



Département Maîtrise des Risques Industriels et Environnementaux

Filière QHSE-GRI

Mémoire de projet de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en QHSE-GRI

**L'intégrité des équipements par la mise en place des RBI et
l'application de la méthode OBRA**

Cas : La conduite de gaz naturel au niveau de GSK

Halla KHENNOUS & Meriem widad HAMMAL

Sous la direction de

Encadreur	Dr.K. BITCHIKH	Maître de conférences B à l'ENP
Co-encadreur	M. A. KERTOUS	Maître Assistant à l'ENP

Présenté et soutenu publiquement le 13/09/2022 devant le jury composé de :

Président	Dr. Mhamed BOUSBAI	Maître de conférences B à l'ENP
Examineur	Dr. Malik SENOUCI-BEREKSI	Maître de Conférences B à l'ENP
Examinatrice	Mme. Marya FODIL	Maître Assistant à l'ENP

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE Ministère de
l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Polytechnique



Département Maîtrise des Risques Industriels et Environnementaux

Filière QHSE-GRI

Mémoire de projet de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en QHSE-GRI

**L'intégrité des équipements par la mise en place des RBI et
l'application de la méthode OBRA**

Cas : La conduite de gaz naturel au niveau de GSK

Halla KHENNOUS & Meriem widad HAMMAL

Sous la direction de

Encadreur	Dr.K. BITCHIKH	Maître de conférences B à l'ENP
Co-encadreur	M. A. KERTOUS	Maître Assistant à l'ENP

Présenté et soutenu publiquement le 13/09/2022 devant le jury composé de :

Président	Dr. Mhamed BOUSBAI	Maître de conférences B à l'ENP
Examineur	Dr. Malik SENOUCI-BEREKSI	Maître de Conférences B à l'ENP
Examinatrice	Mme. Marya FODIL	Maître Assistant à l'ENP

ENP 2022

Dédicaces

J'ai le plaisir de dédier ce modeste travail à
Mon très cher père pour ces encouragements son soutien surtout pour son
amour et son sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de mes études et
ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à
travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon
éternelle gratitude.

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

Mon cher ami Abdellatif, Je ne trouverai jamais l'expression forte pour vous
exprimer mon affection. Trouvez ici l'assurance de mon profond respect et de mon
fidèle attachement

Mes sœurs Amira assala et Ines et mon frère Abdennour qui n'ont cessé d'être pour
moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.

Ils vont trouver ici l'expression de mes sentiments de respect et de reconnaissance
pour le soutien qu'ils n'ont cessé de me porter.

A tous mes amis et mes collègues : Badis Hadjer Hafsa Samah Amani Amina Lydia
sans oublier Meriem. Ils vont trouver ici le témoignage d'une fidélité et d'une amitié
infinie.

Halla

Avec un cœur plein d'amour et de fierté je dédie ce travail :

A ma mère « Salima » le symbole de sacrifice, de tendresse et de gentillesse. Merci de m'avoir donné la vie, de m'avoir toujours protégé, d'avoir tant souffert pour mon confort. Tu es et tu resteras la plus belle femme dans ce monde.

A mon père « Saïd », Merci d'avoir TOUT mis à ma portée juste pour que je réussisse. Merci d'avoir toujours soutenu et défendu mes choix, d'être toujours disponible pour moi. Tu es le plus brave des pères.

A mes chers grands parents et mes chères tentes « Noura », « Zouza » et « Tiha » pour me soutenir et m'encourager durant toute ma vie et donner l'espoir de poursuivre ce chemin jusqu'au bout.

A mes chers frères « Youcef et Mohammed » et sœur « Yasmine » sans oublier mes chers cousines « Souhila » et « Lamia » Merci d'être toujours là pour moi.

A tous mes amis et collègues pour chaque moment qu'on a passé ensemble.

Meriem

Remerciements

En préambule à ce mémoire, Nos remerciements s'adressent d'abord à ALLAH le tout puissant pour les chances qui nous sont offertes pour réaliser ce travail

Nous souhaiterions adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.

Nos profonds remerciements s'adressent à nos encadreurs Monsieur KERTOUS Abdelkader maitre-assistant à l'Ecole Nationale Polytechnique, et Mme BITCHIKH karima Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Polytechnique, IDIR mohamed doctorant à l'Ecole Nationale Polytechnique, qui se sont toujours montrés disponible et à l'écoute tout au long de l'élaboration de ce mémoire, ainsi pour leurs conseils clairvoyants, l'inspiration, l'aide et le temps incommensurable qu'ils ont bien voulu nous consacrer.

Nous adressons nos chaleureux remerciements à Mr BOUKERKER kossai responsable EHS au sein de GSK , KHELIFI souhaib ingénieur utilities au sein de GSK ,qui ont su nous orienter par leurs conseils tout au long de ce travail.

Nos remerciements s'adressent aussi à Mr BOUSBAI Maître de Conférences à l'ENP qui a bien voulu présider ce jury, à Mr SENOUCI BEREKSI malik et Mme FODIL marya D'avoir bien voulu examiner ce travail modeste

Nos remerciements s'adressent également à tous les employés de GSK, pour leur générosité et leur grande patience dont ils ont su faire preuve.

Une pensée particulière est adressée aux étudiants et aux professeurs du département Qualité hygiène sécurité environnement et gestion des risques industriels que nous avons côtoyé quotidiennement durant nos années d'étude au département.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours soutenu et encouragé au cours de la réalisation de ce mémoire

À toutes ces personnes, nous présentons nos remerciements, notre respect et notre gratitude.

ملخص

يعتمد محترفو الصناعة على بنية تحتية متزايدة التعقيد حيث يمثل التحكم في المخاطر قضية رئيسية، وحاليًا الاهتمام الأساسي في قطاعات الصناعة المختلفة هو مواجهة التحديات المتعلقة بتقليل تكاليف الصيانة والتفتيش للمعدات الناتجة عن التوقفات المجدولة أو غير المتوقعة (بعد التسريبات أو الحوادث) مع الحفاظ على سلامة المعدات مع تحسن في القدرة التنافسية للشركة. في الواقع، أصبح من الضروري إدارة المخاطر المرتبطة بأداة الإنتاج والتحكم فيها بشكل صحيح من خلال ممارسات التفتيش الفعالة للتحكم في هذه المخاطر والتخطيط الجيد لأعمال الصيانة. بعد تقييم المخاطر من خلال النهج RBI، فإن الهدف الرئيسي هو إنشاء برنامج تفتيش يركز على أنشطة التفتيش والرقابة على المعدات التي تعتبر أولوية وبالتالي الاستخدام الأمثل للموارد المتاحة. الخطر في إطار النهج RBI هو مزيج من احتمال الخلل التقني الذي يعتمد على الآليات المحتملة للتدهور والنتيجة المتعلقة بالخلل التقني الذي يمكن التعبير عنه من حيث الإصابة الجسدية للموظفين والخسارة الاقتصادية المتعلقة أداة الإنتاج والتأثيرات على البيئة وتكاليف الصيانة المختلفة.

الكلمات المفتاحية: HAZID، API 5LX60، انفجار الغاز، التقييم العام، خط أنابيب الغاز الطبيعي، التآكل الجوي،

Abstract

Industry professionals rely on increasingly complex infrastructures where risk management is a key issue. Today, the primary interest for the different sectors of industry is to face the challenges related to the reduction of maintenance and inspection costs of equipment caused by scheduled or unscheduled shutdowns (following leaks or incidents) while preserving the integrity of the equipment and improving the company's competitiveness.

Indeed, it has become crucial to properly manage and control the risk related to the production tool through efficient inspection practices and proper planning of maintenance work.

After an assessment of the risk by the RBI approach, the main objective is to generate an inspection program focusing the inspection and control activities on equipment considered as a priority and then an optimal exploitation of the available resources. The risk in the framework of the RBI approach is the combination of the probability of failure which depends on the potential mechanisms of degradation and the consequence related to a failure which can be expressed in terms of physical damage for the personnel and the economic loss related to the production tool, the effects on the environment, and also the various costs of maintenance.

Keywords: gas explosion, HAZID, general assessment, natural gas line, atmospheric corrosion, API 5LX60 steel.

Résumé

Les professionnels de l'industrie s'appuient sur des infrastructures de plus en plus complexes où la maîtrise du risque est un enjeu-clé, actuellement l'intérêt primordial pour les différents secteurs de l'industrie est de faire face aux défis liés à la réduction des coûts de maintenance et d'inspection des équipements engendrés par les arrêts programmés ou imprévus (suite à des fuites ou incidents) tout en préservant l'intégrité des équipements avec une amélioration de la compétitivité de la société.

En effet il est devenu crucial de bien gérer et contrôler le risque lié à l'outil de production par des pratiques d'inspection efficaces pour la maîtrise de ce risque et une bonne planification des travaux de maintenance. Après une évaluation du risque par l'approche RBI l'objectif principal est de générer un programme d'inspection focalisant les activités d'inspection et du contrôle sur des équipements considérés comme prioritaire et par la suite une exploitation optimale des ressources disponibles. Le risque dans le cadre de la démarche RBI est la combinaison de la probabilité de la défaillance qui dépend des mécanismes potentiels de dégradation et la conséquence relative à une défaillance qui peut être exprimé en terme de dommage corporels pour le personnel et la perte économique liées à l'outil de production, les effets sur l'environnement, et aussi les différents coûts de maintenance.

Mots clés : explosion de gaz, HAZID, évaluation générale, conduite de gaz naturel, corrosion atmosphérique, Acier API 5LX60.

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale..... 15

Chapitre 1 : Présentation de GlaxoSmithKline

1.1.	Présentation du groupe GSK	18
1.2.	GSK Algérie	18
1.3.	Historique	20
1.4.	Activités de GSK	21
1.5.	Les différents produits de GSK Algérie	21
1.6.	Procédé de fabrication.....	22
1.7.	Etude de l'existant.....	24
1.7.1.	Système de gaz naturel	24
1.7.1.1.	Description technique du CTA	25
1.7.2.	Retour d'expérience – chaufferie	26
1.7.2.1.	Explosion d'une chaudière dans une usine pharmaceutique	28
1.7.2.2.	Explosions dans une usine d'emballages	28

Chapitre 2 : Process Safety Management

2.1.	Process Safety Management System (PSMS).....	30
2.2.	Historique Process Safety Management (PSM)	30
2.3.	La notion de système de management	31
2.3.1.	L'importance de Process Safety Management	32

2.3.2.	Management de la sécurité des processus	32
2.4.	Risk based Process Safety (RBPS).....	33
2.5.	Piliers fonctionnels et éléments de RBPS.....	33
2.6.	La gestion de l'intégrité des actifs	35
2.6.1.	Définition des actifs	35
2.6.2.	L'intégrité des actifs	36
2.6.3.	La gestion de l'intégrité des actifs (AIM)	37
2.6.4.	Modes et mécanismes de défaillance.....	38
2.6.4.1.	Fonctions de l'équipement et défaillance fonctionnelle	38
2.6.4.2.	Mode de défaillance	39
2.6.4.3.	Mécanismes de dommage	40
2.6.4.4.	Attribution des taches de l'ITPM	40
2.6.5.	Inspection, mise à l'essai et maintenance préventive	40
2.6.5.1.	Outils aidant à la planification de la maintenance.....	42
2.6.5.2.	Approches établies pour l'élaboration de plans d'essais et d'inspection	43

Chapitre 3 : L'inspection basée sur le risque RBI

3.1.	L'inspection basée sur le risque	45
3.2.	La norme API 581.....	45
3.3.	La méthodologie de la RBI.....	46
3.3.1.	Préparation, collecte de données et examen initial.....	46
3.3.2.	RBI détaillée	47
3.3.2.1.	Probabilité de défaillance	47
3.3.2.1.1.	La fréquence de défaillance générique GFF	47
3.3.2.1.2.	Facteur des systèmes de gestion F_{MS}	47
3.3.2.1.3.	Facteur de dommages.....	48

3.3.2.2.	Conséquence de défaillance	53
3.3.2.2.1.	Présentation de la méthode OBRA	53
3.3.2.2.2.	Étapes clés d'une démarche OBRA	53
3.3.2.2.3.	Évaluation détaillée des risques liés aux immeubles occupés	54
3.3.2.3.	Calcul du risque	59
3.3.2.4.	Elaboration du plan d'inspection	59

Chapitre 4 : Application de la RBI –Cas de la conduite de gaz naturel

4.1.	Evaluation générale des risques	62
4.2.	Analyse Préliminaire des Risques ou HAZID.....	65
4.3.	L'inspection basée sur le risque	70
4.3.1.	Préparation, collecte de données et examen initial.....	70
4.3.2.	Evaluation des dommages	71
4.3.2.1.	Probabilité de défaillance	73
4.3.2.1.1.	La fréquence de défaillance générique gff.....	73
4.3.2.1.2.	Facteur des systèmes de gestion F_{MS}	73
4.3.2.1.3.	Facteur d'endommagement.....	76
4.3.2.2.	Conséquence de défaillance	80
4.3.3.	Calcul des risques	89
4.3.4.	Elaboration du plan d'inspection	89
4.3.4.1.	Durée de vie résiduelle de la canalisation de gaz naturel.....	89
4.3.4.2.	Fréquence d'inspection	91
4.3.4.3.	Méthodes de contrôle non destructif (CND)	91
4.3.4.4.	Plan d'inspection	92
4.3.5.	Tableau de bord.....	94
	Conclusion générale	97
	Bibliographie.....	99
	Annexe 1	103

Annexe 2.....111
Annexe 3.....120
Annexe 4.....125

Liste des figures

Figure 1. 1 vue aérienne de GSK	19
Figure 1. 2 Organigramme de GSK Algérie	20
Figure 1. 3 Historique de GSK.....	21
Figure 1. 4 Le flux du produit semi fini.....	23
Figure 1. 5 Les lignes de production.....	24
Figure 1. 6 PID de gaz naturel au niveau de GSK	25
Figure 1. 7 Installation de la CTA dans un immeuble	26
Figure 1. 8 Répartition des phénomènes dangereux générés dans les chaufferies	27
Figure2. 1 Evolution des stratégies de sécurité des processus et prévention des accidents/pertes	33
Figure2. 2 Les piliers et les éléments de la gestion de sécurité des processus.....	35
Figure2. 3 La gestion de l'intégrité des équipements à partir du cycle de vie de l'équipement ...	37
Figure2. 4 La fenêtre d'accès à l'infor pour l'environnement PROD	42
Figure2. 5 La fenêtre d'accès à l'infor pour l'environnement training.....	43
Figure 3. 1:La grille de conséquence	58
Figure 4. 1 Résultats de l'évaluation	64
Figure 4. 2 La conduite de gaz naturel au sein de GSK.....	72
Figure 4. 3 Radar de l'évaluation de système de management	75
Figure 4. 4 Les zones du site GSK Algérie.....	81
Figure 4. 5 Principe de détection par ultrason	92
Figure 4. 6 Extrait du plan d'inspection de la RBI de la conduite de gaz naturel	93
Figure 4. 7 La logique de script exécuté	94
Figure 4. 8 Visualisation du pie cas 1	94
Figure 4. 9 Visualisation du pie cas 2	95
Figure 4. 10 Visualisation du pie cas 3	95

Liste des tableaux

Tableau 2. 1:Les définitions de terme ITPM	41
Tableau 3. 1:La vitesse de corrosion de base en fonction du conducteur	48
Tableau 3. 2:Grille de probabilité	52
Tableau 3. 3:La vulnérabilité des occupants de bâtiment	55
Tableau 3. 4:La matrice de risque	57
Tableau 3. 5:La matrice de risque utilisée dans la procédure RBI	59
Tableau 4. 1 La matrice de criticité de l'évaluation générale (GSK D.)	62
Tableau 4. 2 Extrait de l'évaluation générale des risques au département Engineering utilities ..	63
Tableau 4. 3 Résultats de l'évaluation générale	64
Tableau 4. 4 Matrice de criticité HAZID	66
Tableau 4. 5 l'appréciation du risque (GSK D.)	66
Tableau 4. 6 HAZID Chaudière	67
Tableau 4. 7 Composition chimique de l'acier X60 étudiée	70
Tableau 4. 8 : Les propriétés mécanique de l'acier X60 étudiée.....	71
Tableau 4. 9 L'identité du système- Détails opérationnels- Détails de processus	71
Tableau 4. 10 Extrait du questionnaire sur Leadership et administration.....	74
Tableau 4. 11 Les niveaux de conformité par élément	74
Tableau 4. 12 Le climat de Boumerdès :	77
Tableau 4. 13 Détails de la chaufferie.....	85
Tableau 4. 14 Détails des bâtiments occupés.....	82
Tableau 4. 15 Evaluation OBRA détaillée.....	84
Tableau 4. 16 Classification de zones sur la matrice de risque.....	85
Tableau 4. 17 Corrélation de la distance graduelle	87
Tableau 4. 18 Recommandations proposés et leurs dépenses.....	88
Tableau 4. 19 Matrice de criticité RBI.....	89
Tableau 4. 20 Matrice de fréquence d'inspection.....	91

Liste des abréviations

AB	Antibiotique
AIM	Asset Integrity Management
ALARP	as Low as Reasonably Practicable
API	American Petroleum Institute
APR	Analyse Préliminaire des Risques
ARIA	Analyse, Recherche et Information sur les Accidents
ASME	American Society of Mechanical Engineers
BMS	Bureau Multi Services
BT	Basse Tension
CCPS	Centre for Chemical Process Safety
CMO	Concentration Minimale en gaz Oxydant
CND	Contrôle Non Destructif
CTA	Centrales Traitement d'Air
COF	Consequence of Failure
DF	Damage Factor
EAM	Enterprise asset management
EHS	Environment Health Safety
EMP	Electro Magnetic Pulse
EPA	Environnement Protection Agency
EPI	Equipement de Protection Individuelle
ETP	Equivalent Temps Plein
FDS	Fiches de Données de Sécurité
gff	Generic failure frequency
GMAO	Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur

GSK	Glaxo Smith Kline
HAZID	Hazard Identification
HAZOP	Hazard And Operability
HTHA	High Temperature Hydrogen Attack
HV	High Voltage.
IPL	Independent protection layer.
ISO	International Organization for Standardization
ITPM	Inspection, Testing, and Preventive Maintenance.
LIE	Limite Inférieure d'Explosivité
LOPA	Layer Of Protection Analysis
LOTO	Lock Out Tag Out
LPA	Laboratoire Pharmaceutique Algérien
LES	Limite Supérieure d'Explosivité
MAWP	Maximum Allowable Working Pressure
MEA	Middle East Africa
PM	Preventive maintenance
MSDS	Material Safety Data Sheet
MTBF	Moyen Temps de Bon Fonctionnement
NAB	Non Antibiotique
OBRA	Occupied Building Risk Assessment
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
OSW	Oraganisation SystemWindows
PHA	Process Hazard Analysis
P&ID	Piping & Instrumentation Diagram
PTMA	La pression de travail maximale admissible
POF	Probability Of Failure

PSM	Process Safety Management
PSMS	Process Safety Management System.
PTW	Permit to Work
QRA	Quantitative Risk Assessment
RBI	Risk-Based Inspection
RBPS	Risk-Based Process Safety.
RMP	Risk Management Plan
SCC	Stress Corrosion Cracking
SOP	Standard Operating Procedure
TOFD	Time of Flight Diffraction
TGBT	Tableau Général Basse Tension
TNT	Trinitrotoluene
TS	Tensile Stress
VIH	Virus de l'Immunodéficience Humaine
YS	Yield Stress

Introduction générale

L'industrie pharmaceutique est, dans le monde entier, un élément important des systèmes de santé. Elle comprend de nombreux services et entreprises, publics ou privés, qui découvrent, mettent au point, fabriquent et commercialisent des médicaments au service de la santé humaine et animale. (Remington & Gennaro, 1990)

L'industrie pharmaceutique repose principalement sur la recherche-développement (R-D) de médicaments destinés à prévenir ou à traiter des affections ou des troubles divers, elle répond à des normes de qualité nationales, européennes et internationales très strictes lors de la production qui regroupe l'ensemble des opérations de transformation des matières premières en produits finis (médicaments) afin de garantir le respect de l'hygiène, de l'environnement et de la sécurité dans le but d'assurer aux patients un standard de qualité très élevé. (Brunton, Knollmann, & Hilal-Dandan, 2018)

Au milieu des années 1980, à la suite d'une série d'accidents chimiques graves dans le monde, tel que l'accident chimique majeur à Bhopal (Inde 1985), les entreprises, les industries et les gouvernements ont commencé à identifier les systèmes de gestion comme la cause sous-jacente de ces accidents, en effet les entreprises se sont engagés à établir des politiques et les groupes d'industries ont publiés des normes à suivre, les gouvernements ont adopté des règlements visant tous à accélérer l'adoption d'une approche fondée sur les systèmes de gestion pour assurer la sécurité des procédés.

L'inclusion de concepts d'excellence en fabrication a attiré l'attention sur l'intégration transparente des efforts visant à maintenir des niveaux élevés de performance dans les activités de fabrication. Bien fait, l'excellence de la fabrication intègre profondément les pratiques de gestion de la sécurité des processus dans un processus unique et bien équilibré pour la gestion des opérations de fabrication. (CCPS, 2007), et bien que le risque d'un accident majeur ne puisse jamais être réduit à zéro, des réductions significatives de la probabilité d'occurrence et des conséquences peuvent être obtenues en utilisant un processus systématique qui améliore la fiabilité et les performances globales de l'actif qui est l'un des piliers de système de gestion de la sécurité des processus. (Millar, 2015)

Dans ce contexte, l'intégrité est définie comme la prévention de la perte de confinement d'un fluide ou d'une énergie dans les installations. Le processus de gestion de l'intégrité couvre l'équipement contenant le fluide, les structures qui soutiennent l'équipement et les autres systèmes qui préviennent, détectent, contrôlent ou atténuent les risques d'accidents majeurs.

Introduction générale

Une perte d'intégrité peut avoir un impact négatif sur la sécurité du personnel, des installations, de l'environnement ou sur la production et les revenus. (Nwankwo, 2020).

La question qui se pose « Quelle est la démarche à suivre pour assurer l'intégrité de la conduite de gaz naturel ? »

A partir de cette problématique nous avons ressortis les questions suivantes :

Comment mettre en œuvre les outils nécessaires à l'analyse et à la maîtrise des risques liés aux explosions de gaz naturel ?

Quelle est la méthodologie à adopter pour déterminer la fréquence et les techniques d'inspections appropriées de la conduite de gaz naturel ?

Nous allons présenter dans ce rapport notre travail qui s'inscrit dans le contexte : « L'intégrité des équipements par la mise en place des RBI et l'application de la méthode OBRA au sein de GSK »

Notre étude s'est articulée autour de quatre (04) chapitres :

Le premier chapitre est consacré à la présentation de l'entreprise, les médicaments produits, et une étude bibliographique sur le secteur pharmaceutique et des généralités sur les médicaments ainsi que le procédé de fabrication ;

Le deuxième chapitre traite les notions de Process Safety Management et l'intégrité des actifs ;

Le troisième chapitre traite l'inspection basée sur les risques et sa démarche détaillé en se basant sur la norme API RP 581 ;

Le dernier chapitre est consacré à l'application de la méthodologie RBI et les résultats obtenus.

Et la fin une conclusion générale et des perspectives.

Présentation de Glaxo Smith Kline

Chapitre 1

Présentation de Glaxo Smith Kline

Dans ce chapitre nous présentons l'entreprise GSK et du site GSK Algérie de Boudouaou, les différents médicaments produits sous forme solide et les différentes activités de GSK où s'est déroulé notre projet, nous entamerons l'étude de l'existant, et une analyse de retour d'expérience qui nous permettra d'identifier les éléments constitutifs de la problématique rencontrée.

1.1. Présentation du groupe GSK :

GSK ou **GlaxoSmithKline** est une entreprise d'origine britannique, classée selon le chiffre d'affaire comme le deuxième groupe pharmaceutique mondial. Elle résulte de la fusion entre Glaxo Wellcome et SmithKline Beecham en 2000. GSK compte 100 000 employés à travers le monde.

GlaxoSmithKline a principalement deux branches d'activité : le laboratoire GSK et GSK Santé Grand Public.

Le Laboratoire GlaxoSmithKline est l'un des acteurs principaux de l'industrie pharmaceutique, connu pour ses vaccins et ses médicaments innovants dans de nombreux domaines (la dermatologie, l'hygiène bucco-dentaire et l'automédication). Au jour d'aujourd'hui le laboratoire GSK est considéré comme un acteur majeur dans la recherche et le développement des médicaments. En effet, il compte 99 000 collaborateurs dans plus de 100 pays, plus de 100 médicaments de prescription et de vaccins vendus dans 140 pays. Au total, GSK détient 25 % du marché mondial de vaccins.

GlaxoSmithKline Santé Grand-Public est une activité qui représente 10% de l'activité du laboratoire. Elle englobe la production des produits du sevrage tabagique, des produits d'hygiène bucco-dentaire et certains traitements des gingivites pouvant être délivrés sans ordonnance. (OUERDANE, 2015)

1.2 GSK Algérie

GSK Algérie fait partie des 5 plus grands laboratoires pharmaceutiques en Algérie. Son site de production est situé dans la zone industrielle de Boudouaou - Boumerdes et a été inauguré en 2005.

En 2009, elle acquiert le Laboratoire Pharmaceutique Algérien (LPA) dans le but d'élargir sa gamme de produits notamment les non antibiotiques.

