ainsi, la partie gauche du Nœud Papillon se présente comme un arbre de défaillances cherchant à déterminer les causes de cet événement central redouté. La section droite du Nœud Papillon, de son côté, cherche à définir les effets de cet événement central redouté, tout comme le réaliserait un arbre d'événements.

Dans ce diagramme, les mesures de sécurité sont illustrées par des barres verticales pour indiquer qu'elles freinent l'évolution d'un événement accidentel.

Ainsi, dans cette visualisation, chaque trajectoire menant d'un incident initial (événements indésirables ou courants) à l'émergence de dégâts aux cibles (effets significatifs) représente un scénario d'accident spécifique pour le même événement central redouté.

Le Nœud Papillon, qui s'inspire directement des arbres de défaillance et d'événement, doit être conçu avec la même vigilance. Étant donné la complexité de sa mise en place, cet outil est habituellement destiné aux événements considérés comme particulièrement critiques, où un haut niveau de démonstration de gestion des risques est essentiel. Généralement, un Nœud Papillon est élaboré suite à une première évaluation des risques effectuée grâce à des instruments plus basiques tels que l'APR par exemple.

Tableau II.3 légendes des événements figurant sur le modèle du nœud papillon.

Désignation	Signification	Définition
El	Événement indésirable	Dérive ou défaillance sortant du cadre des conditions d'exploitation usuelles définies.
EC	Événement courant	Événement admis survenant de façon récurrente dans la vie d'une installation.
EI	Événement initiateur	Cause directe d'une perte de confinement ou d'intégrité physique
ERC	Événement redouté central	Perte de confinement sur un équipement dangereux ou perte d'intégrité physique d'une substance dangereuse.
ERS	Événement redouté secondaire	Conséquence directe de l'événement redouté central, l'événement redouté secondaire caractérise le thème source de l'accident.
Ph D	Phénomènes dangereux	Phénomène physique pouvant engendrer des dommages majeurs.
EM	Effets majeurs	Dommages occasionnés au niveau des cibles (personnes, environnement, ou bien) par les effets d'un phénomène dangereux.
Barrières ou mesures de prévention		Barrières ou mesures visant à prévenir la perte de confinement ou d'intégrité physique.
Barrières ou mesures de protection		Barrières ou mesures visant à limiter les conséquences de la perte de confinement ou d'intégrité physique.

II.4.4.10 Hazard and Operability Study (HAZOP)

La technique HAZOP est un procédé visant à déceler les dangers.

Elle examine tous les composants d'un système pour comprendre comment des écarts par rapport au design initial peuvent se produire et les complications qui pourraient en découler.

Il s'agit d'un processus créatif reposant sur l'emploi de mots-clés (primaires et secondaires) pour mener une recherche systématique des écarts.

Habituellement, une étude HAZOP constitue une extension de l'analyse des modes de défaillance et effets (AMDE).

Cela implique d'identifier des problèmes éventuels pouvant entraîner une déviation par rapport à la conception initiale et de comprendre les origines et les implications de ces déviations. Cette approche est implémentée à la fin de la phase de conception et au commencement de la phase de réalisation des systèmes industriels, car elle s'appuie sur les plans de circulation des fluides ainsi que les schémas PID (Diagramme Piping and Instrumentation) du système examiné.

II.4.4.11 Méthode LOPA

LOPA représente l'abréviation de « LAYERS OF PROTECTION ANALYSIS »

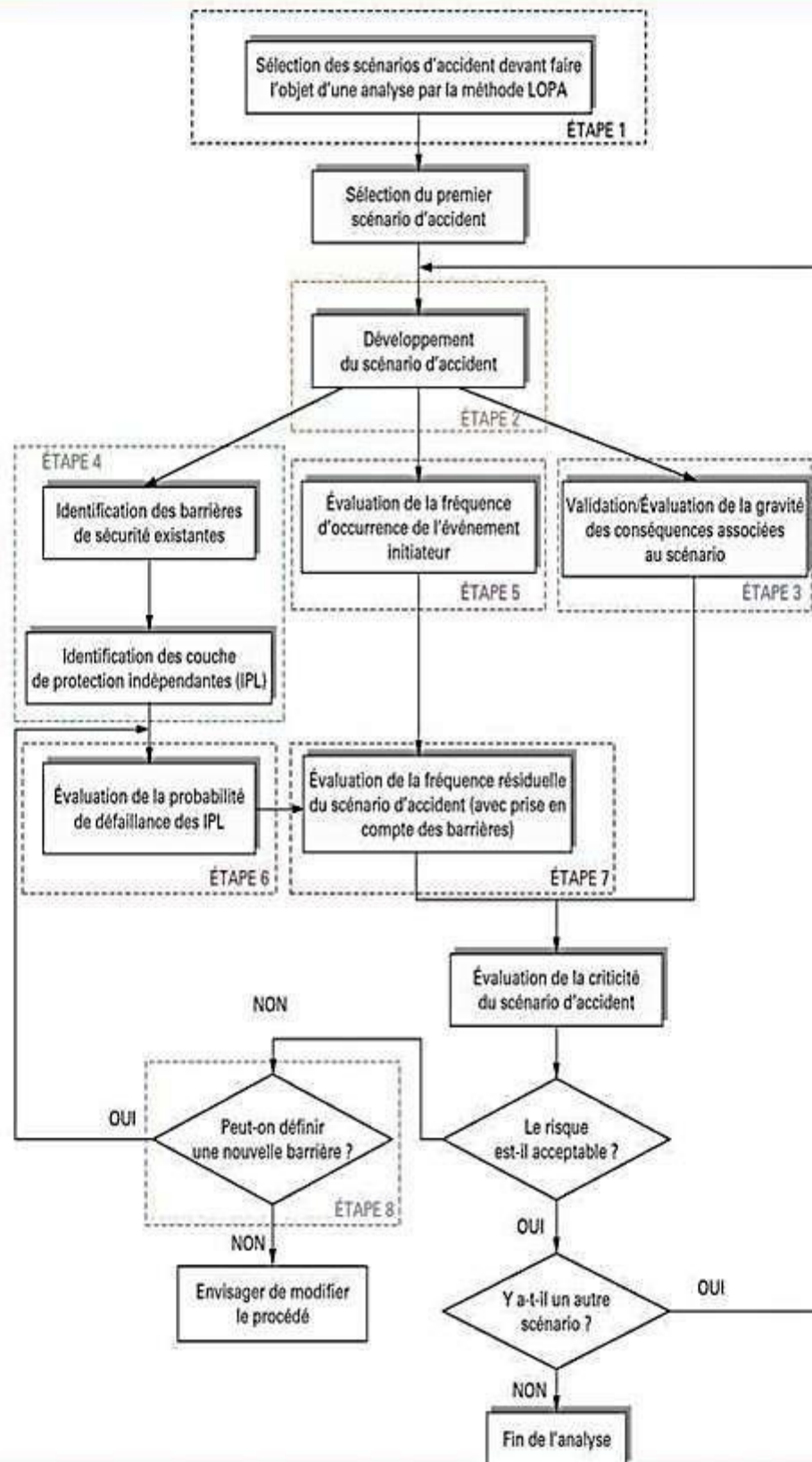
(Analyse des couches de protection).

Cette approche a été testée pour l'évaluation de la sécurité des systèmes et des processus industriels dans les domaines chimiques, pétrochimique et nucléaire.

Cette approche sera examinée en détail dans la suite de ce travail .

L'évaluation des risques à travers l'analyse des strates de sécurité est une approche simplifiée, fréquemment appliquée pour détecter et gérer les risques à toutes les étapes, depuis la conception jusqu'à l'exploitation des installations et projets industriels.

Elle a l'avantage d'être réalisée dans des délais restreints et à des coûts inférieurs. En outre, la précision des données numériques n'est pas nécessaire et des estimations de grandeurs sont adéquates.



II.4.4.12 Méthode Organisée et Systémique d'Analyse des Risques (MOSAR)

MOSAR trouve son application dans plusieurs domaines, notamment dans l'analyse des risques associés aux installations à risque élevé (nucléaire, chimique, etc.). Effectivement, cette méthode a trouvé son application dans le secteur nucléaire, notamment au sein d'EDF (Centres

de recherches et d'essais) et du CEA (Installations d'essais). Vous avez été formé sur des données jusqu'en octobre 2023.

La méthode repose sur deux perspectives, d'où les deux modules qui la constituent (Module A et B)

MODULE A Il s'agit d'une perspective globale qui implique une évaluation des principaux risques. Cela implique de représenter les composants du projet en termes systématiques, ce qui facilitera l'identification de leurs potentiels risques.

On cherche par la suite à comprendre comment ils peuvent se mêler les uns aux autres et avec leur environnement pour produire des scénarios d'accidents. Ce module comprend 5 étapes qui sont

1. Identifier les sources de dangers ;
2. Identifier les scénarios de dangers ;
3. Evaluer les scénarios de risques ;
4. Négocier des objectifs et hiérarchiser les scénarios ;
5. Définir les moyens de prévention et les qualifier.

MODULE B Il s'agit d'une perspective microscopique qui implique une évaluation approfondie et complémentaire des problèmes techniques et opérationnels identifiés dans le module A.

Il s'agit en réalité d'une démarche de « sûreté de fonctionnement » qui vient enrichir l'analyse précédente. Dans les scénarios prévus dans le module A.

Ce module comprend les 5 étapes suivantes

Identifier les risques de fonctionnement ;

1. Évaluer les risques en construisant des ADD et en les quantifiant
2. Négocier des objectifs précis de prévention
3. Affiner les moyens de prévention
4. Gérer les risques.