Le site de production GSK Boudouaou est le premier site de la région MNA (Middle North Africa). Ce classement est basé sur la sécurité, la qualité et la performance puisque, l'objectif du GPS (GlaxoSmithKline Production System) est de travailler avec 0 accidents, 0 défauts et 0 pertes. (Yakhou, 2017)

Situation de l'unité : L'industrie pharmaceutique GSK est implantée dans la zone industrielle Est Boudouaou, 35 Km de la wilaya de Boumerdès sur un terrain de quatre hectares dont 10000 m² couverts 6 bâtiments principaux et 2 cantines.

La figure 1.1 suivante représente une vue aérienne de GSK Algérie :



Figure 1. 1 vue aérienne de GSK

La figure 1.2 représente l'organigramme de GSK Algérie

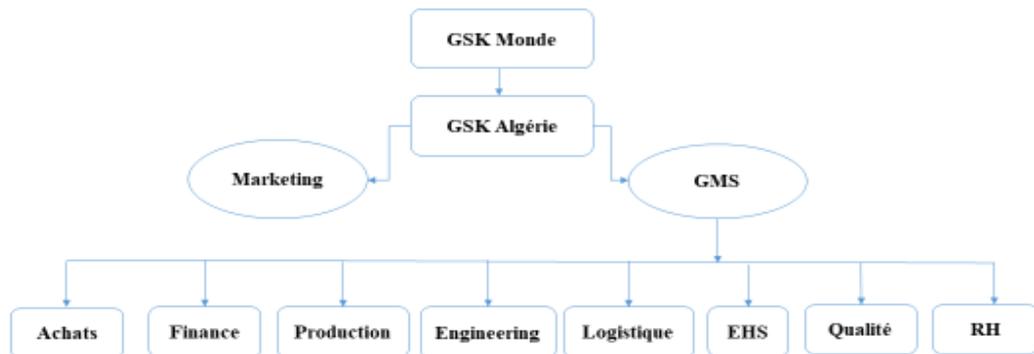


Figure 1. 2 Organigramme de GSK Algérie

1.3. Historique

Glaxo Smith Kline est un groupe pharmaceutique britannique qui résulte de l'union entre quatre grands laboratoires pharmaceutiques.

1830 : John K.Smith ouvre sa première pharmacie à Philadelphie. Son jeune frère le rejoint en 1841 pour former John K Smith & Co.

1842 : Thomas Beecham lance les Beecham Pills en Angleterre. Ce laxatif connaît un grand succès.

1873 : Création de Joseph Nathan & Co en nouvelle Zélande. La société s'oriente vers la fabrication de poudre de lait pour les restaurateurs, l'armée, puis pour les bébés.

1880 : Burroughs Wellcome & Co est fondé à Londres par les pharmaciens américains Henry Wellcome et Silas Burroughs, quatre ans après l'ouverture du bureau londonien de Joseph Nathan.

1989 : Smithkline Beckman et Beecham Group fusionnent pour former Smithkline Beecham.

1995 : Glaxo et Wellcome fusionnent et forment Glaxo Wellcome qui acquiert la société californienne Affymax, leader dans le domaine de la chimie combinatoire.

2000 : Glaxo Wellcome et SmithKline Beecham fusionnent pour former Glaxo SmithKline .
(OUERDANE, 2015)

La figure 1.3 représente l'historique de GSK :

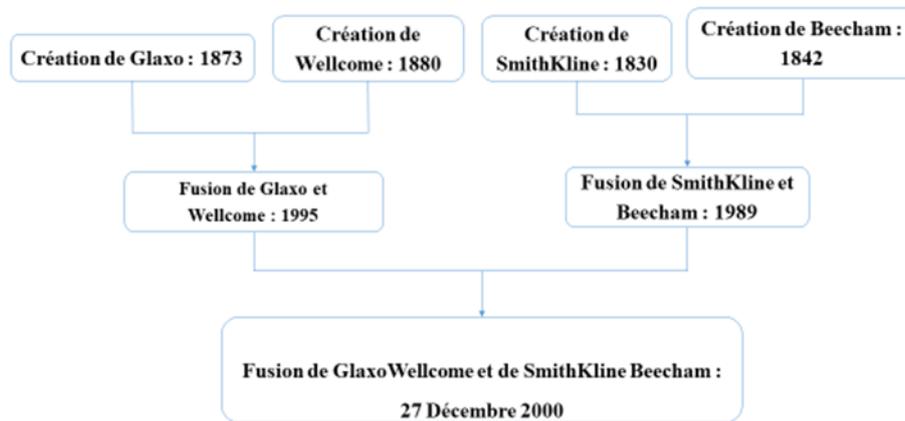


Figure 1. 3 Historique de GSK

1.4. Activités de GSK

GlaxoSmithKline est organisé en trois grandes branches d'activité :

- ✓ **Le laboratoire GSK** : Avec des médicaments de prescription permettant de traiter un grand nombre de pathologies dans plusieurs aires thérapeutiques principales : neurologie, pneumologie, hépato-gastro-entérologie, infectiologie, oncologie, hématologie, maladies inflammatoires. Sa présence est prépondérante dans les domaines de la vaccinologie et de la dermatologie.
- ✓ **GSK Santé grand public** : Concerne les médicaments d'automédication vendus sans ordonnance et non remboursables, et les produits d'hygiène bucco-dentaire.
- ✓ **ViiV Healthcare** : Joint-venture, créée par GlaxoSmithKline et Pfizer en 2009, ViiV Healthcare est un laboratoire international et indépendant entièrement dédié à la recherche et aux traitements dans le domaine du VIH avec un portefeuille de 10 médicaments. (OUERDANE, 2015)

1.5. Les différents produits de GSK Algérie

Les différents produits de GSK Algérie sont représentés dans le tableau qui suit :

Tableau 1. 1:Produits GSK Algérie

<p>Clamoxyl 500mg/5ml Clamoxyl 250mg/5ml Clamoxyl 1g</p>			
<p>Augmentin enfant 100mg/12.5mg/ml Augmentin adulte 1g/125ml</p>			

1.6. Procédé de fabrication

Il existe quatre (04) procédés pour obtenir un médicament : l'extraction végétale, la fermentation, la synthèse chimique et la culture cellulaire.

Pour assurer la précision et la qualité de ces opérations extrêmement minutieuses des équipements de haute technologie sont nécessaire et des prélèvements sont effectués pour contrôler la pureté du principe actif ainsi obtenu.

A ce stade le principe actif est prêt à être transformé pour devenir un véritable médicament.

A l'arrivé du principe actif au site de fabrication il est tout d'abord prélevé et analysé puis pesé et mélangé à un ou des excipients qui permet de donner sa forme et sa couleur et son gout.

Le choix de la forme galénique doit être adapté à la maladie en fonction des conditions de prise de médicament et la vitesse nécessaire de passer dans le sang.

Tout au long ces étapes de formulation de médicament des prélèvements sont effectuées pour vérifier la conformité

A la fin le médicament doit être protégé par le conditionnement qui est un ensemble des opérations (y compris le remplissage et l'étiquetage) que doit subir un produit en vrac ou une forme galénique avant de devenir un produit fini.

Il y a deux types de conditionnement :

Primaire : qui permet de protéger le médicament du choc, de la lumière et les écarts de température et qu'il désigne le contenant avec lequel le médicament se trouve en contact direct (ex : plaquette, flacon, ampoule),

Secondaire : il désigne l'emballage externe, qui est également appelé conditionnement extérieur, et correspond à l'emballage dans lequel est placé le conditionnement primaire.

Après être passé au laboratoire de contrôle, l'assurance qualité libère les lots de médicaments ainsi produit et sont alors acheminé vers la distribution (Lucie BEGERT, 2015)

La figure 1.4 suivante schématise le flux du produit semi-fini au niveau de GSK :

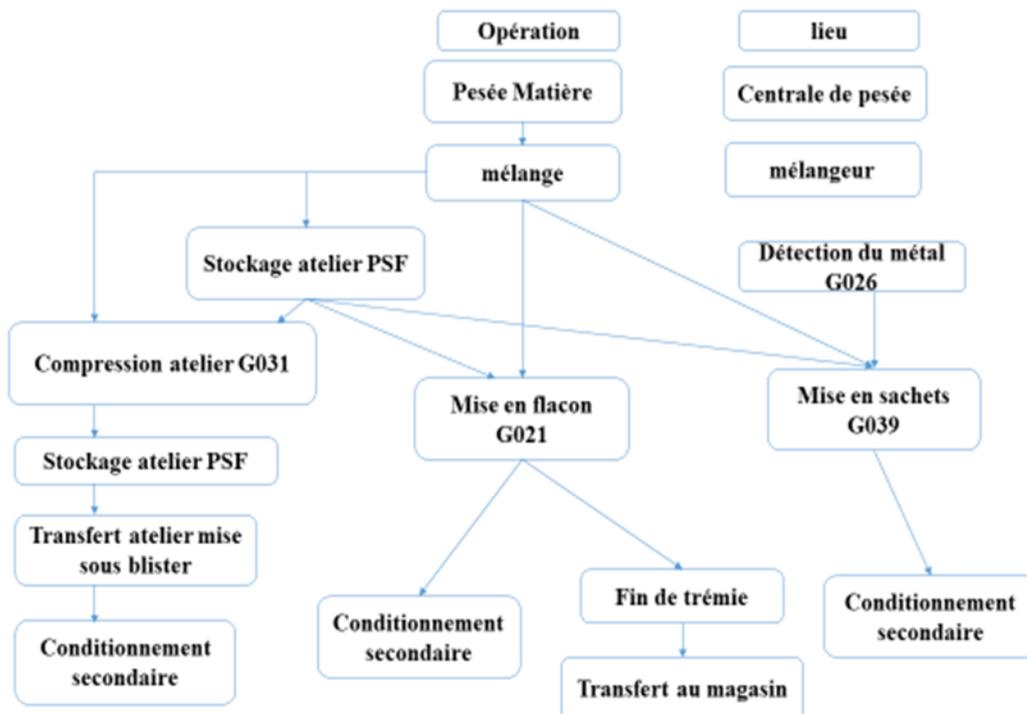


Figure 1. 4 Le flux du produit semi fini (GSK D.)

Le département de production est divisé en deux parties :

- La VS AB (Value Stream Antibiotics) pour la production des antibiotiques sur trois lignes différentes : la ligne comprimée, la ligne sachets et la ligne suspensions.
- La VS NAB (Value Stream Non-Antibiotics) pour la production des médicaments non-antibiotiques sur quatre autres lignes : la ligne ampoules, la ligne pommades, la ligne sirops et la ligne comprimés (Yakhou, 2017).

La figure 1.5 représente les différentes lignes des deux parties au niveau du département production :

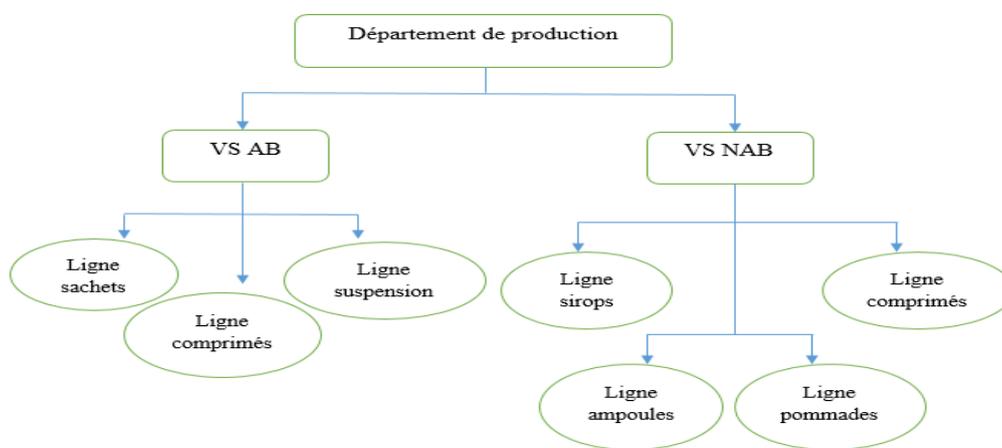


Figure 1. 5 Les lignes de production

1.7. Etude de l'existant

1.7.1. Système de gaz naturel

Le gaz naturel est indispensable dans l'industrie pharmaceutique y compris GSK, le gaz est utilisé pour le fonctionnement de la chaudière à eau et cette dernière est utilisée principalement pour l'alimentation des batteries de centre de traitement d'air et pour le nettoyage des équipements de production et pour fournir de l'eau chaude dans les douches et les sanitaires dans le site.

La figure 1.6 suivante représente le PID de gaz naturel au niveau de GSK :

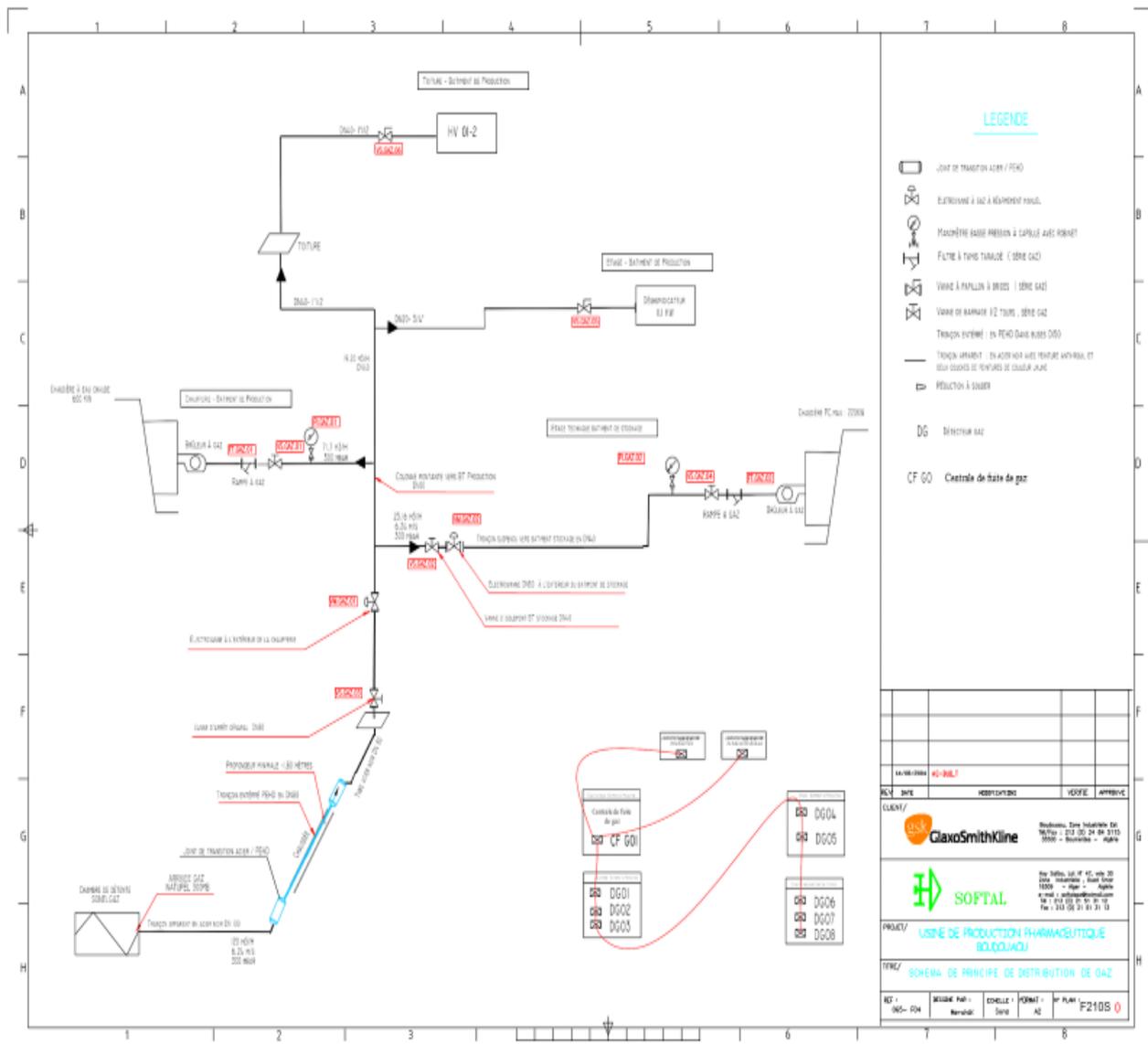


Figure 1. 6 PID de gaz naturel au niveau de GSK

1.7.2. Description technique de la centrale de traitement d'air

La CTA ou centrale de traitement d'air se définit comme un ensemble de matériels à haute technologie qui a pour but de traiter l'air entrant dans les locaux d'un bâtiment à une température voulue par l'utilisateur ainsi que la déshumidification des locaux tertiaires ou industriels, c'est un système tout air à débit constant ou variable. La CTA donne des avantages considérables quant à son utilisation, économique et environnementale.

Une CTA est soit de type monobloc, soit elle est constituée de modules additionnés les uns aux autres, suivant la configuration matériels, modules ventilation, module batteries froides et chaudes, module filtres, etc... (AYMEN, 2021)

Son rôle d'une manière simplifiée, est d'aspirer l'air de l'extérieur, le filtrer, le faire passer par des radiateurs afin de réguler sa température, puis l'expulser vers les locaux désirés. Un CTA fonctionne avec des batteries d'eau, qui alimentent les radiateurs en eau chaude ou en eau froide, selon le type de la CTA. Certaines CTA peuvent également réguler l'humidité de l'air, via des batteries de vapeur d'eau (Jean Desmons, 2015).

La figure 1.7 donne la schématisation d'une installation de la CTA dans un immeuble :

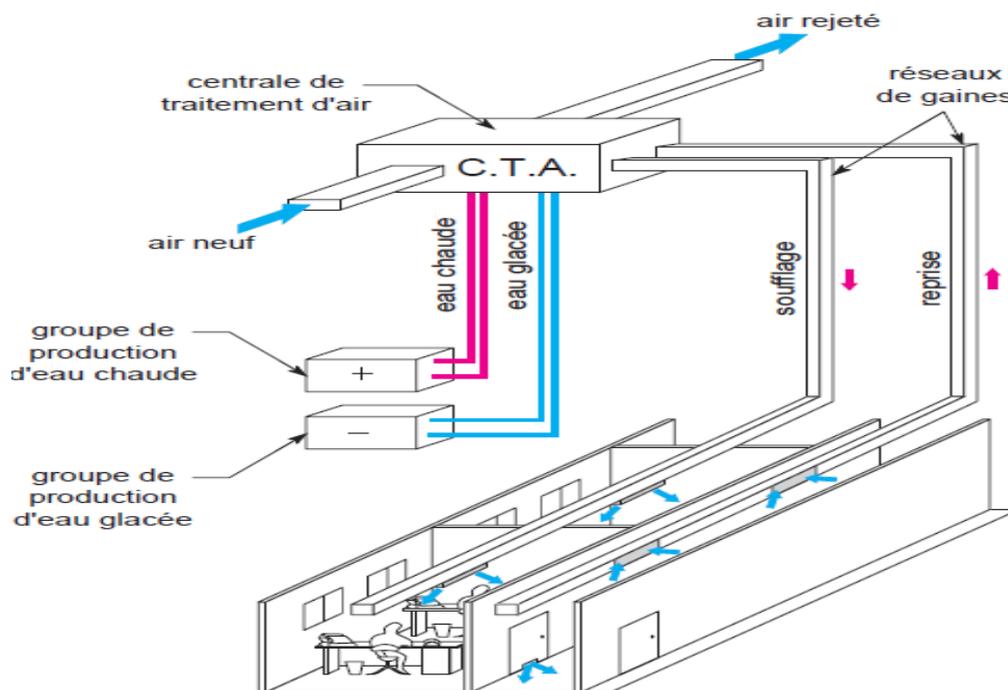


Figure 1. 7 Installation de la CTA dans un immeuble

1.8. Retour d'expérience – chaufferie

L'explosion de la centrale thermique de Courbevoie le 30 mars 1994 a fortement marqué les esprits par la gravité des conséquences et l'ampleur des dégâts occasionnés dans une zone fortement urbanisée. Les risques induits par les équipements ou les installations alimentées au gaz tel que les chaufferies, centrales thermiques résident dans la violence des effets en cas d'explosion ou incendie.

Le retour d'expérience sur les accidents industriels est un recueil, analyse et partage des informations et enseignements tirés des accidents ou incidents technologiques. L'analyse du retour d'expérience de l'exploitant sur d'autres sites similaires permet ainsi d'intégrer un processus d'amélioration continue.

L'étude accidentologique sur les chaudières à gaz est basée sur l'analyse des accidents recensés dans la base de données d'ARIA.

La répartition des phénomènes dangereux générés dans les chaufferies alimentées en gaz est illustrée dans le diagramme ci-dessous représenté par la figure 1.8 :

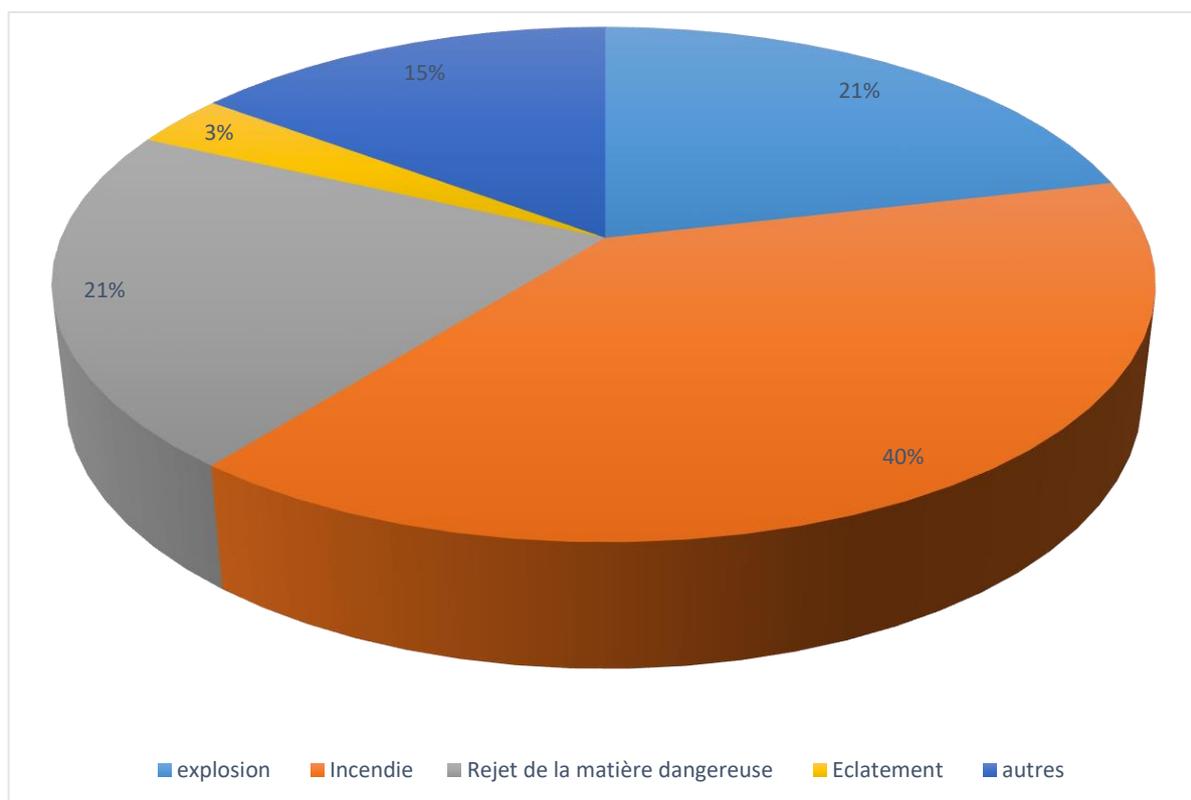


Figure 1. 8 Répartition des phénomènes dangereux générés dans les chaufferies

Les résultats de la recherche des accidents dans les chaufferies alimentées au gaz sur la base de données ARIA du 31 Janvier 2005 au 06 Septembre 2018 ont démontrés que les phénomènes dangereux les plus représentatifs dans les chaufferies sont l'explosion et l'incendie, qui concernent respectivement 21% et 40% des accidents étudiés, ce qui fait que l'accidentologie relative aux chaufferies au gaz est caractérisée par une proportion importante d'explosions et d'incendies.

Le rejet de matières dangereuses s'applique aussi à 21% de ces accidents. Il peut être soit le phénomène initial, soit une conséquence de celui-ci. Le rejet de gaz est inclus dans cette catégorie.

L'éclatement peut également survenir, voir provoquer des atteintes aux installations alentours.

1.8.1. Explosion d'une chaudière dans une usine pharmaceutique

Le 07 Février 2020 à 8h10, dans une usine pharmaceutique en France, une explosion se produit au niveau de la chambre de combustion d'une chaudière. L'alerte est donnée par une alarme. L'équipement est arrêté et condamné. L'explosion entraîne une déformation des portes avant et arrière de la chaudière. D'après le rapport de l'expert technique, l'explosion s'est produite au redémarrage du brûleur de la chaudière. Une quantité importante de gaz se trouvait dans le tube foyer au moment de l'étincelle pour l'allumage du brûleur. Un problème d'étanchéité des vannes gaz pourrait être à l'origine de la présence de gaz.

1.8.2. Explosions dans une usine d'emballages

Le 28 Février 2012 en France dans une usine de fabrication de papier et carton ondulés et d'emballages en papier ou en carton, les sprinklers de la locale chaufferie se déclenchent vers 5h15 jusqu'à 5h30. Deux explosions se produisent ensuite au niveau de la rétention d'une chaudière. Un mur double peau avec cloison anti feu, arrosé par les sprinklers, contient le choc des déflagrations et empêche la propagation de l'incendie.