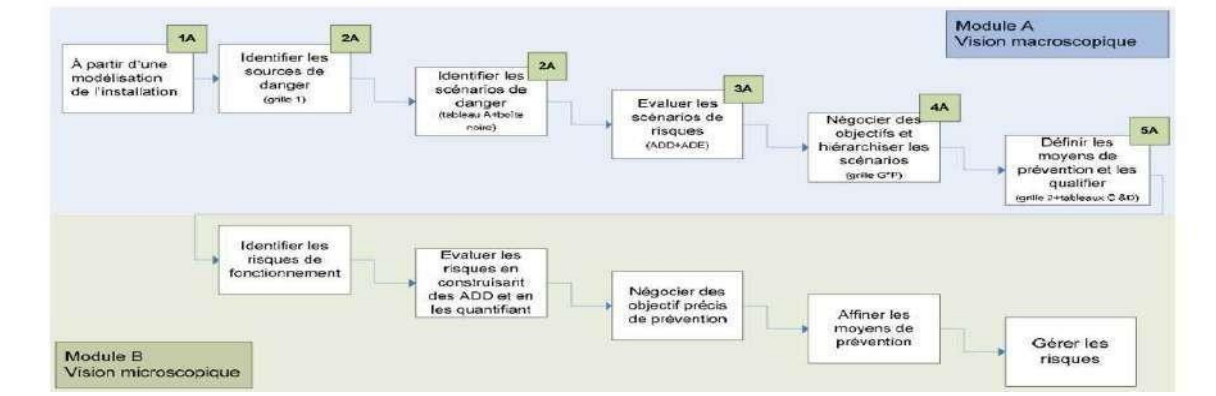


Figure II.32 Vision globale de la méthodologie MOSAR

II.4.4.13 La méthode d'analyse WHAT-IF

La technique connue sous le nom de « What if » est une approche dérivée de l'HAZOP. Elle adopte donc généralement la même démarche. Toutefois, l'approche « What-if » envisage une analyse moins approfondie des événements, se limitant à considérer leurs répercussions sans s'attarder sur leurs origines.

En revanche, elle envisage les mesures d'amélioration à mettre en œuvre. Vous avez été formé sur des données jusqu'en octobre 2023.

Une autre distinction porte sur la création des dérives des paramètres opérationnels. Dans ce cas, on ne considère plus ces dérives comme une combinaison d'un mot clé et d'un paramètre, mais plutôt comme une série de questions structurées de la manière suivante

« QUE (What) se passerait-il SI (IF) un paramètre ou le fonctionnement d'un composant divergeait de celui qui est habituellement prévu ? »

L'identification des paramètres ou des composants des questions est laissée à la discrétion, et comme dans l'analyse Hazop, il n'est pas nécessaire de s'appuyer systématiquement sur les listes de guidage. Il semble donc que l'efficacité de la méthode « What if » repose davantage sur l'expérience des membres du groupe de travail. Vous avez été formé avec des données jusqu'à octobre 2023. Il semble donc que cette approche soit moins laborieuse à mettre en œuvre que l'HAZOP, mais elle est destinée à une équipe expérimentée et présente des limites en ce qui concerne la profondeur de l'analyse, notamment en ce qui concerne les causes de déviations. Elle est plus comparable à une technique de remue-méninges.

Tableau II.4 exemple de tableau d'application de la méthode whatif.

Que se passe_til si?	Reponse	Probabilite / vrisseemblance	Consequences	Recommandation

Tableau II. 5 Grille d'évaluation des caractéristiques des méthodes analytiques

Méthodes	Approche logique	Domaines d'applications	Objectifs	Défaillances envisagées	Approche quantitative/qualitative	Niveau de complexité
APR	Inductive	Toutes installations simples	Identification des dangers, évaluation et classement des risques associés et proposition des mesures de couvertures des risques	Indépendantes	Qualitative	+
AMDEC	Inductive	Systèmes techniques	Analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leur criticité	Indépendantes	Quantitative	+++
HAZOP	Inductive	Procédés thermo hydrauliques	Identification des dysfonctionnements de nature technique et opératoire pouvant conduire à des événements non souhaités	Indépendantes	Qualitative	++
<i>What-if</i>	Inductive	Toutes installations simples	Inventaire des équipements pouvant être défaillants et évaluation de la probabilité et la gravité de leurs effets	Indépendantes	Semi- quantitative	+
Arbres de défaillance	Déductive	Toutes installations	Évaluation de la probabilité d'occurrence d'un événement redouté à partir de l'occurrence des événements qui peuvent le produire	Combinées	Quantitative	+++
arbre des causes	Inductive	Toutes installations	déterminer les causes qui ont conduit à un accident.	Combinées	Quantitative	+++
Arbres d'événement	Inductive Déductive	Toutes installations	Détermination de l'ensemble des séquences accidentelles susceptibles de se réaliser suivant que les barrières de protection remplissent ou non leur fonction de sécurité	Combinées	Quantitative	+++
Nœud papillon	Inductive Déductive	Toutes installations	Visualisation et quantification des scénarios d'accident qui pourraient survenir en partant des causes initiales de l'accident jusqu'aux conséquences sur les éléments vulnérables environnants	Combinées	Quantitative	++++

MOSAR	Inductive Déductive	Toutes installations	Analyse des risques d'un système à différents niveaux d'analyse et mise en évidence des moyens de maîtrise des risques	Combinées	Quantitative	++++
LOPA	Inductive Déductive	Toutes installations	Évaluation du niveau de maîtrise de risque avec les barrières existantes sur un système et détermination éventuelle de nouvelles barrières	Quantitative	Quantitative	++++

II.4.5 Critères de choix d'une méthode d'analyse de risque

Les critères clés pour sélectionner une méthode d'analyse de risque incluent a)

Le champ d'étude.

b) Phase de l'étude (spécification, conception, démantèlement).

c) La perception du risque dans ce secteur.

d) Promotion de la culture de la sûreté opérationnelle au sein de l'organisation.

e) Aspects du problème à examiner.

f) Niveau prévu pour l'illustration de la sécurité.

h) Expertise des intervenants.

h)Caractéristiques des informations accessibles (détails du système et de ses interfaces, restrictions, etc.).

i) Retour d'expérience et base de données accessibles.

j) Ressources humaines, logistiques et autres.

II.5 La méthode HAZOP

II.5.1 Historique de la méthode HAZOP

La technique HAZOP, qui signifie HAZard OPerability, a vu le jour grâce à l'entreprise Imperial Chemical Industries (ICI) au commencement des années 1970.

Elle a depuis trouvé des applications dans divers domaines exploitant des systèmes thermo-hydrauliques (comme la chimie, la pétrochimie, etc.).

En 1980, l'Union des Industries Chimiques (UIC) a diffusé une version française de cette technique dans son cahier de sécurité numéro 2, portant le titre « Etude de sécurité sur schéma de circulation des fluides ». En analysant systématiquement les variations des paramètres d'une installation afin de déterminer leurs origines et effets, cette approche se révèle particulièrement bénéfique pour l'étude des systèmes thermo-hydrauliques. En effet, des

paramètres tels que le flux, la température, la pression, le niveau ou encore la concentration revêtent une importance cruciale pour la sécurité de l'installation. Cette méthode, par ses caractéristiques, nécessite en particulier l'analyse de schémas et plans de circulation des fluides, appelés schémas P&ID (Diagramme de tuyauterie et instrumentation).

Originellement une technique simple, la méthode HAZOP s'est transformée en un outil d'identification des risques et des problèmes d'exploitation, largement utilisé par diverses industries (à risque), notamment l'industrie pétrolière qui présente des dangers comparables à ceux de l'industrie chimique ou pétrochimique. De plus, elle est aussi appliquée dans des secteurs où les risques sont d'une autre sorte, tels que le nucléaire, l'alimentation et les transports. Le processus d'identification des risques consiste à détecter, énumérer et définir les situations, conditions ou pratiques qui présentent en elles-mêmes un potentiel pour causer des préjudices aux individus, aux biens ou à l'environnement. Ces circonstances, conditions ou pratiques représentent des risques.

II.5.2 Définition de L'HAZOP

L'analyse HAZOP, également connue sous le nom d'Analyse de Perturbations, est une méthode structurée et officielle pour l'identification des risques et des problèmes de fonctionnement dans les installations ou procédés.

L'analyse systématique et la détermination des origines et des résultats des perturbations potentielles lors de l'exploitation des installations permettent en réalité de réaliser une évaluation de l'intégrité opérationnelle du système examiné.

Une perturbation se définit comme une déviation des intentions du concepteur qui peut survenir tant lors d'opérations normales ou de routine des installations que lors des phases de démarrage, d'arrêt, d'entretien, etc.

La méthode HAZOP est un procédé d'identification des problèmes éventuels, sans pour autant chercher à les solutionner.

Le cœur de l'analyse HAZOP se trouve dans les sessions de brainstorming, où une équipe pluridisciplinaire évalue méthodiquement les divers éléments d'un projet en suivant une méthode organisée et stimulante pour l'innovation.

Un chef d'équipe supervise les sessions de réflexion, assurant ainsi leur bonne exécution. La méthode acquiert son caractère structuré et inventif en passant systématiquement en revue les lignes de l'installation. Pour chaque ligne analysée, les intentions de l'auteur sont évoquées et les raisons ainsi que les répercussions des divergences par rapport à ces intentions sont investiguées grâce à l'utilisation de mots clés précis.

II.5.3 Principe de L'HAZOP

La méthode HAZOP est spécifiquement conçue pour l'analyse des risques associés aux systèmes thermohydrauliques, où la maîtrise de paramètres tels que la pression, la température et le débit est essentielle, entre autres.

L'Hazard and Operability Study (HAZOP) ne prend plus en compte les modes de défaillance, mais se concentre sur les possibles déviations (ou dérives) des paramètres primordiaux relatifs au fonctionnement de l'équipement. Pour chaque composante du système étudié (ligne ou maille), la production (conceptuelle) des dérivés s'effectue de façon systématique par la combinaison

$$\text{Mot-clé} + \text{Parameter} = \text{Derive}$$

De mot-clé comme par exemple « Pas de », « Plus de », « Moins de », « Trop de » .

Tableau II.6 Signification des mots guide.

Mot-guide	signification
Pas de	Négation totale
Plus de, trop de	Augmentation quantitative d'un quantité ou d'un paramètre du procédé
Moins de, pas assez de	Diminution quantitative d'un quantité ou d'un paramètre du procédé
Inverse	Opposé logique de l'objectif de procédé
Plus long	La durée d'une opération du procédé est plus longue
Plus courte	La durée d'une opération du procédé est plus courte
Plus tôt	Une opération du procédé se produit avant le moment prévu
Plus tard	Une opération du procédé se produit après le moment prévu

Des paramètres liés au système en question. On fréquemment rencontre des paramètres tels que la température, la pression, le flux, la concentration, sans oublier le temps ou les opérations à réaliser.