Les conséquences sur l'environnement sont limitées. En revanche, la chaudière est endommagée par le souffle de l'explosion. Les machines d'impression seront arrêtées pendant 13 jours. (ARIA, 2019)

Process safety management

Chapitre 2

Process Safety Management

Dans ce chapitre nous allons présenter la notion du système de management pour qu'après nous citons la définition du process safety management et un historique du PSM et ces différents piliers, et afin d'éviter les défaillances imprévues et fournir une assurance que l'équipement et les biens de l'installation sont conçus et installés et entretenues d'une manière appropriée à l'application prévue, tout au long de la durée de vie de l'exploitation, ce qui fait l'amélioration de l'efficacité, et accroître la disponibilité et réduire les coûts opérationnels et les risques. C'est pourquoi nous avons opté comme approche robuste la gestion de l'intégrité des biens.

2.1. Process Safety Management System (PSMS)

Dans cette partie nous présentons une suite d'information sur le PSM en mettant l'accent sur la notion de système de management et l'importance de PSM et par la suite nous allons définir le Process Safety Management en citant les piliers et les éléments de chaque pilier.

2.2. Historique Process Safety Management (PSM)

Les organisations des industries de transformation se préoccupent depuis longtemps de la sécurité des processus. Au départ, les organisations avaient des examens de la sécurité pour les processus qui s'appuyaient sur l'expérience et l'expertise des personnes participant à l'examen. Au milieu du XXe siècle, des techniques d'examen plus officielles ont commencé à apparaître dans les industries de transformation, notamment la HAZOP et Mode de défaillance et analyse des effets, QRA, LOPA.

En 1984, l'industrie chimique a connu un moment décisif. Un rejet de méthylisocyanate, une substance toxique et inflammable, s'est produit dans une usine chimique de Bhopal, en Inde. Plus de 3 000 personnes sont décédées. L'usine chimique elle-même était à l'origine bien conçue et disposait de nombreuses mesures de protection contre cet événement. Toutefois, ces appareils n'étaient pas entretenus et, au moment de l'accident, ils ne fonctionnaient pas. L'événement Bhopal a fait ressortir le fait que l'expertise technique seule n'était pas suffisante et que les dangers ou la gestion des risques étaient aussi importants que l'aspect technique de la sécurité des processus.

Cet accident a mené à la création du centre de sécurité des procédés chimiques (CCPS) en 1985. Le CCPS est un organisme sans but lucratif qui fait partie de l'Institute American des Ingénieurs chimistes des États-Unis et qui a pour mission d'améliorer la sécurité des processus industriels.

En 1989, le CCPS a introduit un ensemble de 12 éléments de gestion de la sécurité des processus (Engineers, Guidelines for Technical Management of Chemical Process Safety, 1991).

Le CCPS a étudié les différentes approches à l'époque et a relevé les 12 caractéristiques des interactions avec ses sociétés membres et les sociétés de conseil en processus d'affaires traditionnelles qui avaient une expérience significative dans l'évaluation des systèmes de gestion. Ces lignes directrices constituaient le premier ensemble de principes génériques à être compilés pour la conception et l'évaluation des systèmes de gestion de la sécurité des processus.

En 1992, l'administration de la santé et de la sécurité au travail (OSHA) a publié le règlement sur la gestion de la sécurité des processus des produits chimiques hautement dangereux (OSHA PSM), qui comportait son propre ensemble d'éléments de gestion de la sécurité des processus, bien que similaires. L'Agence de protection de l'environnement (EPA) a publié sa propre version en 1995 sous l'autorité du Clean Air Act. Cette réglementation est communément appelée RMP, ou plan de gestion des risques, car elle exige l'élaboration et la présentation d'un plan de risques basé sur les définitions et les exigences réglementaires.

Au fil de temps, les entreprises arrivent à rénover les pratiques de sécurité des processus PSM en les adaptant à leur propre système. (CCPS, Introduction to Process Safety for Undergraduates and Engineers,, 2016)

2.3. La notion de système de management

Le terme système de management signifie l'ensemble officiellement établi et documenté d'activités conçues pour produire des résultats précis de façon uniforme et durable. Ces activités doivent être définies de manière suffisamment détaillée pour que les travailleurs puissent effectuer les tâches requises. L'objectif de système de management est de rendre le site plus sûr en passant par le développement des compétences requises, la mise à disposition et la mise en œuvre des outils adaptés à la maîtrise des risques, le développement d'une culture d'entreprise durable qui intègre la sécurité des procédés dans toutes les décisions prises et les opérations réalisées au quotidien car sa dynamique dépend de l'importance allouée par la direction. (CCPS, 2007)

2.3.1. L'importance de Process Safety Management

Les défaillances des systèmes de gestion de la sécurité des processus sont mortelles et coûteuses. Au fil du temps, les accidents majeurs de sécurité des processus attirent l'attention du public sur les industries de processus et sur la nécessité d'assurer la sécurité des processus. En plus de la publicité négative et des dommages à l'image de chaque entreprise, les coûts de nettoyage et les amendes se sont élevés à des milliards de dollars pour chacun de ces incidents (CCPS, Introduction to Process Safety for Undergraduates and Engineers, June 2016)

La gestion de la sécurité des processus est l'une des principales techniques utilisées spécifiquement pour l'entretien des processus. Il existe également sur les marchés différents techniques et méthodologies adaptées au maintien des processus, mais le management de la sécurité des processus a une longueur d'avance sur toutes ces méthodologies. Cette technique a plusieurs avantages. L'avantage principal de cette technique est qu'elle est efficace et réduit les coûts opérationnels sur une base à long terme.

La gestion de la sécurité des procédés (PSM) est un processus de contrôle des risques qui protège les employés et l'environnement contre le rejet accidentel de matières toxiques, d'agents physiques nocifs. Dans le PSM, toutes les mesures sont prises pour éviter toute blessure ou tout dommage résultant d'activités liées au travail. Le système est conçu pour prévenir les blessures graves résultant d'une défaillance de l'équipement.

2.3.2. Management de la sécurité des processus (Process Safety Management)

Un système de gestion est un ensemble documenté d'activités et de procédures conçues pour produire constamment et durablement. La gestion de la sécurité des processus (PSM) est un domaine multidisciplinaire qui englobe de nombreux aspects importants de la prévention, préparation, atténuation, intervention ou restauration des rejets de produits chimiques ou de l'énergie provenant d'un processus associé à une installation. Il s'agit d'une approche systématique de la gestion des risques qui consiste à intégrer tous les aspects d'une organisation afin qu'ils travaillent ensemble à l'atteinte d'un objectif commun.

PSM est largement reconnu pour la réduction des risques d'accidents majeurs et l'amélioration des performances de sécurité des processus dans l'industrie des procédés. Néanmoins, de nombreuses organisations continuent d'être confrontées à un rendement inadéquat du système de gestion, à des pressions sur les ressources et à des résultats stagnants en matière de sécurité des processus. Afin de promouvoir l'excellence de la PSM et l'amélioration continue dans l'ensemble des industries de procédés, le CCPS a créé la sécurité des processus fondée sur les

risques (RBPS) comme cadre pour la prochaine génération de management de la sécurité des processus. (CCPS, Guidelines for Risk Based Process Safety, 2007)

2.4. Risk based Process Safety (RBPS)

L'RBPS est une approche du système de management réalisée par le CCPS, cette approche utilise des stratégies et des tactiques de mise en œuvre fondées sur les risques et qui sont proportionnelles à la demande pour les activités de sécurité des processus, à la disponibilité des ressources et à la culture organisationnelle existante pour la conception, la correction et l'amélioration des activités de management de la sécurité des processus. Son principal objectif est d'aider les organisations à construire et à exploiter un système de management de la sécurité des processus plus efficacement, car

(CCPS, Guidelines for Risk Based Process Safety, 2007) Au fil des années, les industries ont développé plusieurs approches stratégiques pour la prévention des accidents chimiques et des pertes (figure), et à un moment donné les entreprises et les installations ne se retrouveront pas au même point sur ce spectre, avec l'apparition de RBPS les industries, et les différents départements d'une installation, même des fonctions différentes au sein d'un département, ou la même fonction à des moments différents peuvent choisir de mettre en œuvre plusieurs stratégies en même temps.

La figure 2.1 ci-dessous représente la schématisation de l'évolution des stratégies de sécurité des processus et prévention des accidents :

2.5. Piliers fonctionnels et éléments de RBPS

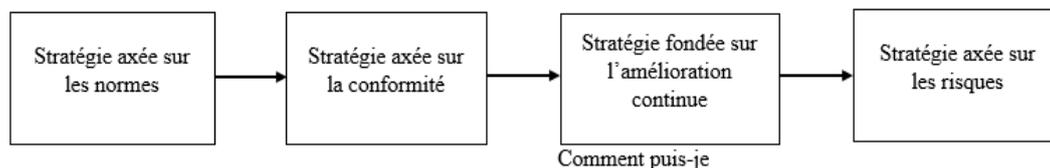


Figure 2.1 Evolution des stratégies de sécurité des processus et prévention des accidents/pertes

La sécurité des processus repose fondamentalement sur les quatre piliers fonctionnels :

Pilier 1 : Engagement envers la sécurité des processus

Ce pilier est soutenu par cinq éléments RBPS qui sont :

- **Élément 1-** La culture de la sécurité des processus ;

- **Élément 2-** Conformité aux normes ;
- **Élément 3-** La compétence en matière de sécurité des processus ;
- **Élément 4-** Implication de la main-d'œuvre ;
- **Élément 5-** Sensibilisation des parties.

Pilier 2 : Comprendre les dangers et les risques

Ce pilier est appuyé par deux éléments du RBPS, sont les suivants :

- **Élément 6-** Gestion des connaissances relatives aux processus ;
- **Élément 7-** Identification des dangers et analyse des risques.

Pilier 3 : Gestion des risques

Ce pilier comporte neuf éléments :

- **Élément 8-** Procédures d'exploitation ;
- **Élément 9-** Pratiques de travaux sécuritaires ;
- **Élément 10-** Intégrité et fiabilité des biens ;
- **Élément 11-** Gestion des entrepreneurs ;
- **Élément 12-** Formation et rendement ;
- **Élément 13-** Gestion du changement ;
- **Élément 14-** État de préparation opérationnelle ;
- **Élément 15-** Conduite des opérations ;
- **Élément 16-** Gestion des urgences.

Pilier 4 : Apprendre de l'expérience

Le pilier comporte quatre éléments :

- **Élément 17-** Enquête sur les incidents ;
- **Élément 18-** Mesures et paramètres ;
- **Élément 19-** Audit ;
- **Élément 20-** Revue de direction et amélioration continue. (CCPS, Introduction to Process Safety for Undergraduates and Engineers, June 2016)

La figure 2.2 ci-dessous nous montre les quatre piliers de PSM et les éléments de chaque pilier :

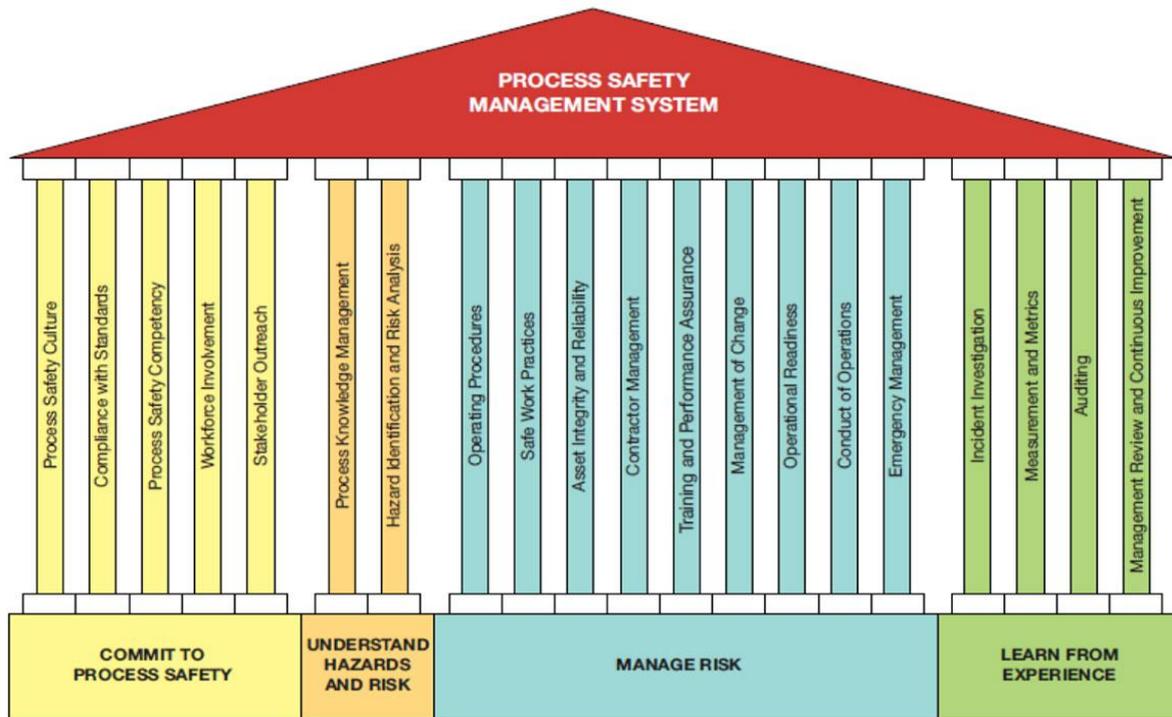


Figure 2. 2 Les piliers et les éléments de la gestion de sécurité des processus

2.6. La gestion de l'intégrité des actifs (Asset integrity management)

2.6.1. Définition des actifs

Un actif est un « élément, une chose ou une entité qui a une valeur potentielle ou réelle pour une organisation. La valeur variera selon les organisations et leurs intervenants, et peut être tangible ou intangible, financière ou non financière ». (ISO, 2014)

Les actifs couvrent de nombreuses catégories, allant des infrastructures (autoroutes, viaducs, etc.), aux réseaux de transport de fluides (eau potable, mazout, etc.), aux installations industrielles (y compris l'équipement statique et rotatif) et aux réseaux de transport locaux et nationaux. (Réseau électrique)

La durée de vie de l'actif est la période qui commence avec la conception et les premières étapes de la conception de l'actif et se termine avec le déclassement de l'actif lui-même. Par conséquent, au cours de sa durée de vie, un actif peut apporter une valeur, qui peut changer au fil du temps, à une ou plusieurs organisations.

2.6.2. L'intégrité des actifs

L'intégrité des actifs est définie comme la capacité d'un actif à remplir ses fonctions de manière efficace et efficiente tout en protégeant la santé, la sécurité et l'environnement.

La gestion de l'intégrité des actifs est le moyen de s'assurer que les personnes, les systèmes, les processus et les ressources qui assurent l'intégrité sont en place, sont utilisés et fonctionneront au besoin tout au long du cycle de vie de l'actif. (Millar, 2015)

Dans ce contexte, un actif est un procédé ou une installation qui participe à l'utilisation, à l'entreposage, à la fabrication, à la manutention ou au transport de produits chimiques, ou de l'équipement comprenant un tel procédé ou une telle installation. Les exemples de actifs comprennent l'équipement d'extraction et de traitement à terre et en mer, les réservoirs de procédé et auxiliaires, les récipients et les systèmes de tuyauterie, y compris leurs composants internes, les systèmes de contrôle, les systèmes de sécurité, les bâtiments et autres structures, et les conteneurs de transport.

La gestion de l'intégrité des actifs d'une usine s'élabore à partir du cycle de vie des équipements et le cycle de vie des équipements fixes implique :

- L'identification des mécanismes d'endommagement ;
- Les codes de construction ;
- Les techniques d'inspection (et codes) ;
- Les connaissances techniques des codes et méthodes d'évaluation de l'aptitude à retourner en service ;
- Les méthodes de réparation. (Sophie Boisvert, 2015)

La figure 2.3 ci-dessous représente l'élaboration de la gestion de l'intégrité des équipements à partir de cycle de vie de l'équipement :

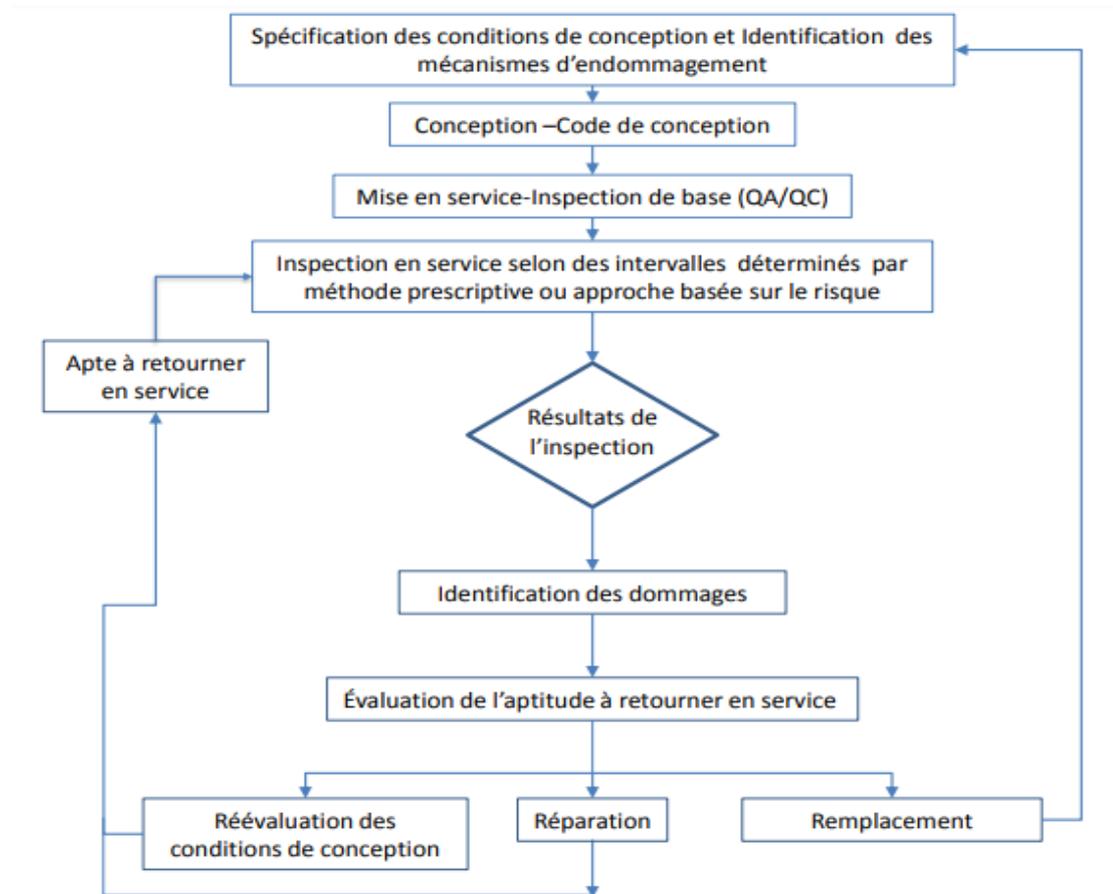


Figure2. 3 La gestion de l'intégrité des équipements à partir du cycle de vie de l'équipement (Sophie Boisvert, 2015)

2.6.3. La gestion de l'intégrité des actifs (AIM)

L'AIM est le produit de nombreuses activités, habituellement exécutées par de nombreuses personnes. Lorsque ces activités sont bien menées, l'AIM peut fournir les bases d'une installation sécuritaire et fiable qui réduit au minimum les menaces pour la main-d'œuvre, le public et l'environnement. (Coll, 2016)

Un système de gestion de l'intégrité des actifs comprend plusieurs activités, comme des activités de planification, de contrôle et de surveillance, pour exploiter les possibilités et réduire les risques.

Le succès du programme AIM concorde avec l'analyse de rentabilité de la sécurité des procédés. Les avantages des programmes d'AIM qui peuvent offrir une plus grande valeur à l'entreprise comprennent :

- Fiabilité et disponibilité améliorées de l'équipement ;

- Réduction de la fréquence des défaillances d'actifs qui entraînent des incidents liés à la sécurité et à l'environnement ;
- Amélioration de la cohérence des produits ;
- Amélioration de l'uniformité et de l'efficacité de la maintenance ;
- Réduction du temps et des coûts d'entretien imprévus ;
- Amélioration du rendement des entrepreneurs ;
- Conformité aux exigences réglementaires. (Millar, 2015)

Un programme de l'AIM comprend deux parties principales :

- Concevoir et installer correctement les actifs de l'installation avant le démarrage ;
- Maintenir l'intégrité continue des biens tout au long de l'exploitation de l'installation. (Coll, 2016)

Il reconnaît que l'intégrité fonctionnelle de l'équipement peut se dégrader au fil du temps par la corrosion, l'érosion, la fatigue et divers autres mécanismes, de sorte que ces mécanismes doivent être compris, détectés et corrigés avant qu'elle soit la capacité de réagir à une situation anormale ou d'urgence est perdue. (Executive., 2010).

Avant de prendre des mesures pour élaborer et mettre en œuvre un programme de AIM, il est important de comprendre certains concepts clés et la terminologie liée aux types de défaillances des actifs qu'un programme de AIM cherche à prévenir, ainsi que les outils disponibles pour repérer et analyser les défaillances potentielles.

2.6.4. Modes et mécanismes de défaillance

La plupart des mécanismes de dommages, des défaillances et des effets de défaillance peuvent être anticipés sur la base de l'expérience antérieure avec des actifs identiques ou similaires. Ils peuvent être systématiquement analysés pour leur probabilité d'occurrence ainsi que la gravité de leurs effets. Une analyse de ce type est utile pour apporter des améliorations à la conception et jeter les bases de l'exploitation et de l'entretien de l'installation de manière à réduire les risques et à diriger les ressources limitées là où elles seront les plus utiles, notamment en sachant quelle inspection, les tâches d'entretien préventif à effectuer et à quelle fréquence.

2.6.4.1. Fonctions de l'équipement et défaillance fonctionnelle

La compréhension des modes et mécanismes de défaillance commence par la compréhension de l'échec et de son contraire, qui est le fonctionnement réussi d'un actif.

Ainsi, pour reconnaître la défaillance d'un actif donné, il est essentiel de savoir deux choses : premièrement, quel est la performance requise pour l'actif ; deuxièmement, ce qui constitue une perte de capacité à exécuter au besoin.

- **Performance requise :** La performance requise d'un actif est son bon fonctionnement en service, atteindre son objectif opérationnel dans le cadre d'un système ou d'un processus plus vaste. Par exemple, un détecteur de gaz pourrait avoir exigé un rendement qui comprendrait la détection d'un gaz ou d'une gamme de gaz à un endroit donné où couvrant une zone donnée, sur une plage de concentration donnée, dans un délai de réponse défini. Tous ces paramètres peuvent être précisés de façon définitive ou quantitative quant à ce qui est considéré comme une performance requise.
- **Perte de capacité :** Si la performance requise (réussi) d'un actif est correctement défini, alors la défaillance est facilement comprise comme n'atteignant pas la performance requise pendant que le bien est en service.
- **Performance observé : défaillance révélé ou non révélée :** La défaillance qui se manifeste facilement par son effet sur le système ou les environs et qui se caractérise par une durée relativement courte avant d'être détectée ou de causer une perte (c.-à-d. que la défaillance se manifeste en quelques secondes ou quelques heures), est connue comme une défaillance révélée.

Les défaillances, lorsqu'un composant peut être dans un état non fonctionnel pendant une période prolongée (souvent des mois ou des années) avant d'être détecté, sont connues sous le nom de défaillances latentes ou non révélées.

- **Défaillance naissante :** Imperfection de l'état ou de la condition d'un matériel telle qu'on peut s'attendre à une dégradation ou à une défaillance catastrophique si des mesures correctives ne sont pas prises. Cependant, la plus grande partie d'un programme AIM consiste à prendre des mesures pour éviter les défaillances. La probabilité de défaillance des actifs peut être réduite par diverses activités d'assurance qualité et de maintenance préventive. Elle peut également être réduite en effectuant des tests et des inspections qui peuvent identifier les défaillances potentielles par divers mécanismes avant qu'elles ne se traduisent par des défaillances réelles.

2.6.4.2. Mode de défaillance

Les moyens par lesquels un actif peut échouer sont appelés ses modes de défaillance. Un mode de défaillance peut être identifié comme une perte de fonction, un fonctionnement intempestif

(fonctionnement sans demande), une condition de tolérance ou une caractéristique physique simple comme une fuite observée pendant l'inspection.

Certains des modes de défaillance les plus courants pour différents types d'équipement de traitement sont énumérés dans le tableau 1 représenté dans l'annexe 1.

2.6.4.3. Mécanismes de dommage

La prochaine étape pour comprendre les défaillances d'actifs est de connaître les différents moyens par lesquels les actifs sont endommagés ou dégradés au point de défaillance.

Mécanisme d'endommagement est le processus mécanique, chimique, physique ou autre qui entraîne la dégradation des actifs.

Certains des mécanismes de dommages du tableau 2 représenté dans l'annexe 1 sont bien compris, tandis que d'autres sont moins courants ou plus difficiles à conceptualiser.

2.6.4.4. Attribution des tâches de l'ITPM

Les principaux problèmes de maintenance liés au traitement des modes de défaillance et des mécanismes d'endommagement sont l'exécution adéquate des activités d'inspection, d'entretien préventif (ITPM) dans les délais impartis, ainsi que la résolution des défaillances des actifs au fur et à mesure qu'elles surviennent. La correction des lacunes peut comprendre la réparation ou le remplacement des biens, ainsi que les étapes de préparation opérationnelle connexes, et peut aussi comprendre la gestion du changement lorsque des situations surviennent, comme l'indisponibilité des remplacements en nature.

2.6.5. Inspection, mise à l'essai et maintenance préventive

Une fois que la portée du programme de gestion de l'intégrité des biens (AIMA) a été définie, les efforts du programme AIM se concentrent souvent ensuite sur l'élaboration et la mise en œuvre d'un programme d'inspection, de maintenance préventif (ITPM).

Les inspections ne résolvent pas les problèmes d'intégrité des actifs ; ils ne peuvent qu'aider à cerner les lacunes et à planifier l'entretien. L'objectif du programme ITPM est de déterminer et de mettre en œuvre les tâches de maintenance nécessaires pour assurer l'intégrité continue des actifs AIM, afin de contrôler adéquatement les risques liés aux processus.

Le tableau 2.1 suivant représente les définitions de terme ITPM :

Tableau 2.1 : Les définitions de terme ITPM

Terme	Définition
Inspection	Évaluation de l'état actuel et/ou du taux de dégradation des actifs.
Mise à l'essai (Testing)	Vérifier le fonctionnement/la fonctionnalité des actifs. Comprend des tests de preuve, qui sont l'exercice de systèmes passifs (en attente).
Maintenance préventive	Maintenance visant à réduire la fréquence et la gravité des arrêts imprévus en établissant un calendrier fixe d'inspections et de réparations de routine.
Inspection, et maintenance préventive (ITPM)	Activités de maintenance proactif prévues visant à évaluer l'état actuel ou le taux de dégradation des biens, à mettre à l'essai le fonctionnement ou la fonctionnalité des biens ou à prévenir la défaillance des biens en rétablissant l'état des biens.

L'élaboration et la mise en œuvre du programme ITPM se divisent en deux grandes phases :

- **Planification des tâches ITPM :** Les activités de cette phase comprennent l'identification et la documentation des tâches ITPM nécessaires pour assurer l'intégrité continue des actifs du programme AIM, l'établissement de la fréquence à laquelle les tâches ITPM doivent être exécutées et la traduction des tâches en un calendrier.
- **L'exécution et la surveillance des tâches ITPM :** Le plan devient réalité lorsque les tâches sont exécutées par du personnel qualifié comme prévu. Pour aider à atteindre cet objectif, le programme ITPM doit s'assurer que des processus sont établis pour surveiller le calendrier, les résultats des tâches et le rendement global du programme. L'exécution des tâches ITPM ne s'arrête pas à l'exécution ; Elle comprend l'émission d'actions correctives et leur suivi jusqu'à leur achèvement. Effectuer des inspections et des essais en soi n'a que peu de valeur ; ils apportent seulement de la valeur comme outil pour corriger les lacunes et planifier les activités d'entretien futures. (centre for chemical process safety of the american institute of chemical engineers, 2017)

2.6.5.1. Outils aidant à la planification de la maintenance

L'outil de planification de maintenance préventive Journalier, hebdomadaire, mensuelle, semestrielle et annuelle à effectuer sur le site de GSK est le logiciel GMAO qui signifie gestion de maintenance assisté par ordinateur.

GMAO : C'est un système informatisé permet la gestion des équipements et les activités de maintenances préventives et curatives des équipements, la gestion de stock des pièces de rechanges et la gestion des demande d'intervention

Le système utiliser est : Infor EAM. Et l'environnement PROD est le système utilisé officiellement pour toutes les activités.

L'illustration 2.4 suivante représente la fenêtre d'accès à l'infor EAM pour l'environnement PROD :



Figure2. 4 La fenêtre d'accès à l'infor pour l'environnement PROD

L'environnement training est destiné pour faire des entrainements à l'utilisation du système.

L'illustration 2.5 suivante représente la fenêtre d'accès à l'information EAM pour l'environnement Training. (GSK) :

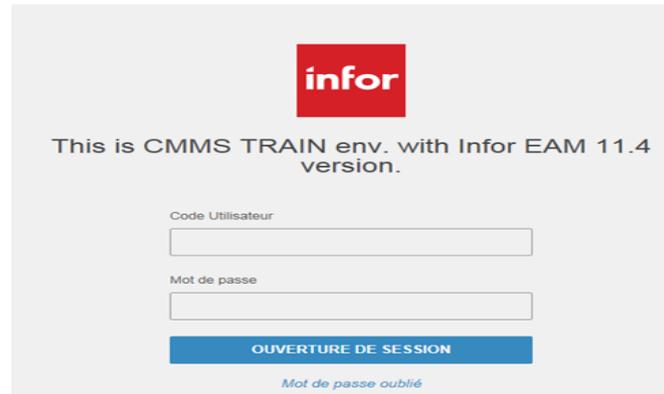


Figure2. 5 La fenêtre d'accès à l'infor pour l'environnement training

2.6.5.2. Approches établies pour l'élaboration de plans d'essais et d'inspection

Un programme d'inspection n'a guère de valeur comme tel, par contre il apporte de la valeur à une organisation en fournissant les données nécessaires pour planifier les réparations nécessaires avant qu'un événement de défaillance se produise, lorsque cet esprit de base est gardé il est essentiel d'élaborer des plans d'essai ou d'inspection tel que :

- Code et approches standard ;
- Approches des autorités de réglementation ;
- Approches propres à l'entreprise ;
- Risk based inspection (inspection fondé sur les risques) ;
- Modes de défaillance, effets et méthodes d'analyse de la criticité ;
- Systèmes instrumentés de sécurité. (Coll, 2016)

**L'inspection basée
sur les risques (Risk
based inspection**

Chapitre 3

L'inspection basée sur les risques

Ce chapitre a pour but d'éclaircir la notion de l'inspection basée sur le risque RBI et développer notamment les deux paramètres importants dans la méthodologie de l'RBI, la probabilité et les conséquences de défaillance de la canalisation de gaz naturel en suivant la norme **API RP 581** et la méthode OBRA.

3.1. L'inspection basée sur le risque

Une installation comporte un grand nombre de composants qui doivent être soumis à une inspection, et le délai entre les inspections ne doit pas être trop long. Cela peut être un grand défi, et il est bénéfique d'établir une liste prioritaire des composants qui doivent être inspectés. Pour ce faire, l'inspection basée sur le risque (RBI) peut être un outil utile. (Márcio das Chagas Moura, 2015) Le RBI est une technique de prise de décision pour la planification des inspections en fonction du risque. (GSK, 2010)

La combinaison de la probabilité de défaillance et de la conséquence de la défaillance forme l'image du risque du composant donné. Dans une situation idéale, le RBI est conçu pour développer un plan d'inspection optimisé, en plus de la surveillance et des tests du système. La principale motivation pour se concentrer sur l'inspection, la gestion de l'intégrité et la maintenance a été de réduire les conséquences d'une défaillance du système. Ces conséquences peuvent concerner la sécurité, l'environnement ou l'économie. (Coll, Guideline for asset integrity management, 2016)

3.2. La norme API 581

L'API 581, Risk-Based Inspection Methodology, fournit des procédures quantitatives pour établir un programme d'inspection utilisant des méthodes basées sur le risque pour les équipements tel que les appareils sous pression, les tuyauteries, les réservoirs, les échangeurs de chaleur.

L'API 580, Risk-Based Inspection, fournit des conseils pour développer des programmes d'inspection basés sur le risque (RBI) sur les équipements fixes dans les raffineries, les usines pétrochimiques, les usines de traitement chimique et les installations de production de pétrole et de gaz. L'objectif de l'API 580 est d'introduire les principes et de présenter des directives générales minimales pour l'inspection basée sur le risque, et fournir des méthodes de calcul quantitatif pour déterminer un plan d'inspection. (API, 2020)

3.3. La méthodologie de la RBI

La méthode RBI définit le risque lié à l'exploitation d'un équipement comme la combinaison de deux termes distincts : la probabilité d'une défaillance non détectée et la conséquence d'une telle défaillance.

- L'évaluation des conséquences d'une défaillance suit les étapes suivantes :
 - Définition de scénarios dans lesquels la défaillance (par exemple la fuite) se transforme en événements indésirables ;
 - Estimation de l'effet physique de chaque scénario ;
 - Effet négatif sur les personnes, l'équipement, l'environnement, la productivité en raison des conséquences.
- L'évaluation de la probabilité de défaillance prend en considération des critères tels que :
 - Les mécanismes d'endommagement applicables à l'élément analysé ;
 - L'historique d'inspection de l'élément ;
 - L'efficacité de l'inspection précédente.

En général, les principales étapes de l'étude RBI sont les suivantes :

- Analyse préliminaire ;
- Évaluation de la probabilité de défaillance ;
- Évaluation des conséquences ;
- Classement des risques ;
- Programme d'inspection (Eric VEITH) .

3.3.1. Préparation, collecte de données et examen initial

Les données essentielles relatives à l'équipement ou au système évalué sont essentielles tel que le guide de fabrication de l'équipement, les solvants, les fiches signalétiques, le diagramme de processus, les tableaux de compatibilité des matériaux doivent être utilisés pour aider l'équipe RBI à mieux comprendre le processus, les réactions chimiques, compatibilité des matériaux et propriétés chimiques du procédé et tous les données sont saisies dans le système de gestion de la RBI.

L'examen préalable sert à définir les limites physiques du système et les principaux paramètres de processus qui peuvent avoir une incidence sur la détérioration de l'équipement ou du système cela se fait par l'établissement de limites opérationnelles (limites d'exploitation). (GSK, 2010)

3.3.2. RBI détaillé

3.3.2.1. Probabilité de défaillance

Il existe différentes approches de la détermination de la probabilité allant de qualitative à semi-quantitative à quantitative. La PoF pour les équipements statiques comme les tuyauteries est déterminé en évaluant la dégradation pour les différents groupes de corrosion en combinaison avec l'épaisseur nominale de la paroi. (Rod, 2015)

Dans notre cadre d'étude nous allons déterminer la probabilité de défaillance selon l'approche quantitative en se basant sur la norme API 581.

La probabilité de défaillance utilisée dans API RBI est calculée à partir de l'équation suivante :

$$P_f(t) = gff \times D_f(t) \times F_{MS} \dots \dots \dots (3.1)$$

La probabilité de défaillance $P_f(t)$ est déterminée comme étant le produit d'une fréquence de défaillance générique gff , d'un facteur de dommages D_f et d'un facteur lié aux systèmes de gestion F_{MS} .

3.3.2.1.1. La fréquence de défaillance générique gff (voir annexe 1)

Si suffisamment de données sont disponibles pour un composant donné, les probabilités réelles de défaillance peuvent être calculées à partir des défaillances réelles observées. Même si une défaillance ne s'est pas produite dans un composant, le PoF réel est susceptible d'être supérieur à zéro parce que le composant peut ne pas avoir fonctionné assez longtemps pour subir une défaillance. Comme première étape de l'estimation de cette probabilité non nulle, il est nécessaire d'examiner un plus grand ensemble de données de composants similaires pour trouver suffisamment de défaillances afin qu'une estimation raisonnable d'une vraie POF puisse être faite. Cet ensemble générique de données sert à produire un GFF pour le composant.

3.3.2.1.2. Facteur des systèmes de gestion F_{MS} (voir annexe 1)

L'échelle recommandée pour convertir une note d'évaluation des systèmes de gestion, score, en un facteur des systèmes de gestion est fondée sur l'hypothèse que l'usine « moyenne » obtiendrait une note de 50 % (500 sur une note possible de 1 000). Selon ce classement, l'équation (4.2) et l'équation (4.3) sont utilisées pour calculer un facteur de système de gestion, F_{MS} , pour toute note d'évaluation de système de gestion, Score. La note de gestion doit d'abord être convertie en pourcentage comme suit :

$$pscore = \frac{score}{1000} \times 100 \text{ (unité en pourcentage)} \dots \dots \dots (3.2)$$

$$F_{MS} = 10^{(-0.02 \times pscore + 1)} \dots \dots \dots (3.3)$$

3.3.2.1.3. Facteur de dommages (voir annexe 1)

Selon l'état et l'emplacement de notre système « canalisation de gaz naturel en acier de nuance API 5L X60 qui se situe à l'air libre dans une zone fortement humide, soutenue par des supports afin de prévenir la fatigue de la canalisation. Et selon la norme **API RP 571** qui décrit les mécanismes de dommages affectant les équipements fixes dans l'industrie du raffinage, nous constatons que le mode de défaillance applicable sur notre système est bien la perte de la matière par la corrosion atmosphérique.

Calcul de facteur d'endommagement de la perte de matière par la corrosion atmosphérique

La procédure suivante est utilisée pour déterminer le DF

ÉTAPE 1- Déterminez l'épaisseur fournie, t , et l'âge du composant à partir de la date d'installation.

ÉTAPE 2- Déterminer la vitesse de corrosion C_r , en fonction du conducteur et de la température de fonctionnement. En utilisant le tableau 4 Annexe 1.

Les conducteurs

La vitesse de corrosion externe est affectée par la température de fonctionnement, les conditions météorologiques basées sur l'emplacement de l'équipement, et l'état de surface de l'équipement (revêtement externe ou peinture...).

Le conducteur choisi pour la vitesse de corrosion C_r doit correspondre au mieux à la vitesse de corrosion externe observée à cet endroit.

Le tableau 3.1 suivant donne la vitesse de corrosion de base en fonction du conducteur :

Tableau 3.1 : La vitesse de corrosion de base en fonction du conducteur

vitesse de corrosion de base C_r	Conditions
Sévère	Haute mouillabilité (par exemple, > 60 % du temps) Précipitations très élevées [$> 2250 \text{ mm/an}$ (100 pouces/an)] ; Déluge fréquent ; Atmosphère industrielle très corrosive dans une zone côtière avec une teneur atmosphérique en chlorure très élevée ($> 1500 \text{ mg/m}^2/\text{jour}$)
Modéré	Fréquemment humide (30 % à 60 % du temps) ; sous le vent d'une tour de refroidissement Fortes précipitations [1524 à 2250 mm/an (60 à 100 pouces/an)] Atmosphère industrielle corrosive ; près de la côte avec une teneur considérable en chlorure dans l'eau de pluie
Faible	Humidité occasionnelle (< 30% du temps) ; Précipitations modérées [762 à 1 524 mm/an (20 à 60 po/an)] Faible teneur en chlorure de l'eau de pluie.
Zone sèche	Zone très sèche ou froide avec une pollution et un temps d'humidité très faibles Faibles précipitations [$< 508 \text{ mm/an}$ ($< 20 \text{ in. /an}$)] Bâtiment intérieur (fonctionnant au-dessus du point de rosée) faible teneur en chlorure dans l'eau de pluie

ÉTAPE 3- Déterminer le temps en service, age_{Tke} , depuis la dernière inspection d'épaisseur t_{rde} connue.

Remarque

Si aucune épaisseur mesurée n'est disponible, $t_{rde} = t$ et $age_{Tke} = age$.

ÉTAPE 4-Déterminer le temps en service, age_{coat} , depuis que le revêtement a été installé.

ÉTAPE 5-Déterminer l'âge prévu du revêtement, C_{age} , en fonction du type de revêtement, de la qualité de l'application et conditions de service.

- La durée de vie devrait être de 0 an pour les revêtements non appliqués ou mal appliqués.
- Les revêtements de qualité inférieure ont généralement une durée de vie de 5 ans ou moins.
- Les revêtements de haute qualité ou les revêtements dans des environnements externes moins difficiles peuvent avoir une Cage de 15 ans ou plus.

ÉTAPE 6-Déterminer l'ajustement du revêtement, $Coat_{adj}$, en utilisant l'une des deux équations suivantes :

Si $age_{tke} \geq age_{coat}$:

$$Coat_{adj} = \min(C_{age}, age_{coat}) \dots \dots \dots (3.4)$$

$$age_{tke} \geq age_{coat}$$

➤ Si le revêtement a échoué au moment de l'inspection où age_{Tke} a été établi, alors

$$Coat_{adj} = 0$$

➤ Si le revêtement n'a pas cédé au moment de l'inspection où age_{Tke} a été établi, $Coat_{adj}$ sera calculer par l'équation suivante :

$$Coat_{adj} = \min(C_{age}, age_{coat}) - \min(C_{age}, age_{coat} - age_{tke}) \dots \dots \dots (3.5).$$

ÉTAPE 7-Déterminez le temps en service, l'âge, pendant lequel la corrosion externe a pu se produire en utilisant les éléments suivants :

$$age = age_{tke} - Coat_{adj} \dots \dots \dots (3.6).$$

ÉTAPE 8-Déterminez la contrainte admissible, S, l'efficacité du joint de soudure, E, et l'épaisseur minimale requise, t_{min} selon le code de construction.

ÉTAPE 9-Déterminer le paramètre A_{rt} en fonction de l'âge et du t_{rde} selon l'équation :

$$A_{rt} = \frac{C_r \times age}{t_{rde}} \dots \dots \dots (3.7).$$

ÉTAPE 10-Calculer la contrainte d'écoulement, $FS^{extcorr}$ par l'équation suivante :

$$FS^{extcorr} = \frac{YS+TS}{2} \times E \times 1.1 \dots \dots \dots (3.8).$$

Avec :

YS : la limite d'élasticité, en MPa (psi).

TS : la résistance à la traction, MPa (psi)

ÉTAPE 11-Calculer le paramètre du rapport de force, $SR_P^{extcorr}$.

$$SR_P^{extcorr} = \frac{P \times D}{\alpha \times FS^{extcorr} \times t_{rde}} \dots \dots \dots (3.9).$$

Avec :

P : est la pression en MPa (psi)

D : le diamètre intérieur du composant, en mm (pouce)

α : Le facteur de forme de la géométrie du composant, $\alpha = 2$ pour un cylindre, 4 pour une sphère, 1,13 pour une tête.

ÉTAPE 12-Déterminer le nombre d'inspections $N_A^{extcorr}$, $N_B^{extcorr}$, $N_C^{extcorr}$ et $N_D^{extcorr}$ et la catégorie d'efficacité d'inspection correspondante en utilisant le tableau 5 Annexe 1.

ÉTAPE 13-Déterminer les facteurs d'efficacité de l'inspection $I_1^{extcorr}$, $I_2^{extcorr}$ et $I_3^{extcorr}$ en utilisant des probabilités préalables $Pr_{p1}^{extcorr}$, $Pr_{p2}^{extcorr}$ et $Pr_{p3}^{extcorr}$ et les probabilités conditionnelles $CO_{p1}^{extcorr}$, $CO_{p2}^{extcorr}$ et $CO_{p3}^{extcorr}$, ces données sont prises de deux tableaux à partir de tableau 6 et 7 Annexe 1.

$$I_1^{extcorr} = Pr_{p1}^{extcorr} (CO_{p1}^{extcorr})^{N_A^{extcorr}} (CO_{p1}^{extcorr})^{N_B^{extcorr}} (CO_{p1}^{extcorr})^{N_C^{extcorr}} (CO_{p1}^{extcorr})^{N_D^{extcorr}} \dots (3.10)$$

$$I_2^{extcorr} = Pr_{p2}^{extcorr} (CO_{p2}^{extcorr})^{N_A^{extcorr}} (CO_{p2}^{extcorr})^{N_B^{extcorr}} (CO_{p2}^{extcorr})^{N_C^{extcorr}} (CO_{p2}^{extcorr})^{N_D^{extcorr}} \dots (3.11)$$

$$I_3^{extcorr} = Pr_{p3}^{extcorr} (CO_{p3}^{extcorr})^{N_A^{extcorr}} (CO_{p3}^{extcorr})^{N_B^{extcorr}} (CO_{p3}^{extcorr})^{N_C^{extcorr}} (CO_{p3}^{extcorr})^{N_D^{extcorr}} \dots (3.12)$$

ÉTAPE 14- Calculer les probabilités postérieures $PO_{p1}^{extcorr}$, $PO_{p2}^{extcorr}$ et $PO_{p3}^{extcorr}$

$$PO_{p1}^{extcorr} = \frac{I_1^{extcorr}}{I_1^{extcorr} + I_2^{extcorr} + I_3^{extcorr}} \dots (3.13)$$

$$PO_{p2}^{extcorr} = \frac{I_2^{extcorr}}{I_1^{extcorr} + I_2^{extcorr} + I_3^{extcorr}} \dots (3.14)$$

$$PO_{p3}^{extcorr} = \frac{I_3^{extcorr}}{I_1^{extcorr} + I_2^{extcorr} + I_3^{extcorr}} \dots (3.15)$$

ÉTAPE 15-Calculer les paramètres, $\beta_1^{extcorr}$, $\beta_2^{extcorr}$ et $\beta_3^{extcorr}$:

$$\beta_1^{extcorr} = \frac{1 - D_{s1} \times A_{rt} - SR_P^{extcorr}}{\sqrt{D_{s1}^2 A_{rt}^2 COV_{\Delta t}^2 + (1 - D_{s1} \times A_{rt})^2 \times COV_{sf}^2 + (SR_P^{extcorr})^2 \times COV_P^2}} \dots (3.16)$$

$$\beta_2^{extcorr} = \frac{1 - D_{s2} \times A_{rt} - SR_P^{extcorr}}{\sqrt{D_{s2}^2 A_{rt}^2 COV_{\Delta t}^2 + (1 - D_{s2} \times A_{rt})^2 \times COV_{sf}^2 + (SR_P^{extcorr})^2 \times COV_P^2}} \dots (3.17)$$

$$\beta_3^{extcorr} = \frac{1 - D_{s3} \times A_{rt} - SR_P^{extcorr}}{\sqrt{D_{s3}^2 A_{rt}^2 COV_{\Delta t}^2 + (1 - D_{s3} \times A_{rt})^2 \times COV_{sf}^2 + (SR_P^{extcorr})^2 \times COV_P^2}} \dots (3.18)$$

Où

$$D_{s1} = 1,$$

$$D_{s2} = 2$$

$$D_{s3} = 4$$

$$COV_{\Delta t} = 0.2$$

$$COV_{sf} = 0.2$$

$$COV_p = 0.05$$

ÉTAPE 16- Calculer le facteur d'endommagement $D_f^{extcorr}$ comme suit :

$$D_f^{extcorr} = \frac{[(P_{o_{p1}}^{extcorr} \varphi(-\beta_1^{extcorr})) + (P_{o_{p2}}^{extcorr} \varphi(-\beta_2^{extcorr})) + (P_{o_{p3}}^{extcorr} \varphi(-\beta_3^{extcorr}))]}{1.56 \times 10^{-4}} \dots\dots\dots(3.19)$$

où φ est la fonction de distribution cumulative normale standard. (API, 2020)

Après la détermination de la probabilité de défaillance de la canalisation, selon l'équation (3.19) Il apparait nécessaire de la classer en utilisant la grille de la norme API RBI 581 représentée dans le tableau 3.2 suivant

Tableau 3. 2 : Grille de probabilité

MTBF		Probabilité de défaillance		Qualitatif	Description	Catégorie
< 1 an	(ou)	> 10 ⁻²	(ou)	Très probable	Population réduite :une ou plusieurs défaillances par an Défaillance apparue plusieurs fois localement	5
1-25 ans		10 ⁻³ à 10 ⁻²		Probable	Population élevée :une ou plusieurs défaillances par an Défaillance apparue plusieurs fois par an sur site	4
5-25 ans		10 ⁻⁴ à 10 ⁻³		Possible	Plusieurs défaillances peuvent survenir pendant la durée de vie de l'installation pour un système ayant un petit nombre de composants Défaillance apparue sur site	3
25-100 ans		10 ⁻⁵ à 10 ⁻⁴		Improbable	Plusieurs défaillances peuvent survenir pendant la durée de vie de l'installation pour un système ayant un grand nombre de composants	2

				Défaillance apparue dans l'industrie	
> 100 ans		< 10 ⁻⁴	Très improbable	Défaillance non envisagée	1
				Défaillance non survenue dans l'industrie	

3.3.2.2. Conséquence de défaillance

La conséquence d'une défaillance (CoF) peut être définie comme le résultat d'une défaillance, qui peut être exprimée en termes de sécurité pour le personnel, de perte économique ou de dommages à l'environnement.

Pour quantifier le risque tiré de l'APR nous avons choisi la méthode OBRA (Occupied Building Risk Assessment)

3.3.2.2.1. Présentation de la méthode OBRA

L'OBRA est une évaluation des risques qui évalue les dangers auxquels sont exposés les occupants d'un immeuble en cas d'accident majeur. L'emplacement et la conception des bâtiments occupés peuvent avoir une incidence importante sur les chances de survie des personnes qui les occupent en cas d'accident majeur. C'est ce qui nous conduit à la définition d'un immeuble occupé.

Un immeuble occupé

Un bâtiment occupé est un bâtiment qui a une occupation de 5 personnes de plus pour des périodes d'au moins 2 heures par jour. Cela devrait comprendre les bâtiments permanents et les bâtiments temporaires.

3.3.2.2.2. Etapes clés d'une démarche OBRA

La méthodologie comprenait les étapes suivantes :

- Identifier les bâtiments où les gens pourraient être présents et confirmant qu'ils sont « occupés » ;
- Identifier les événements dangereux (explosion, incendie...) auxquels les occupants des bâtiments peuvent être exposés et évaluer la gravité de ces événements ;
- Pour les bâtiments occupés non blindés, une évaluation plus détaillée a été effectuée. Il s'agissait d'une inspection du bâtiment et du calcul des probabilités d'événements pour mieux comprendre les risques ;

- Évaluer les effets de ces événements dangereux, tous les événements potentiellement dangereux ont été modélisés à l'aide de l'un des outils d'évaluation des conséquences les plus utilisés. (ABB).
- Établir une liste de mesures correctives pour améliorer le rendement du bâtiment ou réduire le niveau de danger aux niveaux ALARP. Pour les immeubles pour lesquels il a été déterminé que les risques ne sont pas ALARP, un éventail d'options d'amélioration des immeubles et des processus qui doivent être cernées.