Tableau II.7 Exemples de paramètres de la méthode HAZOP.

Grandeurs physiques Mesurable		Operations à réaliser		Actions à réaliser	Functionssituations
Temperature	pH	Chargement	Contrôle	Démarrer	Protection
Pression	Intensité	Dilution	Séparation	Échantillonner	Fuite
Niveau	Vitesse	Chauffage	Refroidissement	Arrêter	Défautd“utilités
Debit	Fréquence	Agitation	Transfert	Isoler	Gel
Concentration	Quantité	Mélange	Maintenance	Purger	Séisme
Contamination	Temps	Réaction	Corrosion	Fermer	Malveillance

L'association de mots-clés et de paramètres opérationnels engendrera une dérive ou déviation de cet indice (température, pression, niveau, débit...).

CHAPITRE II

CADRE THEORIQUE

Tableau II.8 Exemple de matrices potentielle des mots guide et des paramètres.

Mot-guide Paramètre	Plus de	Moins de	pas	inverse	Partiellement incorrecte	Equivalent	Autre que
Pression	Pression trop haute	Pression trop basse	Absence de confinement	Appareil sous vide	Erreur point de mesure de pression	Pressionextérieure	Manqued''air instruments
Température	Trop Chaude	Trop froid	Manque de réchauffage	Manque de refroidissement	Erreur point de mesure de température	Exposition au feu	Réactionexothermiqueend othermique
Débit	Trop grande	Trop petit	Débitnul	Retour de produit	Fausseorigine du produit	Autre phase	Manque de gazinerte
Niveau	Trop haut	Trop bas	Appareil vide	recyclage	Erreur de produit	Moussage expansion	Manqued''énergieélectriqu e
Concentration	Trop forte	Trop basse	Manqued''additif (catalyseur)	Rapport inversé	Erreur de constituant	Densitédéfèrente	contamination
Temps	Opération trop longue	Opération trop courte	Opérationoubliée	Reprise de la même opération	Mauvaiseopération	Addition d''uneautreopération	Démarrage Arrêt
Protection	Risqueinduit par surprotection	Protection Insuffisante	Manque de protection	Impact choc	-----	Chute dispersion	malveillance

L'HAZOP est une méthode qualitative qui fait appel à une équipe multidisciplinaire lors de plusieurs réunions destinées à identifier les causes et les conséquences potentielles de chaque déviation, ainsi qu'à déterminer les mesures déjà en place pour détecter cette déviation, prévenir son apparition ou atténuer ses impacts. Le comité de travail pourrait suggérer des actions correctives à mettre en place afin d'accroître la sécurité.

II.5.4 L'objectif de L'HAZOP

- Conduite de l'étude au sein d'un comité de travail englobant diverses professions Sécurité, ingénierie, exploitation, maintenance...
- Méthode d'analyse systématique associée aux installations à circuits de fluides
- Participation au respect des normes de sécurité.
- Identification des principaux enjeux d'exploitation et de maintenance
- Analyse

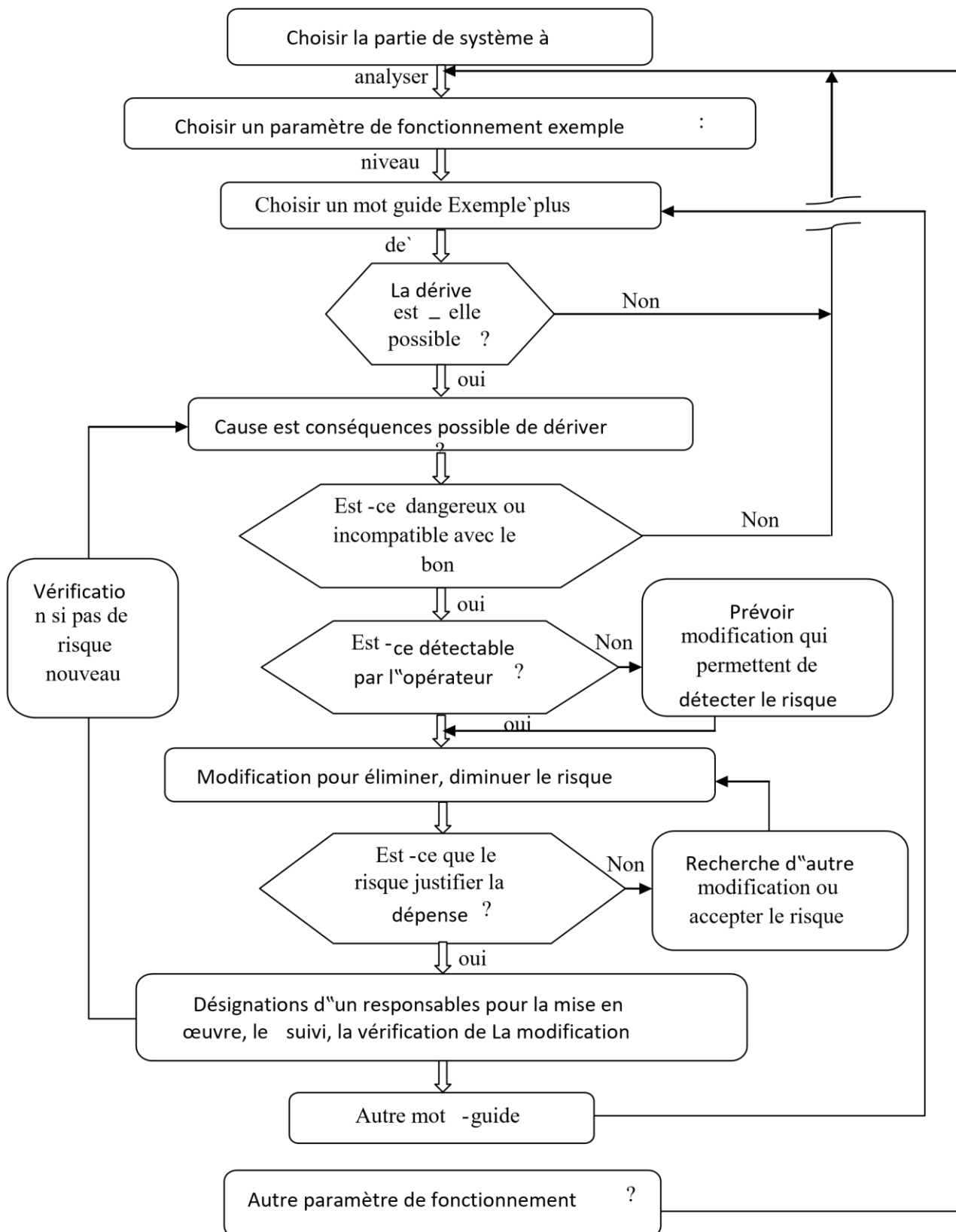
des conséquences et des risques potentiels associés à ces dérives

- Suggestion de mesures correctives appropriées.

II.5.5 Déroulement de L'HAZOP

Le processus d'une analyse HAZOP est réalisé en respectant les étapes ci-après, consultez le schéma.

- a) Au début, sélectionnez une ligne ou une grille. Elle comprend généralement un équipement et ses liaisons, le tout accomplissant une fonction dans le processus identifié lors de la description fonctionnelle.
- b) Sélectionner un paramètre opérationnel
- c) Conserver un mot-clé et examiner la dérive qui lui est associée.
- d) Assurez-vous que la dérive est plausible. Dans l'affirmative, passez au point 5, dans le cas contraire, revenez au point 3.
- e) Déterminer les raisons et les effets possibles de cette déviation.
- f) Analyser les méthodes pour identifier cette dérive ainsi que celles conçues pour en empêcher l'apparition ou réduire ses conséquences.
- g) Suggérer, si nécessaire, des améliorations et des recommandations.
- h) Mémoriser un nouveau mot-clé pour le même paramètre et reprendre l'analyse à partir de ce point.
- i) Une fois que tous les mots-clés ont été pris en compte, il faut retenir un nouveau paramètre et reprendre l'analyse à partir du point 2.
- j) Une fois que toutes les étapes de fonctionnement ont été envisagées, il faut retenir une nouvelle ligne et reprendre l'analyse au point précédent.



II.5.6 Équipe d'étude HAZOP

Pour une étude HAZOP efficace, il est essentiel que l'équipe soit composée d'individus offrant un équilibre optimal entre savoir et expérience pertinente pour le type d'installation projetée.

Voici la composition prévue pour une équipe type HAZOP [51]

- Plans de tuyauterie et d'instrumentation (P&ID) pour l'installation.
- Documentation relative à la philosophie ou à la description du processus.
- Méthodes actuelles d'opération et de maintenance.
- Schémas de causes et conséquences (C&E).
- Agencement d'usine prévu.

Tableau II.9 Rôle Equipe d'étude HAZOP.

Nom	Role
President	Explique le processus HAZOP, dirige les discussions et facilite l'étude HAZOP. Personne ayant une bonne expérience de la méthode HAZOP, mais pas directement impliquée dans la conception, afin de garantir le respect scrupuleux de la method.
Secretaries	Consigne les discussions de la réunion HAZOP et fournit un compte rendu de celles-ci. Consigne les recommandations ou actions.
Ingénieur de procédé	Généralement l'ingénieur responsable de l'organigramme des opérations de procédé et de l'élaboration des diagrammes de tuyauterie et d'instrumentation (P&ID).
Utilisateur/operator	Fournit des conseils sur l'utilisation et l'opérabilité du procédé, ainsi que sur l'incidence d'écarts.
Specialist C&I	Personne ayant les connaissances techniques adaptées en commandes et instrumentation.
Technician de maintenance	Personne chargée de la maintenance du procédé.
Représentant de l'équipe de conception	Fournit des détails relatifs à la conception ou des informations supplémentaires.

II.5.7 Informations utilisées dans l'étude HAZOP

Les éléments suivants doivent être consultables par l'équipe HAZOP

- Plans de tuyauterie et d'instrumentation (P&ID) pour la mise en place
- Documentation sur la philosophie ou la description du processus

- Procédures opérationnelles et de maintenance actuelles
- Schémas de causes et effets (C&E)
- Dispositions d'usine.

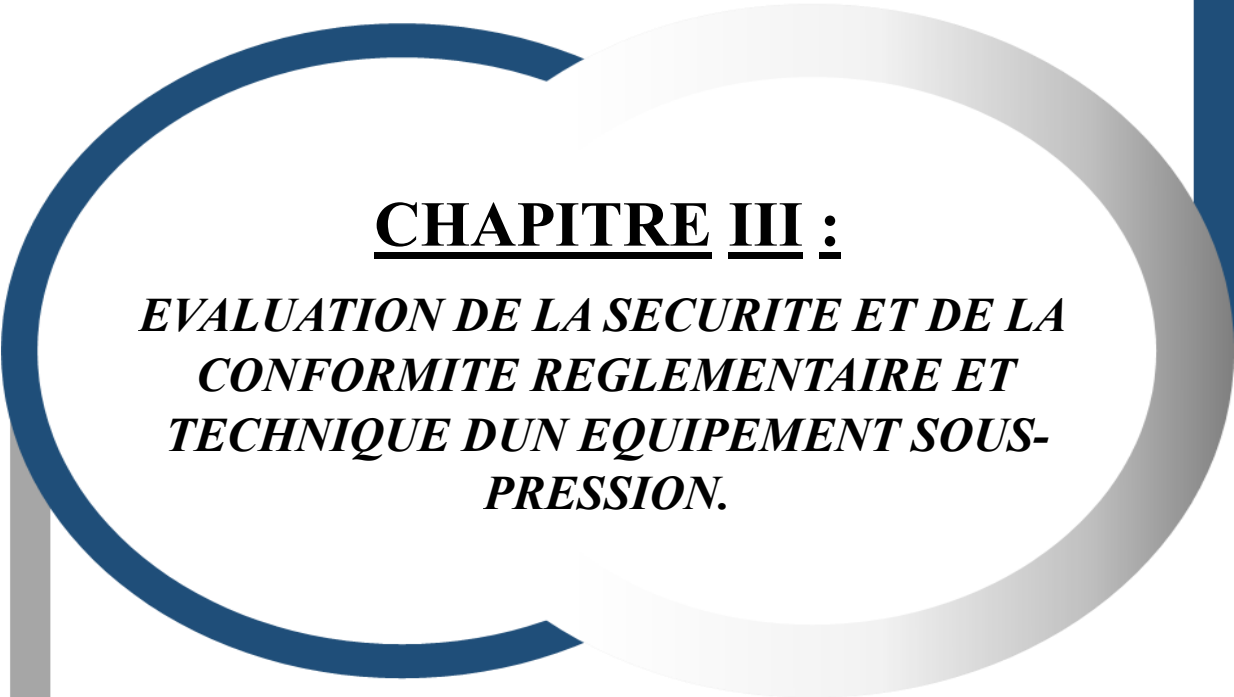
II.5.8 Avantages et limites de la méthode

- HAZOP est une approche particulièrement bien adaptée à l'analyse des dangers dans le secteur des procédés, notamment en chimie.
- HAZOP est un instrument particulièrement performant pour les systèmes thermo hydrauliques. Cette approche a un caractère systématique et méthodique.
- La méthode HAZOP se base sur la déviation des variables, sans toutefois considérer les pannes ou les séquences potentielles résultant de ces déviations.
- Cette approche ne dépeint pas l'installation d'une manière structurée facilement informatisable.
- HAZOP a du mal à examiner les événements qui découlent de l'association simultanée de plusieurs pannes ;
- Il n'est pas toujours aisé d'attribuer un mot-clé spécifique à une partie clairement définie du système à examiner. Cela rend singulièrement difficile l'identification complète des causes possibles d'une dérive

II.6 Conclusion

Ce chapitre a permis de mieux comprendre les bases essentielles de la sécurité industrielle, en clarifiant les notions de danger, de risque et de gestion des risques. Il a montré que la maîtrise des risques et le respect des exigences réglementaires jouent un rôle essentiel dans la prévention des accidents de travail et des maladies professionnelles. Les différents types de risques industriels ont également été présentés afin de mieux identifier leurs conséquences possibles sur les travailleurs, les installations et l'environnement. Par ailleurs, plusieurs méthodes d'analyse des risques ont été abordées, telles que l'APR, l'AMDEC, le nœud papillon et surtout la méthode HAZOP, largement utilisée pour détecter les anomalies et les défaillances dans les procédés industriels. Ainsi, l'ensemble des notions développées dans ce chapitre

constitue une base solide pour la suite de l'étude, qui portera sur l'application pratique de l'évaluation des risques et l'amélioration de la sécurité industrielle.



CHAPITRE III :

***EVALUATION DE LA SECURITE ET DE LA
CONFORMITE REGLEMENTAIRE ET
TECHNIQUE DUN EQUIPEMENT SOUS-
PRESSION.***

III.1

Introduction

Ce chapitre expose une procédure d'évaluation des risques appliquée au consistomètre HP/HT Chandler 8040D10, outil utilisé dans les locaux du laboratoire Huile et Gaz de la DLCC. L'analyse débute par la classification des équipements sous pression, dans le but de repérer les installations essentielles et de choisir l'équipement le plus représentatif pour l'étude. Ensuite, une recherche documentaire a été effectuée, fondée sur les normes réglementaires locales et les spécifications techniques du fabricant, dans le but de déterminer les critères de conformité et de sécurité pertinents.

L'évaluation sur site a été enrichie par l'utilisation de techniques HAZID, SADT et HAZOP afin de détecter les scénarios à risque, d'étudier leurs origines et impacts, puis de suggérer des actions correctives et préventives appropriées pour renforcer la gestion des risques associés à l'appareil.

Processus d'évaluation

III.2 Segmentation, présentation du dispositif, recherche et analyse de documents

III.2.1 Segmentation

L'approche commence par un inventaire complet et une classification des équipements en fonction de leurs familles de risques (radioactivité, équipements sous pression, etc.). Suite à

CHAPITRE III:EVALUATION DE LA SECURITE ET DE LA CONFORMITE
REGLEMENTAIRE ET TECHNIQUE DUN EQUIPEMENT SOUS-PRESSION.

cette classification, un inventaire détaillé des Équipements Sous Pression (ESP) a été constitué, comme illustré dans le tableau suivant

Tableau III.10 Liste d'équipements sous pression de la DLCC

Segment	Laboratoire	Nom Equipement	Description	Année
APG	Pétrophysiques	Core Measurement System CMS 300 (unit 2), SN 16-4155	Mesure du volume des pores et la perméabilité à des pressions de confinement entre 800 psi et 9800 psi sur des échantillons de carottes.	2016
	Pétrophysiques	Core Measurement system CMS 300 (unit 1), SN 16-4153	Mesure du volume des pores et la perméabilité à des pressions de confinement entre 800 psi et 9800 psi sur des échantillons de carott	2016
	Pétrophysiques	ULTRA-PORE 300 CORELAB, SN 13- 2856	Mesure le volume des grains et pores volume, Calcule la porosité des échantillons, Mesure la densité des grains.	2014
	Pétrophysiques	ULTRA-PERM 500 CORELAB, SN 13- 2857	Mesure la perméabilité de 0.001 mD à 30 Darcy avec pression de confinement de 400 à 10000 Psi	2014
	Pétrophysiques	Equipement de Mesure de la Nano- Perméabilité des Réservoirs Tights, SN 153817	Evaluation des paramètres pétrophysiques des réservoirs tights/Contribution à la caractérisation des réservoirs non conventionnels/Détermination des paramètres à haute précision.	2015
	Pétrophysiques	Porosimètre a Helium (Degital Helium Porosimeter), SN WFL-02227-16- NO	Mesure les grains et pores volume, la porosité des échantillons et la densité des grains.	2017
	Pétrophysiques	Porosimètre a Helium (Degital Helium Porosimeter), SN WFL-02228-16- NO	Mesure les grains et pores volume, la porosité des échantillons et la densité des grains.	2017
	Imagerie et CT Scanning	Système d'écoulement (core flowing system), Vinci technologies, SN 320351	Effectuer des essais de base sur les inondations et les écoulements de fluides dans les conditions de température et de pression du resrvoir. Les tests de carottes et de fluides permettent d'évaluer l'effet des differants fluides sur la perméabilité.	2017
	Huiles et Gaz	Filtres presse HP-HT” (Stirred Fluid Loss), Chandler 7120, SN 483	Un appareil à haute pression, à haute température utilisé pour effectuer des tests de perte de fluide agité des boues de ciment conformément aux normes ISO 10426 et API 10A	2019
	Huiles et Gaz	Chambre de durcissememt HPHT Chandler 1910, SN 760	Utilisée pour durcir des échantillons en traction ou en compression de ciments de puits de pétrole à des températures élevées et à des pressions supérieures aux conditions atmosphériques, en simulant des conditions dans le puits	2019
	Huiles et Gaz	Pycnomètre à gaz Accupyc II 1345 TEC, SN 6056	utilisé pour mesurer, à une température déterminée, la masse volumique et la densité d'un produit liquide, pâteux ou solide	2022

CHAPITRE III:**EVALUATION DE LA SECURITE ET DE LA CONFORMITE
REGLEMENTAIRE ET TECHNIQUE DUN EQUIPEMENT SOUS-PRESSION.**

Mesures sur Carottes	PDPK - 400 corelab , SN 20070909	Mesurer la perméabilité à l'air "sans confinement" sur carottes entière slabées ou sur des échantillons.	2007
Pétrophysiques	Perméamètre à gaz(Digital Gas Permeameter), SN WFL-02229-16- NO	Mesure la perméabilité de 0.001mD à 30 Darcy avec pression de confinement de 400 à 500 Psi.	2017
Pétrophysiques	Perméamètre à gaz(Digital Gas Permeameter), SN WFL-02230-16- NO	Mesure la perméabilité de 0.001mD à 30 Darcy avec pression de confinement de 400 à 500 Psi.	2017
Huiles et Gaz	Compressive Strenght Tester Chandler 7207D, SN 407	Utilisé pour tester la résistance à la compression d'échantillons de cubes de ciment	2019
Huiles et Gaz	Consistomètre atmosphérique Chandler 1200, SN 1482	Utilisé pour la détermination de la teneur en eau du lisier, la perte de fluide et les propriétés rhéologiques des coulis de ciment	2019

Source élaboré par moi-même sur la base d'un document interne

Pour affiner notre étude, nous avons choisi un appareil particulier dans cette liste le consistomètre. C'est sur ce dispositif que se poursuit notre évaluation.