3.3.2.2.3. Évaluation détaillée des risques liés aux immeubles occupés

L'évaluation détaillée des risques liés aux bâtiments occupés (OBRA) est une analyse fondée sur les risques qui est généralement effectuée par des consultants spécialisés, car un plus grand nombre de considérations doivent être appliquées.

Pour chaque bâtiment occupé, on détermine le risque en tenant compte du nombre de personnes qui pourraient être présentes dans l'immeuble et de la probabilité que l'événement entraîne des blessures mortelles.

Gravité

L'occupation sert à déterminer la de gravité (S) de l'événement utilisé dans la matrice des risques.

La gravité devrait être fondée sur :

- Occupation normale pendant les heures de pointe (par exemple, le nombre maximal de personnes qui devraient être présentes pendant la journée) ;
- Le facteur de vulnérabilité en tenant compte de l'étendue prévue des dommages au bâtiment.

Pour les dommages résultant d'une surpression explosive, la vulnérabilité des occupants tient compte de l'étendue des dommages au bâtiment et, par conséquent, de la proportion des occupants susceptibles d'en subir les conséquences. La vulnérabilité pour les scénarios d'explosion est généralement déterminée en utilisant des courbes de dommages ISO qui tracent la pression d'impulsion par rapport à la pression et en comparant avec les zones de dommages pour des bâtiments de construction similaire. Il est recommandé de consulter un expert en utilisant des modèles de dommages. Des exemples d'une telle courbe et la corrélation avec la vulnérabilité des occupants d'immeubles sont donnés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3. 3 : La vulnérabilité des occupants de bâtiment

Région	Description	vulnérabilité des occupants
A	démolition complète du bâtiment	0.5 – 1.0
B	dommages suffisamment graves pour nécessiter la démolition	0.1 – 0.5
C_b	dommages rendant l'immeuble temporairement inhabitable avec le toit et un ou deux murs extérieurs partiellement effondré	0.01 – 0.1
C_α	dommages structuraux mineurs, mais encore suffisants pour rendre le bâtiment temporairement inhabitable avec des cloisons et des menuiseries arrachées des fixations	blessures seulement
D	dommages nécessitant des réparations urgentes, mais pas assez graves pour rendre le bâtiment inhabitable	blessures seulement

Pour déterminer la gravité, multipliez l'occupation maximale par la vulnérabilité de l'occupant.

La gravité est déterminée en conséquence à l'aide des critères de gravité GSK ;

- S4 = 1 à 5 personnes vulnérables
- S5 = 5 à 50 personnes vulnérables
- S6 = >50 personnes vulnérables
- Les risques pour le personnel hors site sont également généralement pris en compte dans S5 ou S6.

Probabilité

La probabilité est fondée sur la fréquence du scénario d'explosion et tient également compte de la probabilité que les personnes soient présentes.

Une estimation de la fréquence du scénario (F) en fonction des considérations suivantes ;

$$F_{\text{scenario}} = F_{\text{initiating}} \times P_{\text{IPL1}} \times P_{\text{IPL2}} \times P_{\text{IPL3}} \times P_{\text{occupied}} \dots\dots\dots(3.20)$$

$F_{\text{initiating}}$: La fréquence de l'événement déclencheur ou la cause fondamentale de l'incident, selon les connaissances d'exploitation ou l'expérience de l'industrie, p. ex., une défaillance de la pompe d'alimentation d'une chaudière, peut être considérée comme un événement de 1/an pour une pompe sans veille automatique.

Les IPL sont des couches de protection indépendantes comme les dispositifs de sécurité ou de verrouillage ou les dispositifs de protection mécaniques (p. ex., soupapes de décharge de pression, dispositifs de verrouillage ou de déclenchement à bas niveau d'eau des chaudières) qui agissent pour prévenir ou atténuer les conséquences d'un événement.

P_{occupied} est un modificateur qui tient compte de l'occupation du bâtiment peut changer au cours de la journée et le risque pour la vie est réduit si le bâtiment est inoccupé. Cela devrait être exprimé en pourcentage d'occupation, p. ex., 8 heures par jour est de 0,33.

Ensuite le risque est évalué selon la matrice de risque élaboré par le personnel de GSK représenté dans le tableau 3.4 ci-dessous :

Tableau 3. 4 : La matrice de risque

S6	Catastrophique sociétale							
S5	Catastrophique				Inacceptable			
S4	Sévère		Tolérable si ALARP					
S3	Majeur							
S2	Sérieux	Acceptable						
S1	Mineur							
		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
		<10 ⁻⁸ / yr	10 ⁻⁸ - 10 ⁻⁶ /yr	10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁴ /yr	10 ⁻⁴ - 10 ⁻³ /yr	10 ⁻³ -10 ⁻² /yr	10 ⁻² - 10 ⁻¹ /yr	>10 ⁻¹

L'OBRA utilise un ensemble de modèles de dommages pour évaluer l'étendue des zones où pourraient se développer des ondes de pression capables d'endommager des bâtiments.

Selon l'OBRA :

- Les fenêtres devraient être endommagées à 3 kPa.
- Les bâtiments légers à charpente et à revêtement en acier à 5 kPa.
- Les bâtiments en briques ou en blocs à 10 kPa.

Toutes les structures de ce type situées dans ces zones et qui sont occupées sont considérées comme risquant d'être endommagées.

Dans notre d'étude nous allons adoptés l'évaluation des dommages à l'aide du modèle TNT

$$Q_{PV} = V^* P_B \left[\ln \left(\frac{P_B}{P_A} \right) + \frac{P_A}{P_B} - 1 \right] \dots\dots\dots(3.21)$$

Avec :

V* : Le volume de l'immeuble

P_B, P_A : Pression d'éclatement et pression atmosphérique respectivement.

La pression d'éclatement P_B est fournie par la méthode de l'OBRA

Par exemple :

Pour l'explosion de gaz de chaudière, la pression d'éclatement est de 10kpA pour une chaudière de construction légère/charpente et revêtement en acier.

Pour l'explosion de gaz de la chaufferie, la pression d'éclatement est de 20kpA pour une chaufferie construite en briques/blocs.

Pour l'explosion de gaz du foyer, la pression d'éclatement est de 1barg, car le foyer s'effondrera mécaniquement à cette pression.

La formule de Sadowsky est ensuite utilisée pour calculer l'onde de souffle de l'explosion de TNT à la surface de la terre dans des conditions atmosphériques normales;

$$\Delta p_1 = 0.95 \frac{\sqrt[3]{m}}{r} + 3.9 \frac{\sqrt[3]{m^2}}{r^2} + 13 \frac{m}{r^3} \dots \dots \dots (3.22)$$

Classer les conséquences de manière qualitative selon la grille représenté par la figure 3.1 suivante:

	A	B	C	E	F
Effets sur la santé	Alarme émise, pas d'effet	Alarme émise, effet possible	Effets temporaires sur la santé (guérissables)	Effets limités sur la santé publique, menace de maladies chroniques	Effets importants sur la santé publique, menace de maladies mortelles
	OU				
Effets sur la sûreté	Pas de secours nécessaire, arrêt du travail	Premiers secours nécessaires, pas d'incapacité de travail	Incapacité temporaire	Incapacité permanente	Mort de personnes
	OU				
Effets sur l'environnement	Effets négligeables	Effets (par ex. pollution)	Effets mineurs (par ex. pollution contenue)	Dommmages à l'intérieur du site	Dommmages à l'extérieur du site et pour une longue durée
	OU				
Effets financiers	< 10 k€	10 k€-100 k€	0,1 M€-1 M€	1 M€-10 M€	> 10 M€
	OU				
Effets sur la sécurité	Aucun	Sur site (localement)	Sur le site	En dehors du site	Menace sur la société
	OU				
Effets sur l'image de marque	Aucun	Mineur	Mauvaise image	Enjeux pour l'entreprise	Enjeux politiques
	OU				
Perturbation pour le public	Aucune	Négligeable	Mineure	Petite communauté	Large communauté
	Ensemble d'échelles pour les conséquences				

Figure 3. 1 : La grille de conséquence

Ce chapitre nous a permis de comprendre la notion de l'inspection basée sur le risque voire la méthodologie détaillée de l'RBI qui regroupe les différentes équations de détermination de la probabilité de défaillance et l'estimation des conséquences de défaillance en suivant la méthode OBRA, afin d'aboutir à un plan d'inspection optimal.

Application de la RBI
–Cas de la conduite
de gaz naturel

Chapitre 4

Application de la RBI –Cas de la conduite de gaz naturel

Dans ce chapitre, nous nous intéresserons initialement à une évaluation en déployant les outils d'analyse retenus pour que nous puissions étudier la probabilité de défaillance de conduite de gaz naturel et les conséquences générées par cette défaillance en suivant la démarche RBI.

4.1. Evaluation Générale des risques

A cause des différentes activités du personnel de département Engineering Utilities dans le local de chaufferies comme l'entretien et la maintenance, Il apparaît nécessaire de cibler et cerner les sources de dangers qui peuvent conduire à des accidents multiples.

Les critères d'évaluation de la gravité et la de probabilité d'occurrence ont été établis via des grilles validées et utilisées par le groupe GSK qui prend en compte le retour d'expérience et les expertises de l'entreprise et qui sont représentés par les tableaux 1 et 2 annexe2.

L'appréciation de la criticité se fait par la matrice de criticité validée et utilisée par GSK, et permettra une hiérarchisation des scénarios d'accidents et la proposition des mesures de réduction des risques, elle se fera en utilisant à la matrice dans le tableau 4.1 suivante :

Tableau 4. 1 La matrice de criticité de l'évaluation générale (GSK D.)

	Conséquences insignifiantes score 1	Conséquences mineures score 2	Conséquences modérées score 3	Conséquences majeures score 4	Conséquences catastrophiques score 5
Presque certain score 5	Risque moyen	Risque élevé	Risque très élevé	Risque très élevé	Risque très élevé
Probable score 4	Risque moyen	Risque moyen	Risque élevé	Risque très élevé	Risque très élevé
Possible score 3	Risque faible	Risque moyen	Risque moyen	Risque élevé	Risque très élevé
Improbable score 2	Risque faible	Risque moyen/faible	Risque moyen	Risque moyen	Risque élevé
Peu fréquent score 1	Risque faible	Risque faible	Risque faible	Risque moyen	Risque moyen

Le tableau 4.2 suivant représente un extrait de l'évaluation générale de département Engineering Utilities :

Tableau 4. 2 Extrait de l'évaluation générale des risques au département Engineering utilities

N°	Localisation	Activité	Description de risque	Personnes exposé	Contrôles existants	P	G	R	Contrôles additionnels requis
1	Zones techniques utility NAB/AB	Maintenance préventive et corrective des équipements utilités	blessures, électrocution et nuisance sonore	2 techniciens utilités 1 superviseur utilités 1 technicien électricité 1 Manager utilités Personnel des prestataires	- application de la procédure LOTO (si applicable) - PTW in place - Evaluation des activités et mise en place des contrôles/mitigation par l'utilisation de la méthode statement. - Intervention limités aux personnes compétentes - SOP et Guides en place pour lister les activités - Formation d'habilitation électrique pour les techniciens utility - port des EPI adéquats	1	4	4	NA

L'évaluation générale des risques de département Engineering Utilities nous a permis de cerner 31 scénarios qui peuvent exister et qui engendrent des accidents plus ou moins graves.

Une hiérarchisation nous aidera par la suite à identifier le scénario critique qui est l'explosion au niveau de la locale chaudière AB, et qui sera étudiée en utilisant des méthodes plus approfondies afin d'affiner l'évaluation.

Le tableau 4.3 donne les résultats de l'évaluation générale des risques de département Engineering Utilities :

Tableau 4. 3 Résultats de l'évaluation générale

Risque faible	29
Risque moyen	1
Risque élevé	1
Risque très élevé	0

La figure 4.1 résume ces résultats en donnant le pourcentage des évènements non désirés classés selon le niveau de criticité du risque :

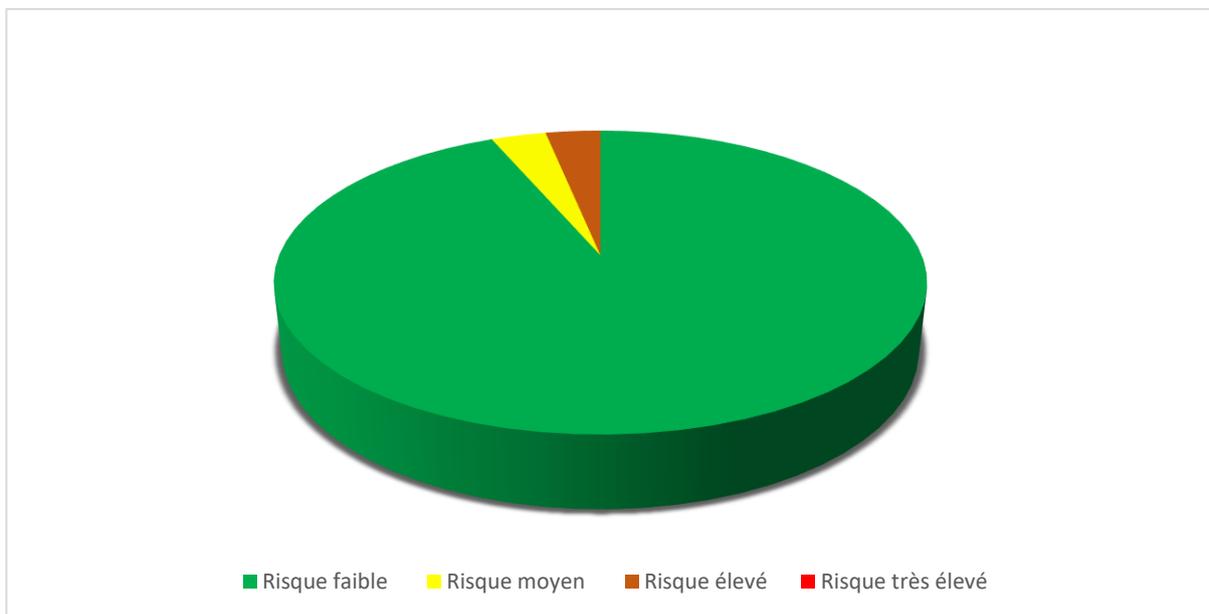


Figure 4. 1 Résultats de l'évaluation

D'après les résultats de l'étude, on constate un pourcentage de 94% d'événements à risque faible (exemple : Risque de trébuchement, glissade suite à la formation de condensat par terre formés par les 04 pompes de circulation d'eau glacée au niveau du bâtiment de stockage AB) et une parité entre les évènements à risques moyen(Risque de dépassement des valeurs limites : A cause de l'absence de mode opératoire clair et bien défini il y'a un risque de rejeter des quantités d'eau qui dépassent les valeurs au niveau du station de traitement d'effluents AB)et les évènements à risques élevé (Risque d'Incendie ou explosion au niveau du local chaudière AB) avec une proportion de 3 %, et 0 % évènement à risque très élevé.

Suite à l'existence de l'événement à risque élevé, nous entamons ainsi une analyse HAZID plus structurante dans la chaudière afin de le détailler.

4.2. Hazard Identification HAZID

HAZID est utilisé comme un moyen précoce d'identification des dangers pendant la conception et le développement du processus, elle consiste à identifier les divers éléments dangereux présents dans le système étudié et à examiner pour chacun d'eux comment ils pourraient conduire à une situation accidentelle plus ou moins grave, suite à un événement initiant une situation potentiellement dangereuse. (André, 2011)

La méthode HAZID couvrant la chaudière nous a permis de :

- Déterminer la localisation des activités du système qui peuvent mener à des éléments ou des situations dangereuses ;
- Evaluer qualitativement la probabilité d'occurrence de ces événements et la gravité des conséquences attachées aux accidents potentiels ;
- Définir les recommandations et les propositions de réduction immédiate.

Les critères d'évaluation de la gravité et la de probabilité d'occurrence ont été établi via des grilles validées et utilisées par le groupe GSK en se basant sur le standard : EHS-Risk management qui prend en compte le retour d'expérience et les expertises de l'entreprise et qui sont représentés par les tableaux 3 et 4 annexe2.

L'appréciation de la criticité permettra une hiérarchisation des scénarios d'accidents et la proposition des mesures de réduction des risques, elle se fera en utilisant à la matrice représentée par le tableau 4.4 suivante :

Tableau 4. 4 Matrice de criticité HAZID

	Score 1	Score 2	Score 3	Score 4	Score 5	Score 6	Score 7
S6 Catastrophe sociétale	6	12	18	24	30	36	42
S5 Catastrophique	5	10	15	20	25	30	35
S4 Sévère	4	8	12	16	20	24	28
S3 Majeur	3	6	9	12	15	18	21
S2 Sérieux	2	4	6	8	10	12	14
S1 Mineur	1	2	3	4	5	6	7

L'appréciation du risque s'est faite de la manière suivante :

Le score	1-9	10-16	18-42
L'appréciation	Acceptable	tolérable	Inacceptable

Tableau 4. 5 l'appréciation du risque (GSK D.)

Le tableau 4.6 suivant synthétise la HAZID réalisée :

Tableau 4. 6 HAZID Chaudière

numéro	Opération /équipement	Produits dangereux / caractéristiques	Evènement probable	causes	Mesures actuelles de contrôle	Evaluation du risque			Recommandations HAZID	Evaluation du risque après l'implémentation		
						G	P	R		G	P	R
1	Production de l'eau chaude pour le bâtiment production AB.	Gaz naturel	Fuite de Gaz	Fractures ou fuites détectée sur les conduites de gaz à proximité de la chaudière à eau AB ou défaillance mécanique de la chaudière pouvant conduire à la naissance d'un feu de gaz ou une explosion	-Présence d'un système de détection de gaz asservie a une électrovanne de coupure en cas de détection -Ventilation forcée au niveau de la locale chaudière AB -inspection réglementaire annuelle des chaudières à eau -Inspection et tarage de la soupape de sécurité de la chaudière -Détection feu installée au niveau du local chaudière	5	4	20	-Mettre en place un plan d'Inspection régulière des conduites de gaz et des vannes au niveau du local chaudière -mettre en place un plan de maintenance de l'électrovanne de gaz	5	2	10
2	Production de l'eau chaude pour le bâtiment production AB	La chaudière à eau	Manque d'eau ou vidange involontaire	-La vanne de vidange en position ouverte pendant le	-Un Loto est appliqué sur la vanne de vidange de la chaudière AB	5	3	15	-la vérification de l'état de la vanne de vidange	5	2	10

			du de la chaudière	fonctionnement de la chaudière -une fuite importante d'eau au niveau du corps de la chaudière peut provoquer la surchauffe de la chaudière par manque d'eau pouvant provoquer un incendie ou une explosion mécanique	-Inspection routinière de la chaudière par L'équipe utilities pour détecter toute fuite ou anomalie - Maintenance préventive annuelle de la chaudière						
--	--	--	-----------------------	---	---	--	--	--	--	--	--

La HAZID nous a permis d'identifier deux scénarios au niveau de la chaudière à eau qui peuvent exister et qui engendrent des accidents plus ou moins graves avec leurs niveaux de criticité.

Nous remarquons par la suite que le scénario le plus critique que nous avons ressortis depuis l'analyse HAZID est la fuite de gaz naturel sur les conduites de gaz à proximité de la chaudière à eau qui peut engendrer une explosion de gaz.

L'éléments dangereux rencontré durant notre l'analyse, concerne le gaz naturel qui entre dans le procédé de fabrication d'une manière indirect, du coup il est utilisé pour la production de l'eau chaude pour le bâtiment production AB et il est utilisé principalement pour l'alimentation des batteries de centre de traitement d'air et pour le nettoyage des équipements de production et pour fournir de l'eau chaude dans les douches et les sanitaires dans le site.

La canalisation du gaz naturel peut subir des évènements indésirables tel que la déformation, la rupture, la corrosion ... qui causent par la suite une explosion de gaz provoqué par une fuite de gaz.

Suite à notre interprétation de la HAZID la fuite gaz dans la chaufferie est l'évènement à risque élevé au niveau de GSK, ce qui explique la nécessité d'inspection périodique des canalisations de gaz.

Pour structurer l'inspection afin d'avoir un plan optimal avec des spécifications sur les techniques d'inspection appropriés et la fréquence d'inspection nous allons entamer la démarche RBI.

4.3. L'inspection basée sur les risques

Dans cette partie nous abordons l'emplacement de la pipe de transport de gaz naturel au niveau du site GSK ainsi le mécanisme de dommage qui la touche le plus suite à la norme **API RP 571** qui définit les mécanismes de dommage qui peuvent arriver à l'installation, pour que nous pouvons déterminer la probabilité de ce dommage et ainsi modéliser les conséquences, afin de synthétiser cette étude par un plan d'inspection.

4.3.1. Préparation, collecte de données et examen initial

La plupart des métaux ne sont pas stables au contact de l'air. Les différents constituants de celui-ci oxygène, humidité relative, polluants entraînent la mise en place de processus de corrosion. Ce type de corrosion dépend essentiellement du milieu d'exposition, c'est-à-dire des conditions climatiques humidité et température et de la teneur en polluants.

La cause principale de l'usure de la canalisation de gaz naturel qui peut provoquer une fuite de gaz au niveau de la chaufferie est bien la corrosion atmosphérique

Le matériau d'étude est l'acier micro allié de norme API 5L X60 destinée pour la fabrication des tubes hélicoïdaux. L'acier présente une fine microstructure de type ferrito- perlitique

Caractéristiques des aciers (X60)

Les propriétés chimiques

Le tableau 4.7 donne la composition chimique de l'acier grade API 5L X60.

Tableau 4. 7 Composition chimique de l'acier X60 étudiée

Eléments	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Al	Co	Cu
[%] en poids	0.2123	0.38	1.35	0.015	0.015	0.025	0.024	0.013	0.067	0.007	0.029
Eléments	Nb	Ti	V	W	Sn	V+Nb	Fe	B	(S+P)	Ceq	
[%] en poids	0.078	0.00	0.003	0.004	0.02	0.082	97.8	0.000	0.031	0.45	

Les propriétés mécaniques

Le tableau 4.8 suivant résume les données mécaniques :

Tableau 4. 8 : Les propriétés mécanique de l'acier X60 étudiée

Matériau(x)	Acier au Carbone
La nuance	API 5L X60
Pression de conception	Atmosphérique
Date d'installation	17 ans
l'âge de revêtement age_{coat}	11 ans
épaisseur fournie t	4,45 mm
Efficacité des joints de soudure E	0,95
Diamètre intérieure	80 mm
La limite d'élasticité, YS	60200 psi
la résistance à la traction TS	60200 psi
La contrainte maximale admissible	25000 Psi

Le tableau 4.9 ci-dessous donne l'identité du système étudié, les détails opérationnels et de processus :

Tableau 4. 9 L'identité du système- Détails opérationnels- Détails de processus

L'identité du système		Détails opérationnels			Détails du processus	
L'actif - System ID	Localisation	Pression normale (Bar)	Température Normal (°C)	Temps d'utilisation	Type du fluide	Stabilité
Canalisation du gaz naturel	Site externe	Atmosphérique	Ambiante	Quotidiennement	Inflammable	Stable

4.3.2. Evaluation de dommage

L'état de la conduite de gaz naturel au sein de GSK est représenté dans la figure 4.2 ci-dessous :



Figure 4. 2 La conduite de gaz naturel au sein de GSK

L'évaluation consiste à déterminer les deux paramètres de calcul de niveau risque

4.3.2.1. Probabilité de défaillance

Les pipelines sont toujours exposés aux risques d'endommagements. Les causes de défaillances des canalisations sont de diverses natures. Elles peuvent se manifester soit par une rupture soit par une fuite dans les conduites. Les défauts à l'origine de ces défaillances peuvent être classés suivant quatre catégories :

- défauts de corrosion, causés par des piqûres de corrosions ou par des fissurations de corrosion sous contraintes ;
- Les défauts de types éraflures ;
- Les défauts de type enfoncement ;
- Les défauts dans les soudures. (ZENATI, 2014)

La figure suivante montre l'état de la conduite de gaz naturel au sein du site GSK

En se référant à la norme API 581 qui décrit la méthodologie de l'RBI nous allons calculer la probabilité en suivant les étapes citées précédemment et selon l'équation (4.1) :

$$P_f(t) = gff \times D_f(t) \times F_{MS} \dots \dots \dots (3.1)$$

4.3.2.1.1. La fréquence de défaillance générique gff

Une liste recommandée de fréquences de défaillance génériques est fournie dans le tableau 3. Annexe 1 d'où nous avons extrait $gff = 3,06 \times 10^{-5}$, la valeur de gff totale de la canalisation.

4.3.2.1.2. Facteur des systèmes de gestion F_{MS}

Le facteur du système de gestion est utilisé pour mesurer la qualité du système de gestion de l'installation qui peut survenir en raison d'un accident et la main-d'œuvre de l'usine est formée pour manipuler l'actif.

La procédure d'évaluation des systèmes de gestion développée pour l'API RBI couvre tous les domaines du système PSM d'une usine qui a un impact direct ou indirect sur l'intégrité des équipements. (Dwi Priyanta, Sept 2017)

Cette évaluation consiste en une série d'entretiens avec la direction de l'usine, les opérations, l'inspection, la maintenance, l'ingénierie, la formation et le personnel de sécurité.