III.2.2 Présentation du matériel sujet à l'analyse LE CONSISTOMETRE HP/HT Chandler [2.1]

Le consistomètre HP/HT (Haute Pression / Haute Température) est un instrument de laboratoire principalement utilisé dans le secteur des hydrocarbures pour analyser le comportement rhéologique et la durée de prise des coulis de ciment pétrolier dans des conditions qui reflètent celles des puits profonds. Il offre la possibilité de reproduire les contraintes thermomécaniques réelles qui se présentent lors des processus de cimentation, y compris les conditions de haute pression et haute température.

L'appareil est principalement constitué d'une enceinte sous pression, d'un système de chauffage régulé, d'un mécanisme hydraulique de pressurisation, d'un moteur agitateurr et d'un dispositif de mesure du couple résistant. La consistance du ciment est définie en termes d'unités Bearden, qui sont déterminées selon le couple que l'agitateur impose à l'échantillon.

Le consistomètre est contrôlé par un système de commande et d'acquisition de données qui autorise l'enregistrement continu des paramètres opérationnels tels que la pression, la température et la consistance.

Étant donné son utilisation dans des conditions extrêmes, le consistomètre HP/HT est catégorisé comme un équipement sous pression et doit être manipulé avec une rigueur absolue,

respectant les procédures opérationnelles, les normes réglementaires actuelles et les principes de sécurité industrielle. Cela est essentiel pour éviter les dangers tels que la surpression, la surchauffe, les fuites ou les pannes mécaniques. [2.1]



Figure III.33 Panel électrique du consistomètre 8040D1

Source model 8040D10 CHANDLER ENGINEERING

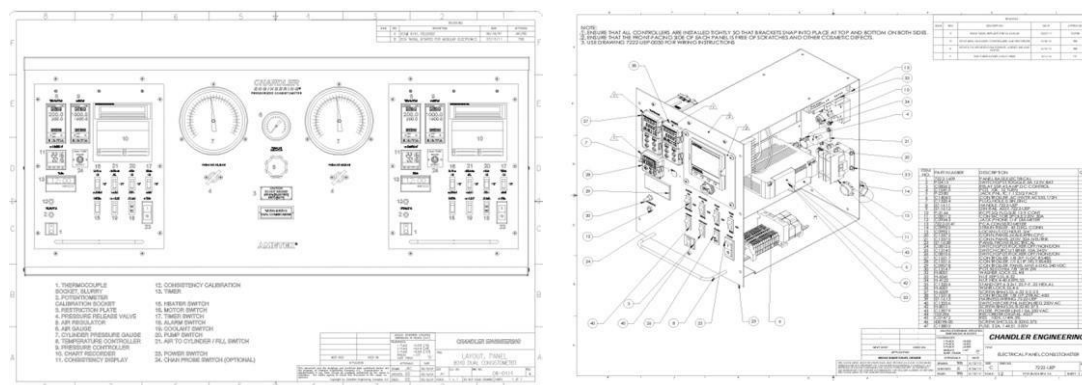


Figure III.34 Lay-out panel du consistomètre 8040D10

Source model 8040D10 CHANDLER ENGINEERING

III.2.3 Caractéristiques techniques de l'équipement

Le consistomètre HP/HT Chandler 8040D10 reproduit les conditions présentes dans un puits de pétrole (jusqu'à 40 000 psi et 315°C).

Tableau III.11 Specification's techniques

Paramètres	Valeur	Description
Pression max	40 000 psi (275 MPa)	Générée par pompe hydraulique à air
Température max	600°F (315°C)	Chauffage 5000 W contrôlé
Vitesse rotation coupe	150 rpm	Cuve cylindrique avec pale fixe

Plage consistance	0-100 Bc (Bearden units)	Mesure torque via ressort standard
Fluide de pression	Huile minérale blanche	-
Alimentation	240 VAC, 50/60 Hz, 7.5 Kva	Air comprimé 75-125 psi
Dimensions/Poids	143×96×190 cm / 1090 kg	Double cellule possible (8040D)

Source API RP 10B-2 – Recommended practice for testing well cements

III.2.4 Emploi du consistomètre pour les tests de ciment

L'appareil est employé pour effectuer les tests standardisés concernant le comportement des coulis de ciment, y compris les essais de durée d'épaississement (Thickening Time), de perte de fluide (Fluid Loss), de rhéologie et de séparation d'eau libre (Free Water). Ces tests sont essentiels pour la conception et l'homologation des mélanges de ciments pétroliers, notamment dans le cadre des conditions rigoureuses observées dans les champs au sud de l'Algérie (par exemple, Hassi Messaoud). Le coulis de ciment est placé dans une cuve qui tourne sous des conditions simultanées de haute pression et haute température, dans le but de simuler précisément les conditions thermomécaniques véritables du puits. La consistance est évaluée de manière continue et en temps réel. [2.1]

III.2.5 Entretien et Sécurité [2.1]

Le consistomètre HP/HT est pourvu de mécanismes de sécurité réglementaires, comprenant des soupapes de secours et des manomètres, qui font l'objet d'examens et d'inspections réguliers obligatoires. L'exploitation sous des conditions de haute pression et haute température (HP/HT) nécessite la réalisation d'une analyse de risques détaillée, la certification, l'entraînement spécifique des opérateurs, ainsi que le port impératif et rigoureux d'équipements de protection individuelle (EPI). L'entretien du consistomètre implique l'examen de l'étanchéité (joints), l'étalonnage des capteurs essentiels (thermocouples, couple de mesure) et la vidange du fluide hydraulique, dans le but de garantir la solidité mécanique et la fiabilité des mesures.

III.2.6 Mode Opérateur Du Consistomètre [2.1]

Le processus intégral d'utilisation du Consistomètre du Laboratoire Ciments Pétroliers, allant du remplissage de la cellule à la phase de restauration de l'appareil, est détaillé dans les étapes ci-dessous.

III.2.7 Exécution de l'essai [2.1]

1. Complétez la cellule en y mettant le laitier.

2. Positionner la cellule à l'intérieur du cylindre.
3. Pour assurer le positionnement correct de la cellule, activez le moteur en plaçant l'interrupteur MOTOR en position ON.
Positionner le potentiomètre.
5. Refermez le couvercle jusqu'à ce que les deux flèches soient en alignement, puis positionnez le thermocouple. 6. Fermez la vanne de purge.
7. Positionnez le bouton CYLINDER sur FILL.
8. Serrer le thermocouple une fois que le cylindre déborde d'huile.
9. Positionnez le bouton PUMP sur MANUEL jusqu'à atteindre une pression de 0.4 Kpsi, puis passez-le en mode AUTO.
10. Positionner le bouton CHAUFFAGE sur ON.
11. Démarrer l'essai à l'aide du programme installé sur l'ordinateur connecté à la machine.
12. Lancez le MINUTERIE.

III.2.8 Fin du test [2.1]

1. Le test se termine automatiquement lorsque la consistance atteint 100 BC.
2. Positionnez les boutons MOTOR, CYLINDER, PUMP, TIMER et HEATER sur OFF.
3. Activer le bouton COOLANT en position ON pour refroidir le cylindre.
4. Activer la vanne de purge pour éliminer l'air et travailler dans des conditions sûres.
5. Évacuez l'huile en utilisant le bouton CYLINDER en position DRAIN.
6. Le bouton CYLINDER doit être en position OFF lorsque l'huile est transférée du cylindre au réservoir.
7. Démontez le thermocouple et ouvrez le cylindre.
8. Préparez la machine, la cellule et le consistomètre en les nettoyant pour les tests à venir. Une recherche minutieuse est par la suite effectuée pour déterminer les documents de référence (présents dans le tableau). Cette étude documentaire permet d'extraire les exigences d'évaluation cruciales

Le contexte réglementaire adhésion aux exigences légales conformément au décret pertinent.

Le contexte technique respect des critères des fiches techniques fournies par le fabricant.

Tableau III.12 Documents de référence

Cadre	Cadre réglementaire	Cadre technique
Document de référence (référentiel)	Décret exécutif n 90-245 du 18/08/1990 portant réglementation des appareils a pression de gaz	Manuel d'instructions Chandler engineering

Source élaboré par moi-même

III.3 Réalisation de l'évaluation et analyse critique des écarts

Cette étape implique la mise en œuvre de l'évaluation sur le terrain, suite à une planification en collaboration avec les services appropriés.

L'objectif de l'audit est de contrôler deux aspects principaux

Le respect des réglementations veiller à une application rigoureuse et au respect des obligations juridiques actuelles.

La conformité opérationnelle s'assurer que l'emploi du consistomètre est en totale concordance avec les normes techniques et les procédures de sécurité définies par le fabricant.

Les checklists de contrôle mises en place sont détaillées ci-dessous

CHAPITRE III:

EVALUATION DE LA SECURITE ET DE LA CONFORMITE REGLEMENTAIRE ET TECHNIQUE DUN EQUIPEMENT SOUS-PRESSION.



Exploration & Production
Division Laboratoires
Direction Laboratoires & Cartothèque Centrale
Service HSE

CHECKLIST D'EVALUATION DE LA CONFORMITÉ TECHNIQUE

N° Doc	CL/ECT-00/01
Révision	00
Date	29/01/2026
Référentiel	Manuel d'instruction
Laboratoire	Ciments Pétroliers
Équipement	Consistomètre HP/HT Chander 8040D10

Exigence	Oui	Non	NC	Commentaire
1. Installation et Sécurité Électrique				
Le câblage du laboratoire supporte-t-il une charge de 50 ampères et est-il conforme aux codes locaux ?	☒	☐	☐	Il dispose d'une alimentation séparée
L'instrument est-il solidement relié à une prise de terre appropriée, avec un fil de terre de diamètre supérieur aux conducteurs de tension d'alimentation ?	☒	☐	☐	
Les connecteurs d'alimentation à verrouillage sont-ils correctement branchés à l'arrière de l'unité ?	☒	☐	☐	
Une fiche d'alimentation et une prise correspondante sont-elles utilisées pour garantir la sécurité de l'opérateur ?	☒	☐	☐	
2. Intégrité de la Cellule de Pression				
Le joint est-il adapté aux conditions de test ? (Viton/Métal)	☐	☒	☐	Seul un joint métallique est utilisé (ses capacités sont supérieures à celles du Viton. Il supporte les valeurs seuils du test), afin de simplifier la procédure en évitant un changement de joint systématique.
Le repère d'alignement du bouchon correspond-il exactement à celui du cylindre ?	☐	☒	☐	
L'opérateur applique-t-il systématiquement de la graisse haute température sur les filets du bouchon avant chaque essai ? Y a-t-il des traces d'huile au niveau du filetage du bouchon de la cellule ou des records haute pression ?	☐	☒	☐	
Le filetage du collier et de l'écrou du presse-étoupe est-il intact ? Les bornes du thermocouple présentent-elles des signes de corrosion ou de rouille ?	☒	☐	☐	L'examen visuel ne révèle aucune trace d'oxydation ou de rouille.
3. Exigences de la Norme API Spec 10A				
La vitesse est-elle vérifiée et maintenue à 150 rpm ± 15 rpm ?	☐	☒	☐	En raison d'absence de moyens de vérification.
Le ciment est-il sous pression dans les 5 minutes suivant le mélange ?	☐	☒	☐	Cela dépend du type de test effectué.
Le potentiomètre est-il étalonné pour afficher 100 Bc (unités Bearden) avec un couple de 2080 g-cm (400 g de poids sur le dispositif d'étalonnage) ?	☒	☐	☐	Avec une fréquence trimestrielle
Le système de mesure de température est-il vérifié mensuellement pour sa précision ?	☐	☒	☐	En raison d'absence de moyens de vérification.
La précision de la minuterie est-elle vérifiée tous les six mois ?	☐	☒	☐	En raison d'absence de moyens de vérification.
4. Suivi et Inspection en Exploitation				
La température du cylindre est-elle redescendue en dessous de 190°F (88°C) avant de procéder au drainage de l'huile ?	☒	☐	☐	Attente de refroidissement sous 40°C avant ouverture pour une sécurité accrue
Le cylindre reste-t-il fermé tant que la température est supérieure à 212°F (100°C) pour éviter les projections de vapeur ?	☒	☐	☐	Attente de refroidissement sous 50°C avant ouverture pour une sécurité accrue
La valve manuelle est-elle ouverte par incréments lents pour éviter la rupture du diaphragme de la coupelle à coulis ?	☒	☐	☐	
L'alarme est-elle configurée pour se déclencher à 100 Bc, coupant automatiquement le chauffage, le moteur et le chronomètre ?	☒	☐	☐	
5. Maintenance Préventive et Sécurité				
Le disque de rupture est-il remplacé annuellement ?	☐	☒	☐	En l'absence de contrat d'entretien avec le constructeur.
L'élément chauffant est-il testé annuellement pour détecter tout défaut d'isolation ou fuite de tension (risque de choc électrique ou de piqures du cylindre) ?	☐	☒	☐	En l'absence de contrat d'entretien avec le constructeur.
La pale de la coupelle à coulis est-elle pesée tous les 20 tests et remplacée si elle a perdu 20% de son poids initial ?	☐	☒	☐	
Le filtre est-il inspecté mensuellement et remplacé annuellement ?	☐	☒	☐	La fréquence n'est pas prédéfinie ; le remplacement se fait en fonction de son état.
L'huile utilisée est-elle exclusivement de l'huile minérale blanche ?	☒	☐	☐	
Disposez-vous d'un kit de joints et d'un disque de rupture de secours en stock ?	☒	☐	☐	
La vanne de régulation est-elle été nettoyée annuellement ?	☐	☒	☐	

Figure III.35 Checklist d'évaluation de la conformité technique

Source élaborée par moi même

CHAPITRE III:

EVALUATION DE LA SECURITE ET DE LA CONFORMITE REGLEMENTAIRE ET TECHNIQUE DUN EQUIPEMENT SOUS-PRESSION.



Exploration & Production
Division Laboratoires
Direction Laboratoires & Carothèque Centrale
Service HSE

CHECKLIST D'EVALUATION DE LA CONFORMITÉ REGLEMENTAIRE

N° Doc	CL/ECR-00/01
Révision	00
Date	29/01/2026
Référentiel	Décret exécutif n° 90-245
Laboratoire	Ciments Pétroliers
Equipement	Consistomètre HP/HT Chander 8040D10

Article	Exigence	Oui	Non	NC	Commentaire
1. Conception et Sécurité					
Art. 4	Les matériaux sont-ils résistants aux actions chimiques des fluides contenus ?	☐	☒	☐	Indisponibilité de l'information
Art. 4	Les matériaux sont-ils résistants aux actions chimiques des fluides contenus ?	☐	☒	☐	Indisponibilité de l'information
Art. 4	Pour les parois sujettes à la corrosion/érosion, une surépaisseur ou protection est-elle prévue ?	☐	☒	☐	Indisponibilité de l'information
Art. 5	Le taux de travail du métal est-il inférieur à 1/3 de la résistance à la rupture et 5/8 de la limite d'élasticité ?	☐	☒	☐	Indisponibilité de l'information
2. Equipements de Sécurité					
Art. 6	L'appareil possède-t-il les équipements requis : soupape, indicateur de niveau, manomètre, thermomètre, ouverture de visite, dispositif de purge ?	☐	☒	☐	L'appareil est doté uniquement d'un manomètre pour lequel aucun étalonnage n'a été effectué.
3. Marquage et Identification					
Art. 7	L'appareil porte-t-il une plaque (métal ou rivets) avec le nom du constructeur, le lieu, l'année et le numéro de fabrication ?	☒	☐	☐	
Art. 7	La plaque indique-t-elle le volume intérieur, la pression maximale de service et la pression d'épreuve (en bars) ?	☐	☒	☐	La plaque indique uniquement la pression maximale de service
Art. 7	Les marques d'identité sont-elles placées de façon à rester apparentes ou visibles lors des vérifications ?	☒	☐	☐	
4. Épreuves et Vérifications					
Art. 11	L'appareil a-t-il subi une épreuve à la pression hydraulique avant sa mise en service ?	☐	☒	☐	Indisponibilité de l'information
Art. 11	La pression d'épreuve est-elle au moins égale à 1,5 fois (3/2) la pression de calcul ?	☐	☒	☐	Indisponibilité de l'information
Art. 11	La date d'épreuve et le poinçon des mines sont-ils apposés à côté de la marque de pression d'épreuve ?	☐	☒	☐	
Art. 12	Existe-t-il un certificat de conformité pour utilisation dans le pays d'origine ?	☐	☒	☐	Indisponibilité de l'information
Art. 13	L'épreuve a-t-elle été renouvelée tous les 10 ans ? (Appareil fixe)	☐	☐	☒	L'appareil n'a pas atteint l'ancienneté requise de 10 ans pour l'épreuve.
Art. 13	L'épreuve est-elle renouvelée après toute réparation notable ?	☐	☒	☐	Aucune réparation majeure n'a été effectuée.
Art. 14	Un certificat de vérification complète a-t-il été établi avant le renouvellement de l'épreuve ?	☒	☐	☐	Une vérification est menée à une fréquence annuelle par un organisme externe reconnu
5. Exploitation et Maintenance					
Art. 17	Une déclaration de mise en exploitation a-t-elle été faite au service des mines territorialement compétent ?	☐	☒	☐	
Art. 18	Un registre d'entretien à pages numérotées est-il tenu pour noter les épreuves, examens, nettoyages, et les réparations ?	☒	☐	☐	
Art. 19	Une visite complète (intérieur et extérieur) est-elle effectuée au moins tous les 3 ans ?	☐	☒	☐	
6. Protocole d'accident					
Art. 21	En cas de rupture accidentelle ou d'accident grave, le service chargé des mines a-t-il été averti sans retard ?	☐	☐	☒	Aucun accident n'a été signalé
Art. 21	L'état des lieux après accident est-il maintenu présenté jusqu'à l'enquête officielle (sauf secours) ?	☐	☐	☒	Aucun accident n'a été signalé

Figure III.36 Checklist d'évaluation de la conformité réglementaire

Source élaborée par nous même

Suite à l'évaluation sur le terrain, les informations recueillies sont agrégées et examinées pour mettre en parallèle la situation constatée avec les exigences déterminées lors de l'analyse documentaire. Cette étude permet d'identifier les non-conformités, qu'elles soient d'ordre

technique ou réglementaire, et de déterminer les mesures correctives et préventives requises pour garantir la conformité et la fiabilité de l'équipement examiné.

Pour affiner l'analyse, une étude HAZOP (Hazard and Operability Study) est mise en place. Cette approche permet de reconnaître et d'apprécier systématiquement les risques liés à l'équipement, en examinant les écarts possibles de ses paramètres opérationnels par rapport aux conditions standards. Le but est de prévoir les circonstances à risque et d'améliorer le degré de sécurité en opération.

III.3.1 Mise en œuvre de la méthode HAZOP

III.3.2 Étape de préparation HAZOP pour le système HP/HT Chandler du Consistomètre.

Cette phase préliminaire établit le contour exact de la recherche avant l'examen des écarts.

Limites opérationnelles Exécution intégrale d'un test API RP 10B-2 « Thickening Time »

Exclusions Production de coulis (laboratoire voisin), entretien correctif, étalonnage du couple annuel.