Le tableau 4.10 suivant représente l'extrait de l'évaluation avec le score total de chaque titre :

Tableau 4. 10 Extrait du questionnaire sur Leadership et administration

	Questions	Le score possible	Le score actuel
1	L'organisation, au niveau de l'entreprise ou au niveau local, dispose-t-elle d'une déclaration de politique générale reflétant l'engagement de la direction envers la gestion de la sécurité des processus et mettant l'accent sur les questions de sécurité et de contrôle des pertes ?	10	10
2	Est la déclaration de politique générale :		
	a. Contenue dans des manuels ?	2	2
	b. Affichée à divers endroits ?	2	2
	c. Inclus dans tous les livrets de règles ?	2	2
	d. Mentionné dans tous les principaux programmes de formation ?	2	2
	e. Utilisé d'autres manières ? (Décrivez)	2	2

Après l'élaboration de l'évaluation de système de management GSK (voir Annexe 4), nous calculons le niveau de conformité de chaque élément de système de management

Le tableau ci-dessous résume les niveaux de conformité repartie par éléments, en plus de ça nous avons utilisé le diagramme radar présenté dans **la figure 4.3** pour donner une meilleure vision sur l'état des lieux du système de gestion GSK.

Tableau 4. 11 Les niveaux de conformité par élément

Leadership et administration	100%
Process safety information	94%
Analyse des risques du processus	98%
Gestion de changement	100%
Les procédures d'opérations	89%
Les pratiques de travail sûres	91%
Formations	100%
Intégrité mécanique	90%
Examen de l'innocuité avant le démarrage	100%
Intervention d'urgence	100%
Enquête sur l'incident	100%
Entrepreneurs	100%
Evaluation de système de gestion	100%

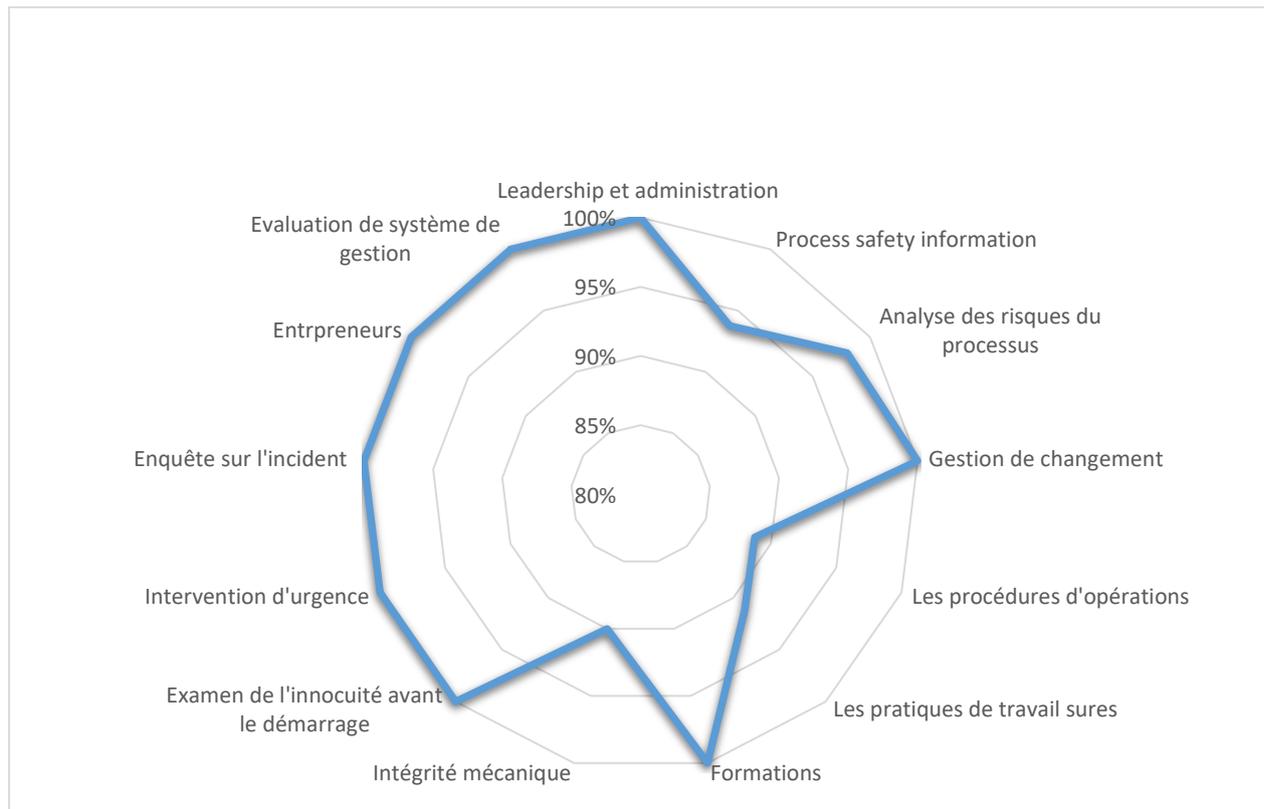


Figure 4. 3 Radar de l'évaluation de système de management

Nous remarquons que les éléments : Leadership et administration, évaluation de système de gestion, entrepreneurs, Enquête sur l'incident, intervention d'urgences, examen de l'innocuité avant le démarrage, gestion de changement et formations sont les plus respectés avec une conformité de 100% par rapport aux exigences recommandés par la norme API RP 581, et en revanche les éléments des procédures d'opérations et l'intégrité mécanique sont les moins respectés avec 89% et 90% de conformité.

Nous remarquons aussi que l'élément : Process safety information est de forte conformité avec un pourcentage de 94 %.

D'après l'évaluation de système de management de GSK qui nous a montrés une nécessité d'améliorer l'élément de l'intégrité mécanique, ce qui justifie notre choix d'étude par la mise en place de la RBI quantitative.

Après avoir effectué l'évaluation voir Annexe 4, nous arrivons à déterminer le score qui est la somme de tous les points, pour calculer le F_{MS} selon les équations (3.2) et (3.3) :

$$score = 960$$

$$pscore = \frac{score}{1000} \times 100 \%$$

$$pscore = \frac{960}{1000} \times 100 = 96\%$$

$$F_{MS} = 10^{(-0.02 \times pscore + 1)} = 0,1202$$

A partir de nos résultats trouvés nous constatons que le système de management de GSK est efficace par rapport aux exigences de la norme API RP 581, et le système présente un moins de respect d'exigences dans les éléments des procédures d'opérations et intégrité mécanique seulement .

4.3.2.1.3. Le facteur d'endommagement

Nous devons calculer le facteur d'endommagement pour la corrosion externe dont les conditions où se situer la conduite de gaz naturel.

La norme fournit des conducteurs différents qui représentent le milieu où se trouve l'équipement à étudier afin d'approcher des valeurs de vitesses de corrosion correspond au milieu, à cet effet nous allons choisir le conducteur correspond à la vitesse de corrosion externes observés à cet endroit

Le choix de conducteur correspondant à l'emplacement de la conduite

Le climat de Boumerdès est chaud en été et pluvieux en hiver, Boumerdès affiche une température annuelle moyenne de 17.5 °C. Sur l'année, la précipitation moyenne est de 672 mm. L'humidité relative la plus basse de l'année est en Juillet 54.13 %. Le mois où le taux d'humidité est le plus élevé est Janvier avec une valeur de 75.13 %. Le conducteur choisi dans notre cas est modéré. (CLIMATE-DATA.ORG, 2022).Le tableau suivant représente le climat de boumerdès :

Tableau 4. 12 Le climat de Boumerdès :

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Température moyenne (°C)	9.8	10	12.5	15	18.4	22.9	26.4	26.6	23.3	19.9	14.1	11
Température minimale moyenne (°C)	5.9	5.8	7.8	9.9	12.9	16.8	20	20.8	18.3	15.2	10.4	7.3
Température maximale (°C)	14.5	14.8	17.6	20.2	23.7	28.8	32.6	32.8	29	25.5	18.8	15.5
Précipitations (mm)	94	79	74	69	53	9	2	9	34	61	96	92
Humidité (%)	75%	73%	72%	71%	69%	59%	54%	56%	63%	64%	71%	74%
Jours de pluie (journée)	9	8	7	7	5	2	1	1	5	6	9	8
Heures de soleil (h)	6.8	7.5	8.7	9.9	11.0	12.3	12.4	11.4	10.1	8.9	7.3	6.8

ÉTAPE 2- Selon le tableau 2 Annexe 1 proposé par la norme API 581 la valeur de C_{rB} est de 0,127 mm/an

$$C_r = C_{rB} \max[F_{EQ}, F_{IF}] \dots \dots \dots (4.1)$$

Et comme la canalisation a une conception qui ne permet pas à l'eau de s'accumuler et d'augmenter les taux de perte de métal , elle est supporté par des supports qui ne stock pas de l'eau alors $F_{EQ} = 1$.

Ajustement pour l'interface, comme la tuyauterie n'a pas une interface où elle entre soit dans le sol, soit dans l'eau, alors $F_{IF} = 1$

Ce qui donne :

$$C_r = C_{rB} = 0,127 \text{ mm/an}$$

ÉTAPE 3- Puisque la canalisation n'a subi aucune inspection depuis la date d'installation ce qui ne résulte aucune épaisseur mesurée n'est disponible alors

$$t_{rde} = t = 4,45 \text{ mm et } age_{Tke} = age = 17 \text{ ans} .$$

ÉTAPE 5-L'âge prévu du revêtement, C_{age} , en fonction du type de revêtement, de la qualité de l'application et conditions de service est de 15 ans car il est de haute qualité .

ÉTAPE 6-comme $age_{tke} \geq age_{coat}$ l'ajustement du revêtement, $Coat_{adj}$ se calcule comme suit :

$$Coat_{adj} = \min(C_{age}, age_{coat}) = \min(15,11) = 11 \text{ ans}$$

ÉTAPE 7 -Ce qui indique le temps en service, l'âge, pendant lequel la corrosion externe a pu se produire en utilisant l'équation (4.6) est égale à 6 ans

ÉTAPE 8-Voir le tableau 4. 1: Les propriétés mécaniques de l'acier X60 étudié

ÉTAPE 9-le paramètre A_{rt} en fonction de l'âge et du t_{rde} selon l'équation (3.7) :

$$A_{rt} = \frac{C_r \times age}{t_{rde}} = \frac{0,127 \times 6}{4,45} = 0,1712$$

ÉTAPE 10-la contrainte d'écoulement, $FS^{extcorr}$ par l'équation (3.8) suivante :

$$FS^{extcorr} = \frac{YS + TS}{2} \times E \times 1.1$$

$$FS^{extcorr} = \frac{60200 + 60200}{2} \times 0,95 \times 1.1$$

$$FS^{extcorr} = 62909 \text{ psi}$$

ÉTAPE 11-le paramètre du rapport de force, $SR_p^{extcorr}$ se calcule par l'équation (3.9).

Ce paramètre de rapport de résistance est basé sur la contrainte de pression interne.

$$SR_p^{extcorr} = \frac{P \times D}{\alpha \times FS^{extcorr} \times t_{rde}} = \frac{6,42 \times 80}{2 \times 62909 \times 4,45}$$

$$SR_p^{extcorr} = 9,33 \times 10^{-4}$$

ÉTAPE 12- Comme aucune inspection a été réalisée sur la canalisation donc :

$$N_A^{extcorr}=0, N_B^{extcorr} = 0, N_C^{extcorr} = 0 \text{ et } N_D^{extcorr} = 0$$

ÉTAPE 13- les facteurs d'efficacité de l'inspection $I_1^{extcorr}$, $I_2^{extcorr}$ et $I_3^{extcorr}$ en utilisant les deux tableaux 4 et 5 Annexe 1 sont :

$$I_1^{extcorr} = 0,8$$

$$I_2^{extcorr} = 0,15$$

$$I_3^{extcorr} = 0,05$$

ÉTAPE 14- les probabilités postérieures $P_{o_{p1}}^{extcorr}$, $P_{o_{p2}}^{extcorr}$ et $P_{o_{p3}}^{extcorr}$

$$P_{o_{p1}}^{extcorr} = 0,8$$

$$P_{o_{p2}}^{extcorr} = 0,15$$

$$P_{o_{p3}}^{extcorr} = 0,05$$

ÉTAPE 15- les paramètres, $\beta_1^{extcorr}$, $\beta_2^{extcorr}$ et $\beta_3^{extcorr}$:

$$\beta_1^{extcorr} = 4,8908$$

$$\beta_2^{extcorr} = 4,4285$$

$$\beta_3^{extcorr} = 2,0843$$

ÉTAPE 16- le facteur d'endommagement $D_f^{extcorr}$ par l'équation (3.19) comme suit :

$$D_f^{extcorr} = \frac{\left[\left(P_{o_{p1}}^{extcorr} \varphi(-\beta_1^{extcorr}) \right) + \left(P_{o_{p2}}^{extcorr} \varphi(-\beta_2^{extcorr}) \right) + \left(P_{o_{p3}}^{extcorr} \varphi(-\beta_3^{extcorr}) \right) \right]}{1,56 \times 10^{-4}}$$

$$D_f^{extcorr} = \frac{\left[(0,8 \varphi(-\beta_1^{extcorr})) + (0,15 \varphi(-\beta_2^{extcorr})) + (0,05 \varphi(-\beta_3^{extcorr})) \right]}{1,56 \times 10^{-4}}$$

$$D_f^{extcorr} = \frac{(0,8 \times 5,021 \times 10^{-7}) + (0,15 \times 4,744 \times 10^{-6}) + (0,05 \times 0,0185)}{1,56 \times 10^{-4}}$$

$$D_f^{extcorr} = 5,9366$$

$$P_f(t) = gff \times D_f(t) \times F_{MS}$$

$$P_f(t) = 3,06 \times 10^{-5} \times 5,9366 \times 0,1202$$

$$P_f(t) = 2,1835 \times 10^{-5}$$

La probabilité de défaillance de la conduite égale à , **1835×10^{-5}** , elle est d'ordre 10 puissance moins cinq, elle dépend directement de plusieurs paramètres tel que l'âge de revêtement appliqué et la vitesse de corrosion et aussi le nombre d'inspection effectuée auparavant.

Et suite à ces résultats nous jugeons à partir de grille de probabilité de l'RBI que la probabilité de défaillance de la conduite est de classe 2 ce qui prouve qu'un tel scénario peut survenir dans des industries similaires.

4.3.2.2. Conséquence de défaillance

Dans cette partie nous allons traiter les conséquences de défaillance de la canalisation par la mise en place de la méthode OBRA pour quantifier les dommages qui peut présenter en cas d'explosion de gaz en suivant la démarche RBI.

Les résultats de l'OBRA sont présentés comme suit :

Le scénario d'explosion de gaz de chaudière suppose qu'il y a eu une fuite de gaz naturel provenant des conduites de gaz à proximité de la chaudière à eau AB

Nous supposons que la concentration de gaz atteint la limite inférieure d'explosivité (LIE) et qu'elle trouve une source d'inflammation entraînant une explosion.

L'OBRA prend en considération le volume de la chaufferie et le type de construction et les distances de la chaudière par rapport aux fenêtres, bâtiments légers et les murs au brick et les distances de la chaufferie par rapport aux autres immeubles toutes ces données sont présentées dans les tableaux 1et 2

La figure 4.4 suivante nous montre les différentes zones dans le site GSK Algérie :



Site Zones	
Non Anti-Biotic - NAB	Anti-Biotic - AB
1. M01 Warehouse	23. Energy delivery Sub-Station
2. NAB Spare Parts Warehouse	24. Waste Area
3. NAB Production Zones	25. AB Garden
4. NAB Utilities Zone	26. Used Water Station
5. NAB Open Space & Meeting Rooms	27. Laundry & AB Water Station
6. NAB QC Laboratory & Climatic Chambers	28. Reagent Warehouse
7. NAB Free Ground & Waste Area	29. AB Building external zone
8. Diesel Generator Zone	30. AB Corridor and Changing Rooms
9. SLZ	31. AB Production Primary Zone
10. NAB Cantine	32. AB Production Secondary Zone
11. Nursery and related area	33. Process Warehouse
12. NAB Archiving Room	34. M02 Warehouse and Reception Dock
13. STDF Warehouse	35. Spare Part Room
14. M03 Warehouse	36. Engineering Workshop
15. DIGRO 01 Warehouse	37. AB Archiving Room
16. DIGRO 02 Warehouse	38. Engineering & IT Room
17. Main Parking	39. AB QC Laboratory
18. Admin Building	40. AB Open Space and related area
19. NAB Water Station	41. NAB Cantine
20. GSK Parking	42. AB Utilities area
21. Energy delivery Station	43. AB Meeting Rooms & Corridor
22. Utilities Technical Mezanine & NAB Boiler	
	44. W&D Site Zone

Figure 4. 4 Les zones du site GSK Algérie

Les deux tableaux ci-dessous représentent la première étape de la méthode OBRA qui est la détermination et la collecte des informations sur la chaufferie et les bâtiments occupés :

Tableau 4. 13 Détails de la chaufferie

Chaufferie			
Chambre de chaudière évaluée	Chaudière de bâtiment AB	Distance à 3kPa “fenêtres ” (m)	2
type de construction :	Bâtiment de Brick.	Distance à 5kPa “ Bâtiments légers ” (m)	15
Volume :	12m x 6m x 4m = 288m ³	Distance à 10kPa “Brick/Block” (m)	5

Tableau 4. 13 Détails des bâtiments occupés

Bâtiments occupés			
Bâtiments	Type de Construction	Distance de sécurité minimale(m)	Distance réelle de la chaudière
Laboratoires	Brick/Block	5	25
Bloc utilities	Bâtiments légers	15	15
zone de production	Brick/Block	5	15

Lorsque le processus d’examen préalable identifie le scénario susceptible d’entraîner des dommages structuraux aux bâtiments, une évaluation détaillée devrait être effectuée.

L’évaluation détaillée peut être effectuée par des consultants tiers/experts, ou en utilisant la méthodologie GSK décrite ici.

- Chaque scénario dans chacun des immeubles devrait être représenté par une ligne distincte. Il peut y avoir plusieurs scénarios ayant une incidence sur un seul immeuble.
- Consignez le nombre de personnes qui travailleront dans l’immeuble de jour et de nuit.
- Évaluer l’occupation associée en pourcentage du temps disponible (en fonction de la pleine disponibilité à n’importe quelle heure de la journée, à n’importe quelle période de l’année). Cela peut être approximatif. Un immeuble de bureaux typique est considéré comme étant de 8 h/24 h, soit environ 30 % de la journée de travail. Le bâtiment est donc considéré comme inoccupé environ 70 % de la journée.

- Noter la fréquence de l'explosion. Cela peut être fondé sur des données normalisées de l'industrie pour les explosions de chaudières ou de gaz ou de préférence sur une évaluation quantitative précise de l'installation.
- La vulnérabilité est une évaluation de la gravité des dommages prévus au bâtiment, qui peut être calculée à l'aide des modèles de dommages. Une vulnérabilité de 1 représenterait la destruction totale du bâtiment et prédirait que tous les occupants sont mortellement blessés, Une vulnérabilité de 0,01 prédirait que 1 occupant sur 100 pourrait subir des blessures mortelles.
- Le nombre de décès prévus si un événement se produit dans l'immeuble lorsqu'il est occupé est calculé par $F = N \times V$. Ceci est utilisé pour déterminer la gravité sur la matrice de risque 6x7. S4=1-5 décès, S5=5-50 décès, S6=>50 décès
- La fréquence ajustée des événements est déterminée en tenant compte de la probabilité d'occupation au moment où l'événement se produit. Ceci est utilisé pour déterminer la probabilité sur la matrice de risque 6x7

L'évaluation OBRA détaillé est représenté dans le tableau 4.15 suivant :

Tableau 4. 14 Evaluation OBRA détaillée

Bâtiment	Construction	distance par rapport au danger	occupation	Scénario	effet de dégâts	fréquence d'événements /année	Nombre de décès (N)	Occupation (O)	Vulnérabilité (V)	Nombre prévu de décès	Fréquence des événements ajustée	G	F	R
Laboratoires	Brick	25m	12 personnes/jour	Explosion au gaz de chambre de chaudière	Dommages structuraux légers à 25 m. Projectiles possibles	0,0001	12	30%	0.01	0.1	3.0×10^{-5}	S 3	F 3	
Bloc utilities	Bâtiments légers	15m	3 personnes/jour 1 personnes/nuit	Explosion au gaz de chambre de chaudière	Dommages structuraux à 25 m. Projectiles possibles	0,0001	3	30%	0.01	0.0	3.0×10^{-5}	S 3	F 3	
zone de production	Brick	15m	50 personnes/jour 20 personnes/nuit	Explosion au gaz de chambre de chaudière	Dommages structuraux à 25 m.	0,0001	50	60%	0.05	2.5	6.0×10^{-5}	S 4	F 3	

Selon la matrice de risque représenté dans le tableau 4.16, nous avons constaté que les laboratoires et le bloc utilities sont de niveau de risque acceptable et la zone de production est de niveau Tolérable.

Tableau 4. 15 Classification de zones sur la matrice de risque

	Score 1	Score 2	Score 3	Score 4	Score 5	Score 6	Score 7
S6 Catastrophe sociétale	6	12	18	24	30	36	42
S5 Catastrophique	5	10	15	20	25	30	35
S4 Sévère	4	8	12 Zone de production	16	20	24	28
S3 Majeur	3	6	9 Laboratoires Bloc utilities	12	15	18	21
S2 Sérieux	2	4	6	8	10	12	14
S1 Mineur	1	2	3	4	5	6	7

D’après l’évaluation OBRA détaillé des trois bâtiments étudiés en se basant sur leur occupation au moment où l’événement se produit et la fatalité qui peut se résulter, nous avons pu déduire que la zone de production présente le risque le plus élevé à cause de sa position proche de local de chaufferie, de ce fait le nombre de décès dans cette zone est de deux à trois personnes en cas d’explosion.

Nous procédons à une estimation de la surpression engendrée par l’explosion de gaz dans la chaufferie en se basant sur le modèle TNT.

Calcul de l’énergie d’explosion selon l’équation (3.21)

$$Q_{PV} = V * P_B \left[\ln \left(\frac{P_B}{P_A} \right) + \frac{P_A}{P_B} - 1 \right]$$

$$Q_{PV} = 288 * 121,59 \left[\ln \left(\frac{121,59}{101,325} \right) + \frac{101,325}{121,59} - 1 \right]$$

$$Q_{PV} = 5,48 \times 10^2 \text{ Kj}$$

Calcul de la masse de TNT

$$\text{La masse de TNT} = \frac{Q_{PV}}{4600 \text{ kJ per kg TNT}} \dots \dots \dots (4.2)$$

$$\text{La masse de TNT} = 0,119 \text{ Kg TNT}$$

La formule de Sadowsky représenté par l'équation (3.22) est ensuite utilisée pour calculer l'onde de souffle de l'explosion de TNT à la surface de la terre dans des conditions atmosphériques normales.

$$\Delta p_1 = 0.95 \frac{\sqrt[3]{m}}{r} + 3.9 \frac{\sqrt[3]{m^2}}{r^2} + 13 \frac{m}{r^3}$$

Le tableau 4.17 suivant présente les différentes surpressions en fonctions des distances :

Tableau 4. 16 Corrélation de la distance graduelle

	R(m)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Dommage											
	dP (atm)	0,24	0,10	0,07	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
Surpression	Surpression dP (psi)	3,32	1,46	0,94	0,69	0,55	0,45	0,39	0,34	0,30	0,27
	Surpression dP (kPa)	24,03	10,59	6,79	5,00	3,95	3,27	2,79	2,43	2,15	1,93
Impulse	Impulsion T+ (msec)	2,04	2,88	3,53	4,08	4,56	4,99	5,40	5,77	6,12	6,45

	R(m)	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Dommage											
	dP (atm)	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Surpression	Surpression dP (psi)	0,24	0,22	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13
	Surpression dP (kPa)	1,76	1,61	1,48	1,37	1,28	1,20	1,13	1,06	1,01	0,96
Impulse	Impulsion T+ (msec)	6,76	7,06	7,35	7,63	7,90	8,16	8,41	8,65	8,89	9,12

L'OBRA nous indique les résultats suivants :

A 10 m les fenêtres et les bâtiments légers et aussi les briques risquent d'être endommagées

À 15 m où se situent la production et le bloc utilities, les fenêtres et les bâtiments légers risquent d'être endommagées, il convient donc de les supprimer/les protéger/les renforcer conformément, et les fenêtres risquent d'être endommagées à des distances allant jusqu'à 25mètres.

Estimation des pertes financières

Nous avons estimé avec l'équipe de GSK que les pertes financières liées à l'explosion de gaz naturel ne dépassent pas 1 million d'euros.

Après la projection de nos résultats trouvés de l'OBRA et l'estimation de pertes financières sur la grille de l'RBI qui regroupe l'ensemble d'échelles sur les conséquences nous trouvons les conséquences est de classe F.

Recommandations proposés

En se basant sur l'estimation du personnel de GSK, le tableau suivant représente les recommandations proposées et leurs dépenses :

Tableau 4. 17 Recommandations proposés et leurs dépenses

Bâtiment	Recommandation ALARP	Dépenses justifiables
Laboratoires	Déplacer le laboratoire à l'extérieur de la zone des dommages	£2000.00
Bloc utilities	Déménagement dans la zone vacante du bloc administratif de l'équipe des services publics	£2000.00
Zone de production	Renforcer l'avant de l'immeuble	£40000.00
Somme des dépenses		£44000.00

4.3.3. Calcul du risque

En utilisant la matrice de risque utilisée dans la procédure RBI représenté par le tableau 4.19 :

Selon les deux grilles de la probabilité et la gravité, le scénario de l’explosion de gaz est de niveau est très élevé.