Thématiques visées Sécurité ESP (danger de rupture de cuve), respect du décret 21-261 en Algérie.

Portée de la cellule 1.

III.4 La méthode de conduite du test API RP 10B-2

L'API RP 10B-2, la seconde édition (2013, reconduite) de la norme internationale pour les tests de coulis de ciment dans des conditions de forage pétrolier, est équivalente à l'ISO 104262. Elle établit les procédures normalisées pour le consistomètre HP/HT Chandler 8040D10, y compris le test crucial du « Thickening Time » pour des laboratoires pétroliers tels que celui d'Ouargla.

III.4.1 Procédure Thickening Time

Tableau III.11 Procédure Thickening Time

Étape	Action	Paramètres	Critères Acceptation
Préparation	Mélange API (4 500 rpm puis 300 rpm)	475 ml coulis	Densité 15.6- 16.6 ppg
Chargement	-Remplir cuve -purger huile -fermer	Vérification fuites Thermocouple	Joints Viton intacts
Pressurisation	Pompe hydraulique +40k psi	Huile minérale, <5 min	±50 psi stabilité
Chauffe	5kW → T cible	<15 min à 315°C max	±0.5°C précision
Rotation	150 ±15 rpm continue	Pale tungstène fixe	Torque 0-150 Bc
Mesure	Enregistrer Bc vs temps	100 Bc = fin pompage	Courbe sans gel précoce

Source [2.1]

III.5 Identification des scenarios possible par la méthode HAZID**Tableau III.13 METHODE SADT**

N° Activité / Étape	Danger identifié	Causes possibles	Conséquences	Mesures existantes
1	Préparation du coulis de ciment	Contact avec produits manipulation sans protection	Erreur de dosage, non conforme formulation	Irritation, essai chimiques / préparation, EPI mauvaise
2	Remplissage de la cellule	Mauvaise manipulation	Mauvais dosage	Fuite de fluide cellule et joints, sous pression
3	Mise en pression	Surpression	réglage du thermostat,	Manomètre, soupape de la cellule système
4	Montée en température	Surchauffe de thermostat,	hydraulique	projection de fluide
5	Agitation et des paramètres d'acquisition	Défaillance du capteur	Bug logiciel,	Perte de enregistrement
			problème données d'essai	contrôle et logiciel

Ouverture sous

6 Dépressurisation pression ou à Non-respect de Brûlures, Procédure de
et ouverture haute la procédure projection de dépressurisation
température fluide

Source élaborer par moi-même

Suite à l'identification des scénarios potentiels, nous avons entrepris d'analyser les quatre scénarios les plus susceptibles, choisis en collaboration avec l'équipe du service Huile et Gaz.

-Avant cette étape, chaque système associé aux scénarios étudiés a été décomposé en plusieurs sous-systèmes afin de mieux identifier et analyser les causes possibles, en s'appuyant sur la méthode d'analyse SADT.

Dans cette partie du chapitre, les actigrammes obtenus par la méthode SADT et les tableaux récapitulatifs des résultats de la méthode HAZOP seront exposées

III.5.1 Paramètre 1 Pression

-**Déviati**on Surpression de la cellule.

-**Mot guide** plus de

Figure III.37 actigramme de la déviation surpression dans la cellule

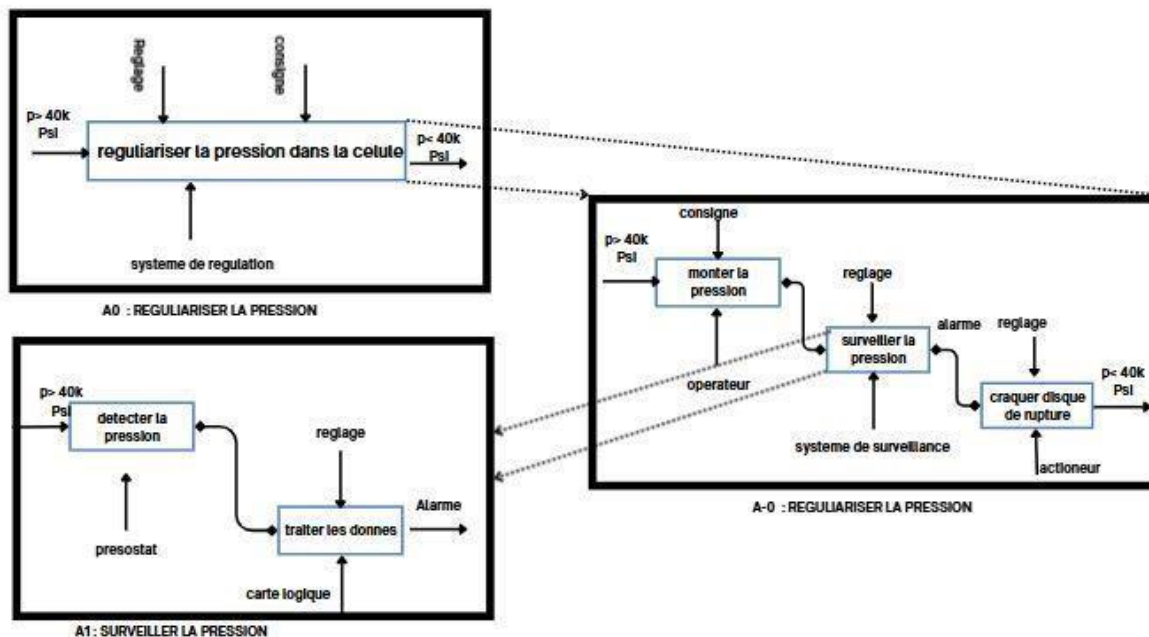


Tableau III.14 tableau récapitulatif n.01

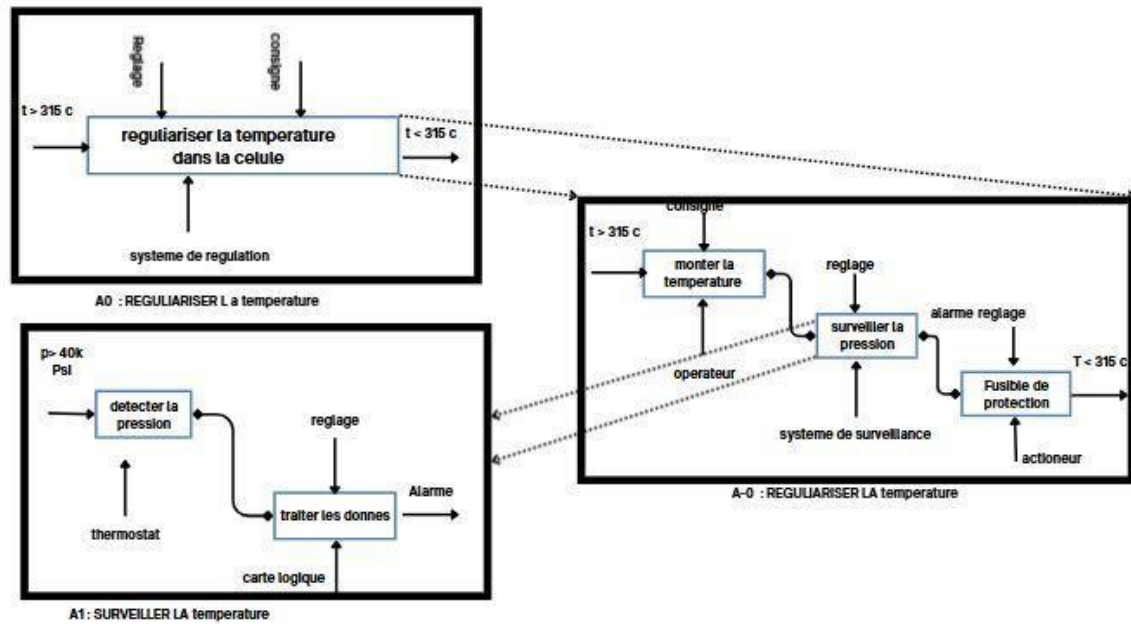
CAUSE POSSIBLE	CONSEQUENCE	G	P	CR	PREVENTION	PROTECTION	G	P	CR	RECOMMANDATION	G	P	CR
-Défaillance du régulateur de pression. - Vanne de décharge bloquée. - Erreur opérateur lors de la pressurisation.	-Rupture du confinement. -Projection de fluide chaud. -Blessures graves ou mortelles. -Explosion l'intérieur de la cellule.	G3	P3		-Manomètre. -Soupape de sécurité.	-Arrêt d'urgence.	G3	P1		-Ecran de protection -enveloppement double proies. -Arrêt automatique. -Étalonnage systématique Déplacement du pilote de control process l'extérieur du labo (à l'écart de l'équipement).	G2	P1	

III.5.2 Paramètre 2 Température

-Déviation surchauffage de la cellule.

-Mot guide plus de

Figure III.38 actigramme de la déviation surchauffage dans la cellule



Source élaborer par moi-même

Tableau 15 tableau récapitulatif n.02

CAUSE POSSIBLE	CONSEQUENCE	G	P	CR	PREVENTION	PROTECTION	G	P	CR	RECOMMANDATION	G	P	CR
-Défaillance du régulateur de température. - Thermocouple défectueux. - Chauffage maintenu en marche.	-Fluage ou dilatation excessive des composant sou contrainte thermique. -Explosion mécanique (rupture). -Brulure grave ou mortelle.	G3	P3		Fusible de protection.	-Thermostat. - Limiteur haute température.	G3	P2		-Alarme audible. -Système instrumente sécurité (SIL 2). -Arrêt automatique. -Déplacement du pilote de control process à l'extérieur du labo (à l'écart de l'équipement).	G3	P1	

Source élaborer par moi même

III.5.3 Paramètre 3

Température

-Déviation Ouverture de la cellule sous pression

-Mot guide Autre que / Erreur humaine.

Tableau III.16 tableau récapitulatif n.03

CAUSE POSSIBLE	CONSEQUENCE	G	P	CR	PREVENTION	PROTECTION	G	P	CR	RECOMMANDATION	G	P	CR
----------------	-------------	---	---	----	------------	------------	---	---	----	----------------	---	---	----

CHAPITRE III:

EVALUATION DE LA SECURITE ET DE LA CONFORMITE REGLEMENTAIRE ET TECHNIQUE DUN EQUIPEMENT SOUS-PRESSION.

-Non-respect de la procédure. Ouverture avant dépressurisation et refroidissement. -Inconnaissance, inattention.	Fuite + Brulure mineur voir grave.	G3	P3		- Interdiction d'ouverture à haute température. -System de depressurization	EPI	G2	P2	Système de verrouillage automatique.	G1	P1	
--	------------------------------------	----	----	--	--	-----	----	----	--------------------------------------	----	----	--

Source élaborer par moi-même

III.5.4 Paramètre 4 données de teste

-**Déviati**on défaillance de système d'acquisition \ enregistrement (pilote) pendant le test.

-**Mot guide** Perte, interruption ou corruption

Tableau III.17 tableau récapitulatif n.04

CAUSE POSSIBLE	CONSEQUENCE	G	P	CR	PREVENTION	PROTECTION	G	P	CR	RECOMMANDATION	G	P	CR
-Bug du logiciel d'acquisition. -Saturation de la mémoire de stockage. - Défaillance du disque dur Mauvaise communication capteurs-PC (câble, interface).	-Perte totale ou partielle des données d'essai. -Essai non exploitable ou invalide. -Absence de traçabilité des résultats.	G3	P2		-Vérification de l'espace disque avant essai test du système d'acquisition à vide. -Formation spécifique des opérateurs. -Mise à jour contrôlée des logiciels.	-Sauvegarde automatique en temps réel. -Redondance des supports de stockage. - Alarmes en cas de perte de signal.	G3	P1		-Mise en place d'une double sauvegarde automatique (local + externe). - Procédure écrite de démarrage et d'arrêt du logiciel. -Vérification périodique du système informatique. -Enregistrement et analyse systématique des incidents de données.	G2	P1	

III.6 Mesures de mise en sécurité et en conformité de l'équipement

Suite à l'évaluation des risques, l'identification des situations critiques et la vérification de la conformité technique et réglementaire du matériel, il s'avère indispensable d'établir une série d'actions correctives et préventives classées par ordre de priorité. Ce programme vise à minimiser les risques résiduels, à consolider le contrôle technique et organisationnel, ainsi qu'à garantir que l'installation respecte les normes et réglementations actuelles, y compris celles

concernant les équipements sous pression et les dispositifs de sécurité. Voici les mesures suggérées

- Le recours à un prestataire d'étalonnage et d'essais accrédité Faire appel à un organisme tiers accrédité selon la norme ISO/CEI 17025, Afin de *Garantir l'étalonnage des manomètres et le tarage des soupapes.*
- Assurer la conformité technique garantir un respect strict des spécifications du constructeur et des normes en vigueur.
- Le recours à un prestataire externe de maintenance Externaliser les opérations de contrôle, de maintenance et d'entretien critiques à un prestataire spécialisé et officiellement reconnu par le constructeur Chandler.
- Relocalisation de la station pilote du consistomètre Procéder au déplacement de la station en dehors de l'enceinte du laboratoire pour isoler les risques et libérer l'espace de travail.
- Protection des données du test Mettre en place un protocole de sauvegarde doublée pour prévenir toute perte de données expérimentales
- Sauvegarde Locale Archivage automatique sur un support physique dédié ou serveur interne au site.
- Sauvegarde Externe Duplication des données sur un cloud sécurisé ou un serveur distant hors site.
- L'algérienisation de l'équipement régulariser la situation administrative de l'équipement conformément au décret exécutif 90 245.
- Etablissement de plan d'aménagement du laboratoire élaborer un plan d'implantation des locaux assurant l'efficacité opérationnelle, la prévention des risques professionnels et le respect des normes applicables.
- Actualisation du registre de maintenance Doter l'équipement d'un registre d'entretien dûment renseigné, en conformité avec les dispositions du décret exécutif n° 90-245.

Suite à cette étude, un plan d'action a été conçu pour structurer les actions à entreprendre, en précisant les intervenants responsables et les dates limites correspondantes, le tout organisé en fonction des niveaux de priorité.

Tableau III.18 Plan action

Action	Responsable	Echéance	Etat d'avancement
Assurer la conformité technique	D. Analyse	Fin 2027	Fixé après la validation du plan d'actions
Relocalisation de la station pilote du consistometre	D. Analyse	Fin 2026	
Protection des données du test	D. Analyse Sce IT	2026	
Actualisation du registre de maintenance	D. Analyse	Après chaque intervention	
Le recours à un prestataire d'étalonnage et d'essais accrédité	D. Analyse Sce MNT D. AG	Fin 2027	
L'algérienisation de l'équipement	D. Analyse DAG	2027	
Le recours à un prestataire externe de maintenance	D. Analyse Sce DAG Sce MNT	2027	
Etablissement de plan d'aménagement du laboratoire	D Analyse D. AG Bureau d'étude d'architecture	2026	

Source élaborer par moi-même

III.7 Conclusion

Ce segment a facilité une évaluation détaillée du consistomètre HP/HT Chandler 8040D10, jugé comme un appareil soumis à une pression critique au sein du laboratoire Huile et Gaz. L'examen documentaire, l'évaluation de conformité et l'usage des techniques HAZID, SADT et HAZOP ont abouti à la détection des scénarios de risques majeurs associés à son utilisation.

Le risque majeur identifié lors des analyses de scénario est la surpression de la cellule, compte tenu de ses effets potentiellement sévères comme la rupture du confinement, l'éjection de fluide chaud et le danger d'explosion. Bien qu'il existe déjà des mesures de sécurité, il reste encore plusieurs améliorations techniques et organisationnelles à mettre en place.

Pour conclure, un plan d'action priorisé a été conçu pour accroître la sécurité, le respect des normes et la fiabilité de l'équipement.

Conclusion générale

Cette étude, réalisée au sein du laboratoire des Ciments Pétroliers de SONATRACH, avait pour objectif d'évaluer la conformité du consistomètre en s'appuyant à la fois sur le décret exécutif n° 90-245 relatif aux appareils à pression de gaz et sur les exigences techniques du constructeur. Elle a également permis de mener une analyse des risques à l'aide de la méthode HAZOP.

Les résultats obtenus ont mis en évidence plusieurs écarts entre les pratiques observées et les exigences réglementaires et techniques applicables. L'analyse HAZOP a montré que les risques les plus critiques sont principalement liés aux situations de surpression, de surchauffe, aux défaillances des systèmes de contrôle ainsi qu'aux erreurs humaines lors des manipulations. Malgré l'existence de certaines mesures de sécurité, des insuffisances demeurent au niveau des barrières de protection et de l'organisation des procédures.

À travers cette étude, il apparaît que l'exploitation des équipements sous pression dans l'industrie pétrolière nécessite une maîtrise rigoureuse des aspects techniques, organisationnels et réglementaires. Les recommandations proposées constituent ainsi une base d'amélioration visant à renforcer la sécurité, la conformité et la fiabilité de l'équipement étudié.

Perspectives futures

Dans une perspective d'amélioration continue, il serait intéressant d'étendre cette démarche d'évaluation à l'ensemble des équipements sous pression du laboratoire. Le renforcement de la digitalisation des systèmes de contrôle et de sauvegarde pourrait également améliorer la fiabilité des essais et la traçabilité des données. Par ailleurs, la mise en place de formations périodiques dédiées aux opérateurs contribuerait à réduire davantage les risques liés aux erreurs humaines. Enfin, l'intégration d'outils d'analyse de risques plus avancés permettrait d'optimiser la gestion de la sécurité au sein des laboratoires pétroliers.

Bibliographie

- [1] ISO 45001 2018 sur les systèmes de management de la santé et sécurité au travail [2]
« Aspects liés à la sécurité Principes directeurs pour les inclure dans les Normes »
Organisation internationale de normalisation 1999.
- [3] ISO 31000
- [4] COSO (2004). Cadre intégré de gestion des risques d'entreprise.
- [5] Algérie. (15 mai 1993). Décret exécutif n° 93-120 concernant la sécurité au travail. Journal officiel.
- [6] Algérie. (1993, 15 mai). Décret exécutif n° 93-120 fixant les tableaux des maladies professionnelles. Journal Officiel.
- [7] -ISO/IEC 17000 2020 – Évaluation de la conformité – Vocabulaire et principes généraux.
- [8] - Anthony TARANTINO, 2008. Manuel de Gouvernance, Risque et Conformité Directives et Meilleures Pratiques en matière de Technologie, Finance, Environnementales et Internationales. Hoboken, NJ John Wiley & Sons.
- [9] Évaluation de la conformité Florence Gillet-Goinard et Christel Monar. Le kit d'outils pour la santé, la sécurité et l'environnement. 5ème édition, Dunod, 2022.
- [10] ISO 45001 2018 — Détection des risques (Clause 6.1.2)
- [11] INRS. (2024). Risques électriques. Ce qu'il faut retenir [en ligne].
- [12] ESROCHES, 1995], Desroches A. Concepts et méthodes probabilistes de base de sécurité.
- [13] [Villemeur, 1988], Sureté de fonctionnement des systèmes industriels.
- [14] [kirchsteiger, 1999], On the use of probabilistic and deterministic
- [15] methods in risk. Tech. l'ingénieur. Évaluation de la criticité des équipements.

-
- [16] Méthodes analytiques réf SE4005 GARDES.L, “Méthodologie d’analyse des dysfonctionnements des systèmes pour une meilleure maîtrise des risques industriels dans les
- [17] PME application au secteur du traitement de surface,” 2001. Tech. l’ingénieur.
- [18] Méthodes d'évaluation de la criticité des équipements. Métriques et indicateurs de Performance réf SE4006 [sûreté de fonctionnement des systèmes industriels
- [19] A.Villemeur-Ed. Eyrolles (1988)] GOLBERG.E“System Engineering,,Toolbox“for Design-Oriented Engineers,”1994.
- [2.3] référentiel SONATRACH
- [2.1] user guide Chandler engineering
- [2.2] Décret exécutif n 90-245 du 18/08/1990