Tableau 4. 18 Matrice de criticité RBI

				Risque très élevé
			Risque élevé	
Probabilité		Risque moyen		
	Risque Faible			X
	Risque très faible			
	Conséquences			

4.3.4. Élaboration du plan d’inspection

Les résultats de l’évaluation RBI devraient être un plan d’inspection et le plan devrait inclure les six éléments suivants :

1. Quels sont les facteurs de risque
1. La méthode d’inspection
2. L’étendue de l’inspection (le réservoir de stockage ou seulement une partie)
3. Intervalles d’inspection (mois, années)
4. Activités d’atténuation des risques
5. Le niveau de risque résiduel après la mise en œuvre et les activités d’atténuation mises en œuvre devraient être évalués. (GSK, 2010)

4.3.4.1. Durée de vie résiduelle de la canalisation de gaz naturel

L’évaluation de la dégradation d’un équipement ou d’un composant est essentielle pour une planification efficace des inspections. L’analyse de la dégradation repose principalement sur les composants liés à l’intégrité, comme la corrosion des éléments métalliques. Dans le cas de

corrosion, l’analyse est effectuée en utilisant la vitesse de dégradation et l’épaisseur minimum requise.

La durée vie résiduelle est définie comme :

$$\text{Durée de vie résiduelle} = \frac{t_{\text{fournie}} - t_{\text{min}}}{C_r} - \text{l'âge de la conduite} \dots \dots \dots (4.3)$$

Où :

t_{fournie} : l’épaisseur fournie

t_{min} = l’épaisseur minimale requise

C_r = La vitesse de corrosion

Selon la norme **API 579** l’épaisseur minimale requise se calcule par la formule suivante

$$t_{\text{min}} = \frac{PR}{(SE - YP)} \dots \dots \dots (4.4)$$

Selon la norme ASME B31.3-2002, Y=0,4 tableau 5 Annexe 2 pour les équipements ferreux à une température inférieure à 482 °F Donc :

$$t_{\text{min}} = \frac{PR}{SE - 0,4P}$$

$$t_{\text{min}} = \frac{6.5266981979 \times 40}{25000 \times 0,95 - 0,4 \times 6.5266981979}$$

$$t_{\text{min}} = 0,01099mm$$

Où :

P : La pression gaz en psi

R =Rayon intérieur en mm

S = La contrainte maximale admissible en Psi

E : Efficacité des joints de soudure

L’épaisseur minimale requise est presque négligeable à cause de la pression faible de gaz dans la conduite

$$\text{Durée de vie résiduelle} = \frac{4,45 - 0,01099}{0,127} - 17$$

$$\text{Durée de vie résiduelle} = 17,9 \text{ ans} \sim 18 \text{ ans}$$

4.3.4.2. Fréquence d’inspection

La probabilité de défaillance trouvée est de classe 2 et les conséquences de classe F nous a permis de donner la valeur de 24 mois à la fréquence d’inspection d’après la matrice utilisée par GSK donnée par le tableau 4.20 et la durée de vie de la conduite.

Tableau 4. 19 Matrice de fréquence d'inspection

Probabilité de défaillance	5	60 mois	24 mois	12 mois	3 mois	3 mois
	4	60 mois	36 mois	12 mois	6 mois	3 mois
	3	120 mois	36 mois	24 mois	12 mois	12 mois
	2	120 mois	60 mois	36 mois	36 mois	24 mois
	1	120 mois	120 mois	120 mois	60 mois	60 mois
		A	B	C	E	F
		Les conséquences de défaillance				

4.3.4.3. Méthodes de contrôle non destructif (CND) :

Les techniques d’inspection utilisées au niveau de site GSK selon le mécanisme de dommage qui est la corrosion externe sont :

Examen visuel :

Une équipe de contrôleurs expérimentés de GSK inspecte systématiquement toutes les surfaces extérieures et intérieures du tube. Ils signalent tous les anomalies d’aspect ou forme qui pourront être corrigées.

Le contrôle visuel est la méthode la plus utilisée en CND. En effet des défauts grossiers de surface peuvent être directement relevés par l’opérateur.

Détection par ultrasons :

L’entreprise GSK confie des travaux externalisés à une entreprise qui les exécutent dans le site, parmi eux l’inspection des équipements par l’ultrason.

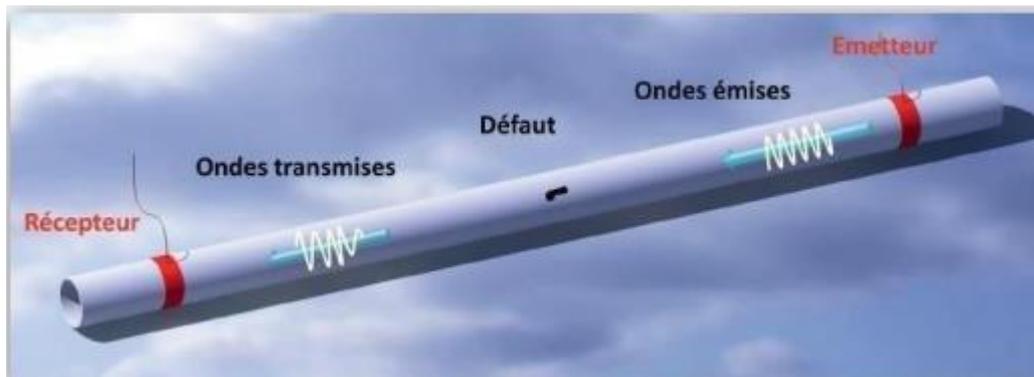


Figure 4. 5 Principe de détection par ultrason

4.3.4.4. Plan d'inspection

Le plan d'inspection est un document qui représente un instrument de planification et de contrôle, il définit le cadre des contrôles et les plannings d'inspection.

Ce document définit l'ensemble des opérations prescrites par le Service Inspection pour assurer la maîtrise, l'état et la conformité dans le temps d'un équipement sous pression ou d'un groupe d'équipements sous pression soumis à surveillance. (PETROLIERES, 2010).

Nous avons pu élaborer un plan d'inspection adéquat pour la prochaine inspection programmée au niveau de GSK qui contient les différentes conditions de tuyauterie pour l'inspection visuelle et les lieux de surveillance de ces conditions pour l'inspection par ultrasons.

Un plan d'inspection peut se présenter sous forme d'un document unique ou d'un ensemble structuré de documents sous forme papier et/ou informatique.

La figure 4.6 ci-dessous représente un extrait du plan d'inspection établi :

	Fiche d'inspection RBI de la conduite de gaz naturel D80	La date
		Page

Date d'échéance début	08-JAN-2023
Date d'échéance fin	08-JAN-2023
Type de l'équipement	Conduite de gaz naturel D80
Catégorie	Système de tuyauterie
Classe	Système de tuyauterie
Emplacement	AL1-LOC-004
Le lieu de inspection	Interne
L'étendue de l'inspection	Conduite de gaz dans tout le site
La fréquence d'inspection	2 Ans

Examen visuel : Conditions de tuyauterie comme trouvé

Objets	Action	acceptable			Commentaire
		oui	non	NA	
Fuite	Fuite de traçage vapeur/ Fuites des colliers existants/ Fuite des brides et des joints				
Désalignement	Désalignement de la tuyauterie /mouvement restreint				
	expansion des joints				
	brides et boulonnage				
Vibration	poids excessif en surcharge				
	support inadéquat /support insuffisant provoquant l'usure du métal				
	tuyauterie fine en alliage à petit diamètre				
	raccords filetés				

Figure 4. 6 Extrait du plan d'inspection de la RBI de la conduite de gaz naturel

4.3.5. Tableau de bord

Le tableau de bord est un outil commun et reconnu de gestion qui apporte une vision claire et dynamique des indicateurs, afin de synthétiser et visualiser le résultat trouvé.

Dans notre cas nous avons pris la fréquence d'inspection comme indicateur clé qui sera visualisé à travers un script exécuté par le logiciel python.

Ci-dessous la figure 4.7 qui donne la logique de script exécuté en temps réel :

```

cmpt = 0
for i in months:
    if i == this_month:
        for patch in patches:
            if 22 >= months.index(patch.get_label()) > 17:
                pie_color = '#ff8000' # Orange
            elif 24 >= months.index(patch.get_label()) > 22:
                pie_color = '#e00000' # Red
            if cmpt <= months.index(this_month):
                patch.set_color(pie_color)
                patch.set_edgecolor('black')
                cmpt += 1

```

Figure 4. 7 La logique de script exécuté

Cas 1- Si nous sommes dans un mois inférieure à 17 mois dans un intervalle de 24 mois, la pie nous affiche une zone verte c'est-à-dire ce n'est pas le moment d'inspection. Nous avons pris l'exemple de septembre 2023 dans la figure 4.8 suivante :

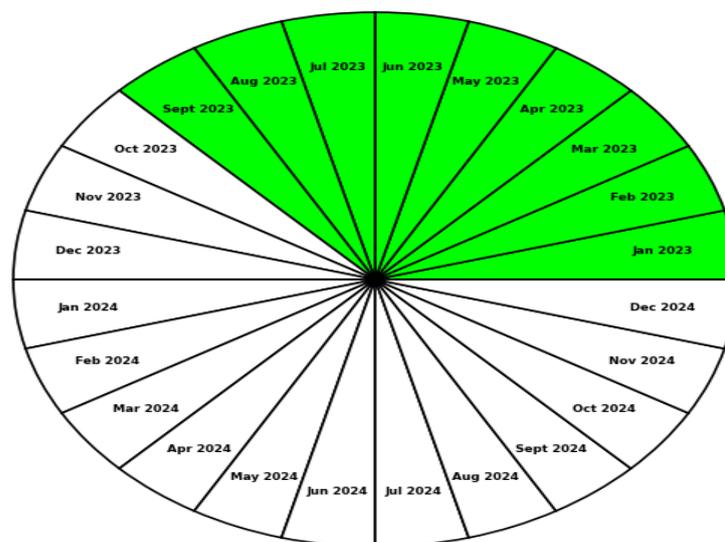


Figure 4. 8 Visualisation du pie cas 1

Cas 2 - S’il reste six mois à l’inspection prochaine, la pie nous affiche une couleur orange c’est-à-dire les moins entre 17 et 22 dans un intervalle de 24 mois déterminé auparavant par l’RBI comme indique l’image 4.9 suivante :

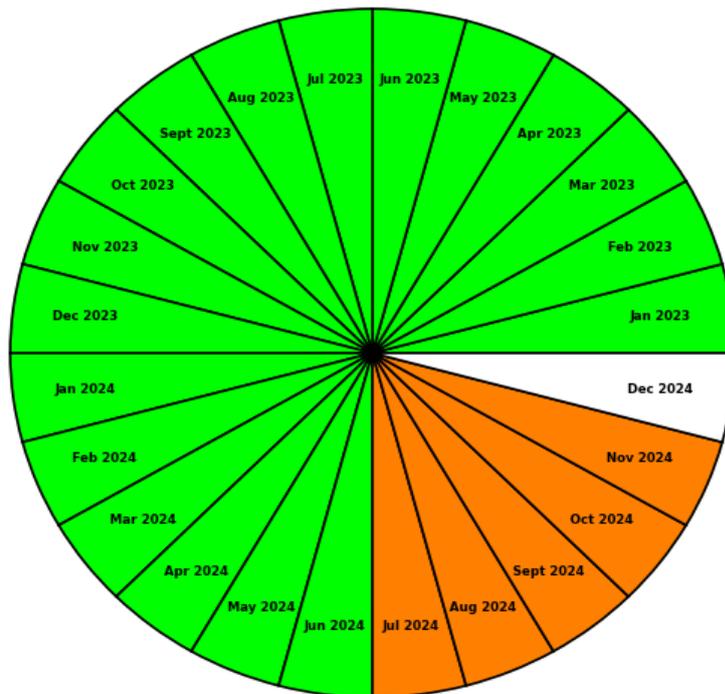


Figure 4. 9 Visualisation du pie cas 2

Cas 3-s’il reste un mois à l’inspection prochaine la pie nous donne une couleur rouge c’est-à-dire nous somme en décembre 2024. L’image 4.10 suivante indique la pie en mois de décembre 2024 :

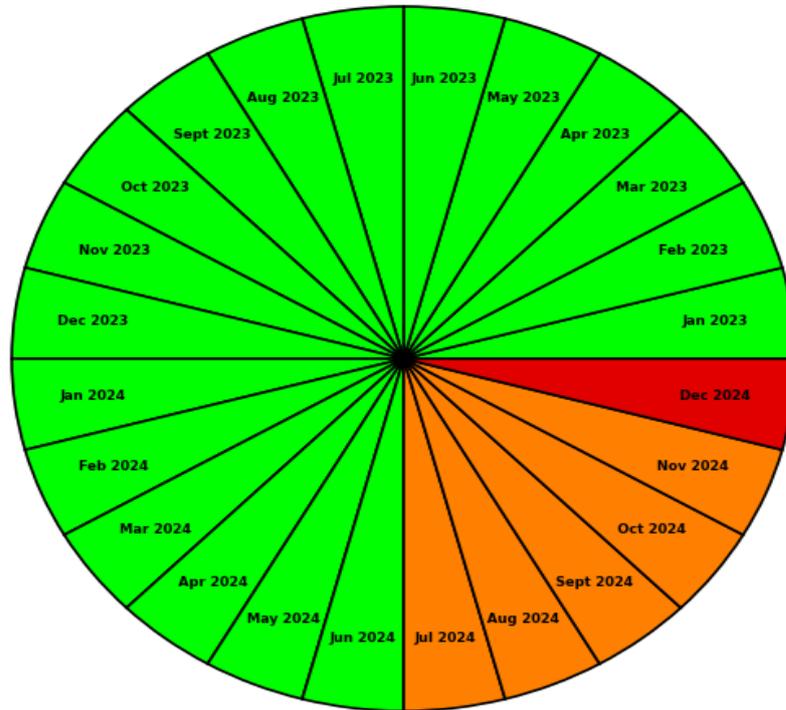


Figure 4. 10 Visualisation du pie cas 3

Ce chapitre nous a permis en premier lieu de bien caractériser le phénomène d’explosion de gaz et de définir les outils retenus pour l’évaluation des risques et la proposition des moyens de maîtrise.

L’évaluation générale des risques nous a permis de localiser les activités dont les employés de départements Engineering utilities exécutent et proposer des mesures de contrôles additionnelles face aux risques trouvés. En complément nous avons opté la méthode HAZID qui nous a aidés à structurer les scénarios pouvant mener à des accidents majeurs.

Nous avons pu trouver la valeur de $2,1835 \times 10^{-5}$ de probabilité qui est jugé de classe 2, en passant par l’audit de système de management GSK et la fréquence générique fournit par la norme API RB581 et une suite d’équations de la détermination de facteur de dommage, et une classe F de conséquence trouvée par l’OBRA à travers la combinaison de ces deux paramètres nous avons pu agir sur la probabilité d’occurrence de l’explosion de gaz naturel en déterminant la fréquence d’inspection qui est de 24 mois et les différents techniques CND appropriés à notre cas. Afin de visualiser le résultat de notre étude RBI, nous avons utilisés un tableau de bord en temps réel qui interprète la fréquence d’inspection en fonction des mois.

Conclusion générale

Dans l'industrie pharmaceutique, l'intégrité des actifs est une préoccupation majeure. Un grand nombre d'accidents/incidents ont eu lieu dans les installations dans la passée à cause des défaillances des équipements qui sont considérées comme des problèmes contributifs fondamentaux.

L'enquête sur les accidents et les incidents dans les installations a révélé que, dans la plupart des cas, que les causes profondes de ces incidents étaient liées à la négligence de l'assurance de l'intégrité des biens ou à de mauvais systèmes d'intégrité des biens. Donc il apparait crucial d'accorder beaucoup plus d'attention au maintien du niveau d'intégrité des actifs.

A cet effet, le groupe GSK tend à assurer la sécurité de ses activités et à garantir l'intégrité de la conduite de gaz naturel à travers des moyens de maîtrise intégrale des risques.

Et d'après l'évaluation de système de management de GSK qui nous a démontrés à travers une série de questions, la nécessité d'améliorer ce point au niveau de GSK, et justifie le choix de notre thème.

Dans le cadre de la sécurité des processus au niveau de GSK, nous avons conçu à travers ce projet de fin d'études à l'intégrité de la conduite de gaz par l'application de RBI et la méthode OBRA.

Nous avons commencé notre travail par une préparation et consultation des divers documents relatifs aux systèmes de management PSM-RBPS et la gestion de l'intégrité des équipements et sa mise en place qui nous ont donné des informations nécessaires pour réaliser notre travail.

Dans ce contexte, le travail que nous avons effectué a visé à déployer une méthodologie de gestion des risques sur la conduite de gaz naturel afin d'améliorer le niveau de sécurité par la maîtrise du risque d'explosion de gaz naturel, et de déterminer la fréquence d'inspection et les techniques d'inspection appropriés de la conduite de gaz naturel.

Pour répondre à cette problématique, nous avons opté pour une approche ramifiée en quelques étapes :

Dans la première étape, nous nous sommes intéressés à l'évaluation générale des risques qui nous a permis de définir les activités exécutées dans le département Engineering Utilities et de définir l'activité la plus critique qui est au niveau de la chaudière AB, et par la suite nous avons

Conclusion générale

opté a une analyse APR au niveau de la chaudière AB pour cerner les scénarios qui peuvent mener à l'explosion de gaz naturel.

Afin de diminuer la probabilité d'occurrence de l'explosion de gaz naturel au niveau de la conduite, nous avons adopté en deuxième étape la démarche de l'inspection basée sur le risque (RBI) qui vise à déterminer la fréquence d'inspection et les différents techniques CND appropriés à notre cas, à travers plusieurs phases qui sont :

- La préparation et la collecte de données sur la conduite de gaz naturel étudiée.
- Estimation de probabilité de défaillance de la conduite de gaz naturel en suivant les étapes de calcul mentionnés dans la norme API RBI 581.
- Evaluation des conséquences par la méthode OBRA pour quantifier les dommages qui peut présenter en cas d'explosion de gaz.
- Elaboration d'un plan d'inspection.

En suivant cette démarche nous avons pu estimer que la probabilité de défaillance de la conduite est de classe 2 et que la conséquence est de classe F suite aux grilles de probabilité et de conséquence de la RBI.

A la fin de la démarche RBI nous avons pu aboutir à la fréquence d'inspection après la détermination de durée de vie résiduelle de la canalisation de gaz naturel et selon la matrice utilisée par GSK qui est 24 mois, et les techniques CND appropriés qui sont : l'inspection visuelle et la détection par ultrasons.

En dernier lieu, nous avons pu élaborer un plan d'inspection adéquat pour la prochaine inspection programmée qui contient les différentes conditions de tuyauterie pour l'inspection visuelle et les lieux de surveillance de ces conditions pour l'inspection par ultrasons.

Enfin, nous avons jugé intéressant de suivre la démarche RBI quantitative sur tous les équipements existants au niveau du site GSK afin d'assurer un maximum de précision des résultats et d'optimiser les inspections.

Bibliographie

- ABB.L'année. (s.d.). Assessing risk in occupied buildings, Power case study: Major gas fired power station . Process safety/CAS078b/05/19.
- Alain Le Hir, J.-C. C. (2009). Pharmacie galénique : Bonnes pratiques de fabrication des médicaments (éd. 9^{ème}). (E. Masson, Éd.)
- André, L. (2011). sécurité des procédés chimiques . Lavoisier.
- API. (2020). API RP 581 API RBI Methodology. Washington.
- ARIA. (2019).Chaufferie au gaz, retour d'expérience sur l'accidentologie.
- AYMEN, K. S. (2021). Maintenance d'une centrale de traitement d'air,Analyse FMD et Méthode AMDEC. Mémoire de master (genie mecanique), universite larbi ben m'hidi, oum el bouaghi .
- Boutheyna KARAI, N. E. (2019). Procédé de fabrication et contrôle de qualité d'un sirop « ENCOFLUIDE Adulte ®180mg » . Mémoire de Master en chimie, Université Larbi BEN M'HIDI, Oum El Bouaghi .
- Brunton, L. L., Knollmann, B. C., & Hilal-Dandan, R. (2018). Goodman & Gilman's : : The Pharmacological Basis of Therapeutics. New York.
- CCPS. (2007). Guidelines for Risk Based Process Safety (éd. 1^{ère}). New York.
- CCPS. (June 2016). Introduction to Process Safety for Undergraduates and Engineers.
- Center for chemical process safety of the american institute of chemical engineers, C. (2017). Guidelines for asset integrity management. New York.
- Code de la santé publique (Article L5111-1). (2022, Mars 25). La france.
- Coll. (2016). Guideline for asset integrity management (éd. 1st). (Wiley-AIChE, Éd.) New York.
- Coll. (2016). Guideliness for asset integrity management. New York.
- Dwi Priyanta, N. S. (Sept 2017). Risk Based Inspection of Gas-Cooling Heat Exchanger. International Journal of Marine Engineering Innovation and Research, Vol. 1(4), 317.

Bibliographie

- Engineers, A. I. (1991). *Guidelines for Technical Management of Chemical Process Safety*. New York.
- Eric VEITH, P. D. (s.d.). Risk based inspection methodology overview .
- Executive., U. H. (2010). *Managing Ageing Plant A Summary Guide*. (H. book, Éd.) Royaume-Uni,.
- FRAJ, B. B. (s.d.). Introduction generale sur le controle non destructif. Consulté le AOUT 03, 2022,
- GSK. (s.d.).Sidali Mennai.Formation CMMS.
- GSK, D. (s.d.).
- GSK, m. d. (2010). *TP28 Risk-Based Inspection Program for Plant Integrity-verssion 4*.
Guide d'inspection et de maintenance. (2011, Octobre).
- Ibrahim, D. (2013). « Etude sur les défaillances des aciersAPI- 5LX60 pour pipeline cas dela ligne GZ1 . Thèse de master en génie mécanique option : maintenance industriel , Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen.
- ISO. (2014). *ISO 55000:Gestion d'actifs — Aperçu général, principes et terminologie*.
- Jean Desmons, ,. (2015). *Aide mémoire génie climatique (éd. 4ème édition)*p.... Dunod.
- KUHN, E. (2013). *Contrôle non destructif d'un matériau excité par une onde acoustique ou thermique. Observation par thermographie*. These de doctorat, (Energétique et Génie des Procédés) Universite paris ouest nanterre la defense , Paris.
- Léa Louvel, M. B. (2020, juillet 16). *Excipients controversés dans l'industrie pharmaceutique et cosmétique : quelles alternatives possibles ?* thèse de doctorat en pharmacie, l'Université de Caen Normandie, Caen.
- Lucie BEGERT, F. P. (2015). *Le conditionnement des médicaments : Un élément essentiel de protection des patients*. Thèse de Doctorant en Pharmacie, Universite de lorraine, Lorraine.
- Márcio das Chagas Moura, I. D. (2015). *A Multi-Objective Genetic Algorithm for determining efficient Risk-Based Inspection programs*. *Reliability Engineering & System Safety*, 133, 253-265.

Bibliographie

Millar, P. M. (2015). Asset Integrity Management Handbook.p 09

Myriam VO, F. P. (2015). ” Les comprimés, une forme d’avenir ? thèse de doctorat en pharmacie, universite de Lorraine, Lorraine.

Nwankwo, C. T. (2020). A comparative analysis of process safety management (PSM) systems in the process industry. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, vol. 66.

OUERDANE, M. . (2015). Contribution à l'amélioration du système de la formation du personnel de la production. Mémoire de master(Pharmacie).Alger : Université d'Alger Centre.

PARIS, L. (2009). Évaluation des effets d’une explosion de gaz à l’air libre. Techniques de l’ingénieur.

Remington, J. P., & Gennaro, A. R. (1990). Remington's pharmaceutical sciences (éd. 18^{ème}). (P. M. Easton, Éd.)

Rod, B. (2015). Evaluation of Probability of Failure of Static Equipment in Pressurized Mud Systems on an Offshore Drilling Installation. Mémoire de maîtrise en énergie, climat et environnement, the arctic university of norway, Faculté des sciences et de la technologie, Norvège.

Sophie Boisvert, 7. é. (2015, janvier 21). Programme d’inspection basé sur le risque. éd7^{ème}, Centre d'excellence Roche.

Union française des industries pétrolières.(2010,Février). Guide pour l’établissement d’un plan d'inspection.

Yakhou, N. (2017). Rapport de stage en Engineering/ Utility au sein de l'entreprise GlaxoSmithKline sur le site de production Boudouaou . Alger : Ecole Nationale Polytechnique.

ZENATI, A. A. (2014). Étude du comportement des aciers API 5L X60 sollicités par contraintes mécaniques et milieu de sol Algérien Simulé. Thèse de Doctorat : Sciences des matériaux. Université Abou Bekr Belkaid, Telemcen.

Annexe 1

Tableau 1 : Les modes de défaillance les plus courants pour différents types d'équipement

Mode de défaillance	Description
Confinement primaire (cuve, réservoir, tuyauterie, carter de pompe, coque de l'échangeur de chaleur, etc.)	
Rupture ou scission	Défaillance catastrophique de l'enveloppe de pression/confinement
Fuite vers les environs	Rejet de matières dangereuses du système de confinement primaire (moins de rupture ou de fissure).
Système de tuyauterie et transfert de fluide (tuyau, filtre, tubes de l'échangeur de chaleur, internes de la cuve, etc.)	
Bloquer ou boucher	Entraver l'écoulement du fluide dans, à travers ou à partir du composant, en réduisant le débit au-dessous du minimum spécifié comme performance requise.
Matériel rotatif et de transport (pompes, compresseurs, convoyeurs, agitateurs, etc.)	
Échec	Arrêter l'exécution de la fonction prévue (p. ex., déplacement de liquides ou de solides ; compression de gaz ; mélange du contenu de la cuve).
Survitesse	Dépassement de la limite supérieure de la vitesse de rotation spécifiée
échangeurs de chaleur	
Rupture du tube	Défaillance catastrophique de l'enveloppe interne du fluide/fluide
Fuite du tube	Fuite à travers l'enveloppe interne du fluide/fluide
Encrassement	Réduction de la capacité de transfert de chaleur au-dessous de la limite spécifiée comme performance minimale requise.
Clapets antiretour ; soupapes à débit excessif ; soupapes de sectionnement	
Échec de la réponse	Échec bloqué ; échec du transfert dans une nouvelle position ; échec du blocage du débit lorsque le débit s'inverse, ou défaut de fournir un joint étanche lors de la fermeture.
Instrumentation, commandes, détecteurs (les trois modes ne s'appliquent pas à tous les types)	

Échec faible/pas de sortie ou fermé	Échec à la position fermée ou échec donnant un signal de sortie en dessous de la limite inférieure pour l'état actuel du processus ou le signal d'entrée.
Échec de sortie élevée ou ouverte	Échec à la position ouverte ou échec donnant un signal de sortie au-dessus de la limite supérieure pour l'état actuel du processus ou le signal d'entrée.
Échec de réponse	Échec bloqué ; échec de transfert vers une nouvelle position ou une nouvelle sortie en fonction de la modification de l'état du processus ou de l'entrée du signal
Dispositifs de décharge (soupape de sûreté, disque de rupture, etc.)	
Ouvrir prématurément	Créer un chemin ouvert à partir du processus à une pression/température inférieure aux conditions d'ouverture minimales spécifiées.
Ne pas ouvrir à la demande	Ne pas créer un chemin ouvert à partir du processus à une pression / température dépassant la limite supérieure de la plage de tolérance de pression définie.

Tableau 2 : Les mécanismes de dommages les plus courants

Types de mécanismes	Description / Exemples
Avant la maintenance ou pendant la réparation ou la modification	
Mauvais matériau(s) de construction pour le service	Mauvais choix de matériaux pour l'entretien prévu ou les matériaux utilisés pour la fabrication et non les matériaux prévus (généralement manifestés pendant la mise en service ou en service par un autre mécanisme de dommages comme la corrosion accélérée).
Défauts de fabrication ou d'installation	Porosité/vides de soudure ou de coulée ; divers types de défauts de soudure ; revenu inadéquat ; mauvais alignement ; pas câblé/installé correctement.
Dommages mécaniques	Biens physiquement endommagés pendant la fabrication, le transport ou l'installation.
durant la mise en service	

Mise en service inadéquate des biens	Passivation inadéquate, échauffement rapide, etc. (généralement manifestée en service par un autre mécanisme de dommage comme la corrosion accélérée ou la fissuration).
Mécanismes de détérioration ou de vieillissement en service	
Corrosion, attaque chimique	Conversion chimique du matériau de construction entraînant une perte de résistance mécanique.
Érosion, usure, grippage	Usure physique du matériau de construction entraînant une perte de résistance mécanique.
Fatigue, adoucissement, altération	Vibrations ou cycles thermiques ou vieillissement des matériaux de construction ou d'ignifugation entraînant une perte de résistance mécanique.
Fragilisation	Dommmages au métal ou à un autre matériau de construction entraînant une perte de ductilité, de fissuration
fissuration par corrosion sous contrainte	Craquage aux limites des grains à la suite d'une exposition à des chlorures, de l'ammoniac, des carbonates, des sulfures ou d'autres types chimiques particuliers.
Dé/carburation, graphitisation	Dommmages métallurgiques par carburation, décarburation ou graphitisation.
Fluage	Déformation plastique dans le temps sous contrainte et température
Attaque par l'hydrogène	Attaque par l'hydrogène à haute température ; fragilisation par l'hydrogène ; cloquage par l'hydrogène ; fissuration induite par l'hydrogène.
Dommmages mécaniques	Biens physiquement endommagés par un impact externe ou des vibrations.
En raison des conditions d'exploitation ou environnementales au-delà des limites prévues	
Excursion de pression conduisant au rendement, rupture ou flambage/effondrement	Dépasser ou descendre sous les limites de pression de conception dans une mesure suffisante pour causer des dommages aux biens (événement unique ou répétitif).
Excursion de température menant à la fonte, au fluage ou à la fragilisation	Dépasser ou descendre sous les limites de température de conception ou l'exposition à des matières chaudes ou froides (p. ex., laitier en fusion) à un degré suffisant pour causer des dommages aux biens (événement unique ou répétitif).

Chocs thermiques	Les contraintes thermiques différentielles dépassent la résistance du matériau.
Attaque chimique	Exposition à des matières de procédé, des impuretés ou des contaminants environnementaux non intentionnels et agressifs.
Perte du soutien de base	Perte de soutien pour les bâtiments ou l'équipement en raison d'un affaissement ou d'une inondation ; affaissement affectant les pipelines traversant le pays.

La fréquence de défaillance générique GFF

Le GFF d'un type de composant est estimé à l'aide de dossiers provenant de toutes les usines d'une entreprise ou de diverses usines d'une industrie, de sources documentaires et de bases de données sur la fiabilité commerciale tableau 1.

Tableau 3 : Fréquences de défaillance génériques des composants suggérés

Equipment Type	Component Type	GFF As a Function of Hole Size (failures/yr)				Gff total (failures/yr)
		Small	Medium	Large	Rupture	
Compressor	COMPC	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	0	3.00E-05
Compressor	COMPC	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Heat exchanger	HEXSS, HEXTS	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Pipe	PIPE-1, PIPE-2	2.80E-05	0	0	2.60E-06	3.06E-05
Pipe	PIPE-4, PIPE-6	8.00E-06	2.00E-05	0	2.60E-06	3.06E-05
Pipe	PIPE-8, PIPE-10, PIPE-12, PIPE-16, PIPEGT16	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Pump	PUMP2S, PUMPR, PUMP1S	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Tank620	TANKBOTTOM	7.20E-04	0	0	2.00E-06	7.22E-04
Tank620	TANKBOTEDGE	7.20E-04	0	0	2.00E-06	7.22E-04
Tank620	COURSE-1-10	7.00E-05	2.50E-05	5.00E-06	1.00E-07	1.00E-04
Tank650	TANKBOTTOM	7.20E-04	0	0	2.00E-06	7.22E-04
Tank620	TANKBOTEDGE	7.20E-04	0	0	2.00E-06	7.22E-04
Tank620	COURSE-1-10	7.00E-05	2.50E-05	5.00E-06	1.00E-07	1.00E-04

FinFan	FINFAN TUBES FINFAN HEADER	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05
Vessel	KODRUM, COLBTM, FINFAN, FILTER, DRUM, REACTOR, COLTOP, COLMID	8.00E-06	2.00E-05	2.00E-06	6.00E-07	3.06E-05

Facteur des systèmes de gestion F_{MS}

L'efficacité du système PSM d'une entreprise peut avoir un effet marqué sur l'intégrité mécanique. La méthodologie comprend un outil d'évaluation pour évaluer les parties du système de gestion de l'installation qui ont le plus d'incidence directe sur le POF d'une composante.

Cette évaluation consiste en une série de questions posées à la direction de la société, sur l'exploitation, l'inspection, l'entretien, l'ingénierie, la formation et le personnel de sécurité pour donner comme output un score.

Facteur de dommages

Le facteur d'endommagement est déterminé sur la base des mécanismes d'endommagement applicables (corrosion locale et générale, fissuration, fluage, etc.) en fonction des matériaux de construction et du service de traitement, de l'état physique du composant et des techniques d'inspection utilisées pour quantifier l'endommagement. Le facteur d'endommagement modifie la fréquence de défaillance générique de l'industrie et la rend spécifique au composant évalué.

La fonction de base du facteur d'endommagement est d'évaluer statistiquement la quantité de dommages qui peuvent être présents en fonction du temps en service et l'efficacité d'une activité d'inspection pour quantifier ces dommages.

Les estimations de facteur d'endommagement sont fournies pour différents mécanismes de dommages qui sont :

- Amincissement (général et local) ;
- Dommages au revêtement des composants ;
- Dommages externes (amincissement et fissuration) ;

- La fissuration par corrosion sous contrainte (SCC) ;
- Attaque à l'hydrogène à haute température (HTHA) ;
- Fatigue mécanique (tuyauterie uniquement) ;
- Fracture fragile, y compris fracture fragile à basse température, fragilisation d'alliage faible, fragilisation à 885 °F, et la fragilisation de la phase sigma.

L'identification des mécanismes de dommages, des susceptibilités et des modes de défaillance applicables à tous les équipements inclus dans une évaluation RBI est essentielle à la qualité et à l'efficacité de l'évaluation RBI.

Tableau 4 : la vitesse de corrosion pour le calcul de $D_f^{extcorr}$

Température	vitesse de corrosion en fonction du conducteur (mm/an)			
	Sévère	Modéré	Faible	Sec
-12	0	0	0	0
-8	0.076	0.025	0	0
6	0.254	0.127	0.076	0.025
32	0.254	0.127	0.076	0.025
71	0.254	0.127	0.051	0.025
107	0.051	0.025	0	0
121	0	0	0	0

Tableau 5 : Catégories d'efficacité de l'inspection

Catégorie d'efficacité de l'inspection	Description de l'efficacité de l'inspection	Description
A	Hautement efficace	Les méthodes d'inspection identifieront correctement l'état réel des dommages dans presque tous les cas (ou 80 % à 100 % de confiance).
B	Généralement efficace	Les méthodes d'inspection identifieront correctement le véritable état d'endommagement la plupart du temps (ou 60 % à 80 % de confiance)
C	Assez efficace	Les méthodes d'inspection identifieront correctement le véritable état d'endommagement dans

		environ la moitié des cas (ou 40 % à 60 % de confiance).
D	Peu efficace	Les méthodes d'inspection fourniront peu d'informations pour identifier correctement le véritable état des dommages (ou 20 % à 40 % de confiance).
E	Inefficace	La méthode d'inspection ne fournira aucune ou presque aucune information permettant d'identifier correctement l'état réel du dommage et est considérée comme inefficace pour détecter le mécanisme de dommage spécifique (confiance inférieure à 20 %).

Tableau 6 : Probabilité antérieure pour la vitesse de corrosion

État des dommages	Données à faible niveau de confiance	Données à niveau de confiance moyen	Données à niveau de confiance élevé
Pr_{p1}	0,5	0,7	0,8
Pr_{p2}	0,3	0,2	0,15
Pr_{p3}	0,2	0,1	0,05

Tableau 7 : Probabilité conditionnelle de l'efficacité de l'inspection

Probabilité conditionnelle d'inspection	E- Non ou Inefficace	D- Parfaitement Efficace	C- Assez efficace Efficace	B- Usuellement Efficace	A-très efficace Efficace
Co_{p1}	0,33	0,4	0,5	0,7	0,9
Co_{p2}	0,33	0,33	0,3	0,2	0,09
Co_{p3}	0,33	0,27	0,2	0,1	0,01

Annexe 2

Echelles de cotation (L'évaluation des risques générale, HAZID et OBRA)

1. L'évaluation des risques générale

Echelle de sévérité

Tableau 1 : Echelle de sévérité pour l'évaluation générale

Valeur de la Sévérité	Description	Facteurs santé et sécurité au travail	Facteurs Environnementaux
5	Catastrophique	Décès ou d'effets néfastes sur la reproduction.	Désastre environnemental qui entraîne des dommages à long terme pour l'environnement et / ou des effets néfastes sur la santé entre les communautés locales.
4	Majeur	Blessure ou maladie causant une détérioration permanente ou prolongée, exemples : <ul style="list-style-type: none"> • la perte totale ou partielle de l'audition ou de la vision • Amputation ; • fractures majeures ou blessures multiples ; • allergie sévère, le cancer ou l'asthme professionnel ; • Dépression sévère. 	Des dommages importants à l'environnement sur le long terme (> 1 an). Désagrément majeur pour la communauté locale.
3	Modéré	Blessures ou maladies causant temps perdu ou la restriction de tâches, exemples :	Dommage temporaire ou à court terme pour l'environnement (<1 an).

		<ul style="list-style-type: none"> • Fracture mineure ; • Entorse ou traumatisme grave ; • Sensibilisation ; • Dépression légère, anxiété ou un trouble de comportement. 	Gêne prolongée significative à la communauté locale.
2	Mineur	<p>Blessure ou maladie nécessitant un traitement médical au-delà de premiers secours, mais sans perte de temps au travail, exemple :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coupures ou plaies ; • Somnolence ou vertiges. 	<p>Dommages environnementaux limités</p> <p>Gêne temporaire et limitée à la communauté locale.</p>
1	Insignifiant	<p>Blessure ou maladie ne nécessitant pas de traitement ou de premiers secours, par exemple</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grattement ou ecchymose ; • inconfort ou douleur temporaire. 	<p>Impact négligeable sur l'environnement.</p> <p>Pas de gêne pour la communauté locale.</p>

Echelle de probabilité

Tableau 2 : Echelle de probabilité pour l'évaluation générale

Valeur de la probabilité	Description	Exemples
5	Presque certain	<ul style="list-style-type: none">• Les incidents ou les rejets se produisent fréquemment ;• Un nombre important d'incidents susceptibles de se produire par an ;• Les mesures de contrôle ne sont pas définies ou sont inadéquates.
4	Probable	<ul style="list-style-type: none">• Plus d'un incident peut se produire par an ;• Le personnel ne serait pas surpris par l'incident ou les rejets ;• Les contrôles ont des antécédents de défaillance ou de violations.
3	Possible	<ul style="list-style-type: none">• Un incident peut se produire tous les 1-5 ans ;• Incident s'est produit dans autre endroit ;• Les contrôles peuvent être violés.
2	Improbable	<ul style="list-style-type: none">• Un incident prévisible, mais la probabilité est très faible ;• Incident pourrait se produire tous les 5-10 ans ;• Les contrôles sont bien mises en œuvre et maintenues.

1	Peu fréquent	<ul style="list-style-type: none"> • Un incident pourrait être vu une fois dans la vie professionnelle (40 années période) ; • Probabilité d'incident proche de zéro ; • Les contrôles sont robustes.
---	--------------	--

2. APR et OBRA

Echelle de sévérité

Tableau 3 : Echelle de sévérité pour APR et OBRA

Catégorie de gravité	Description	Facteurs santé et sécurité au travail	Facteurs Environnementaux
S6	Catastrophe Sociale	Décès touchant les populations avoisinantes.	Désastre environnemental qui entraîne des dommages à long terme pour l'environnement et / ou des effets néfastes sur les communautés locales à une échelle macroscopique.
S5	Catastrophique	Décès ou d'effets néfastes sur la reproduction.	Désastre environnemental qui entraîne des dommages à long terme pour l'environnement et / ou des effets néfastes sur l'assiette du site et sur le voisinage.
S4	Sévère	Blessure ou maladie causant une détérioration permanente ou prolongée, exemples :	Des dommages importants à l'environnement sur le long terme (> 1 an).

		<ul style="list-style-type: none"> • la perte totale ou partielle de l'audition ou de la vision ; • Amputation ; • fractures majeures ou blessures multiples ; • allergie sévère, le cancer ou l'asthme professionnel ; • Dépression sévère. 	Désagrément majeur pour la communauté locale.
S3	Majeur	<p>Blessures ou maladies causant temps perdu ou la restriction de tâches, exemples :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entorse ou traumatisme grave ; • Sensibilisation ; • Dépression légère, anxiété ou un trouble de comportement. 	<p>Dompage temporaire ou à court terme pour l'environnement (<1 an).</p> <p>Gêne prolongée significative à la communauté locale.</p>
S2	Sérieux	<p>Blessure ou maladie nécessitant un traitement médical au-delà de premiers secours, mais sans perte de temps au travail, exemple :</p>	<p>Dompages environnementaux limités.</p> <p>Gêne temporaire et limitée à la communauté locale.</p>

		<ul style="list-style-type: none"> • Coupures ou plaies ; • Somnolence ou vertiges. 	
S1	Mineur	Blessure ou maladie nécessitant pas de traitement ou de premiers secours, par exemple : <ul style="list-style-type: none"> • inconfort ou douleur temporaire. 	Impact négligeable sur l'environnement. Pas de gêne pour la communauté locale.

Echelle de probabilité

Tableau 4 : Echelle de probabilité pour APR et OBRA

Catégorie de fréquence	Description	Fréquence	Exemples de descripteurs et de taux d'échec
F1	Rare	$<10^{-6}/\text{an}$ (une fois en un million d'années ou moins)	<ul style="list-style-type: none"> • Un incident pourrait être vu une fois dans la vie professionnelle (40 années période) ; • Probabilité d'incident proche de zéro ; • Les contrôles sont robustes.
F2	Très probable	10^{-6} to $10^{-5}/\text{an}$ (une fois en 100 000 ans ou moins)	<ul style="list-style-type: none"> • Incident pourrait se produire tous les 5-10 ans ; • Un incident prévisible, mais la probabilité est très faible ; • Les contrôles sont bien mises en œuvre et maintenues.

F3	improbable	10-5 to 10-4/an (une fois en 10 000 ans ou moins)	<ul style="list-style-type: none"> • Un incident peut se produire tous les 1-5 ans ; • Incident s'est produit dans autre endroit ; • Les contrôles peuvent être violés.
F4	Possible	10-4 to 10-3/an (une fois en 1000 ans ou moins)	<ul style="list-style-type: none"> • Plus d'un incident peut se produire par an ; • Le personnel ne serait pas surpris par l'incident ou les rejets ; • Les contrôles ont des antécédents de défaillance ou de violations ;
F5	Occasionnel	10-3 -to 10-2/an (une fois en 100 ans ou moins)	<ul style="list-style-type: none"> • Un incident s'est produit au court des 5 dernières années.
F6	Probable	10-2 to 10-1/an (une fois tous les 10 ans ou moins)	<ul style="list-style-type: none"> • Un incident s'est produit au court de la même année.

F7	Fréquent	$\geq 10-1$ /an (une fois par année ou moins)	<ul style="list-style-type: none">• Plus d'un incident se sont produits au court de la même année.
----	----------	--	--

Annexe 3

 do more feel better live longer	Fiche d'inspection RBI de la conduite de gaz naturel D80	La date
		Page

Date d'échéance début	08-JAN-2023
Date d'échéance fin	08-JAN-2023
Type de l'équipement	Conduite de gaz naturel D80
Catégorie	Système de tuyauterie
Classe	Système de tuyauterie
Emplacement	AL1-LOC-004
Le lieu de inspection	Interne
L'étendue de l'inspection	Conduite de gaz dans tout le site
La fréquence d'inspection	2 Ans

Examen visuel : Conditions de tuyauterie comme trouvé

Objets	Action	acceptable			Commentaire
		oui	non	NA	
Fuite	Fuite de traçage vapeur/ Fuites des colliers existants/ Fuite des brides et des joints				
Désalignement	Désalignement de la tuyauterie /mouvement restreint				
	expansion des joints				
	brides et boulonnage				
Vibration	poids excessif en surcharge				
	support inadéquat /support insuffisant provoquant l'usure du métal				
	tuyauterie fine en alliage à petit diamètre				
	raccords filetés				
Supports	Déformation / rupture du cintre				
	Ressorts déformés / cassés / corrompus				
	Déformation/rupture de l'étrier				
	supports lâches				
Corrosion	revêtement /détérioration de la peinture				
	Corrosion du support				
	points de boulonnage sous les pinces				
	interface gouttière/air				
	les interfaces d'isolation				
Isolation	brides				
	dommages /pénétration/ renflement				
	Manque de gaine / d'isolation				
	détérioration de l'étanchéité				
	le bardage et les bandes manquantes				

 do more feel better live longer	Fiche d'inspection RBI de la conduite de gaz naturel D80	La date
		Page

Autres commentaires d'inspection

Recommandation

Références de l'inspecteur

Rapport préparé par
Signature

Le nom
Titre
Date

Examiné par
Signature

Le nom
Titre
Date

 do more feel better live longer	Fiche d'inspection RBI de la conduite de gaz naturel D80	La date
		Page

Inspection par UT : lieux de surveillance des conditions

L'équipement utilisé pour l'UT						
Type		équipement de série		la marque		Fréquence
marque de couplant		plage de température		numéro de série		Date de calibration

Emplacement de la jauge	Épaisseur nominale	Caractéristiques de la tuyauterie	Tolérance à la corrosion	épaisseur mesurée
CML 1				
CML2				
CML3				
CML4				
CML5				
CML6				
CML7				
CML8				
CML9				
CML10				
CML11				
CML12				

Autres commentaires d'inspection
Références de l'inspecteur

Le nom

Qualification

Date

Signature

	Fiche d'inspection RBI de la conduite de gaz naturel D80	La date
		Page

Quantité de CML et emplacements pour l'examen UT :

Quantité de CML :

Le nombre de CML est établi en utilisant les pratiques recommandées et le jugement de L'inspecteur, le nombre minimum de CML est établi en prenant en considération la longueur de la conduite, le nombre de raccords, le taux de corrosion et la conséquence globale de la défaillance

Emplacements des CML :

Les CML sont attribuées à différentes parties du système de tuyauterie en fonction des zones de dommages sensibles pour chaque mécanisme de dégradation considéré par l'étude RBI.

Par exemple, la corrosion et l'érosion par le CO2 humide sont des mécanismes de dégradation qui sont principalement actifs dans les zones de turbulence telles que les changements de direction.

Instructions de la tâche

La technique d'inspection est mise en œuvre sur la base des mécanismes d'endommagement qui ont été considérés comme présentant un risque pour l'équipement (veuillez-vous référer à l'inspection RBI correspondante).

Corrosion atmosphérique

1- Inspecter visuellement la VT : la surface extérieure de la tuyauterie pour détecter tout dommage et produit de corrosion (rouille) ou toute piqûre (inspection de la partie intérieure lorsqu'elle est accessible).

2- Effectuer l'UT pour évaluer l'impact de la corrosion en mesurant l'épaisseur du bien actif et en détectant toute présence de défaut.

Annexe 4

Tableau 1 : Evaluation générale des risques

N°	Localisation	Activité	Description de risque	Personnes exposé	Contrôles existants	P	G	R	Contrôles additionnels requises
1	Zones techniques utility NAB/AB	Maintenance préventive et corrective des équipements utilités	blessures, électrocution et nuisance sonore	2 techniciens utilités 1 superviseur utilités 1 technicien électricité 1 Manager utilités Personnel des prestataires	- application de la procédure LOTO (si applicable) - PTW in place - Evaluation des activités et mise en place des contrôles/mitigation par l'utilisation de la méthode statement. - Intervention limités aux personnes compétentes - SOP et Guides en place pour lister les activités - Formation d'habilitation électrique pour les techniciens utility - port des EPI adéquats	1	4	4	NA
2		Nettoyage des locaux par le personnel du sous-traitant nettoyage	Brulures, blessures et nuisance sonore	Personnel du prestataire de nettoyage	- Le nettoyage se fait pendant que les chaudières sont à l'arrêt - l'agent de nettoyage est accompagné par le technicien Utility	1	4	4	Conduire une session de sensibilisation des agents de nettoyage

									intervenant au niveau des zones utilités
3	Étage - Bâtiment de stockage AB	Visites et maintenance	Risque de trébuchement, glissade suite à la formation de condensat par terre formés par les 04 pompes de circulation d'eau glacée	2 techniciens utilités 1 superviseur utilités 1 technicien électricité 1 Manager utilités	Nettoyage régulier du local Port des chaussures de sécurité	2	2	4	NA
4	Passerelle étage technique AB	Visites et maintenance	Chutes en hauteur due à la présence de faux plafonds au- dessous de la passerelle du local technique AB de la production en cas de travaux	2 techniciens utilités 1 superviseur utilités 1 technicien électricité 1 Manager utilités	Présence de barricade Grillage léger posé tout autours des barricades pour limiter l'accès à cette zone. Affichage et signalisation.	1	4	4	Améliorer le design des barricade en rajoutant un grillage au travers pour interdire l'accès ou éviter tout

			ou d'accès pour une intervention						risque de chute Améliorer la signalisation risque de chute (pictogramme)
5			Heurtes de la tête : A cause des supports des gaines à hauteur de la tête, il y a un risque de heurte de la tête pouvant provoquer une plaie	2 techniciens 1 superviseur utilités 1 ingénieur utilités 1 manager utilités	Signalisation en place au niveau des supports des gaines Mettre en place un pictogramme de port de casques de sécurité anti-heurte	1	4	4	NA
6	Etage technique AB	Présence dans le local pour visite et maintenance	Exposition aux poussières qui pourrait causer des maladies respiratoires	2 techniciens et agents de sécurité, 1 superviseur, 1 ingénieur utilités,	- Installation d'un nouveau collecteur de poussière bag in bag out - Nettoyage fréquent - Limiter l'accès et réduire les temps de	1	4	4	Améliorer les EPI utilisés pour les interventions sur le

			chroniques et aigues	1 prestataire de nettoyage	présence des personnes - Port des EPI lors des manipulations				collecteur de poussière
7		Evacuation fut des condensats climatiseur bureau BMS	Risque de glissade : Risque de déversement du fut de collecte des condensats pouvant provoquer des glissades	2 techniciens et agents de sécurité, 1 superviseur, 1 ingénieur utilités, 1 prestataire de nettoyage	Limiter l'accès dans la zone concernée Port des chaussures de sécurité	1	4	4	Mettre en place une conduite d'évacuation des condensats vers l'extérieur (pour éviter l'utilisation du fut) ou une procédure d'évacuation adéquate (avec une fixation du fut si nécessaire)

8		Présence dans le local pour visite et maintenance	Trébuchement : A cause des élévations présentes dans le local, il y a un risque de trébuchement pouvant provoquer des blessures	2 techniciens et agents de sécurité, 1 superviseur, 1 ingénieur utilités, 1 prestataire de nettoyage	1/ Appliquer une peinture de signalisation (jaune / noire) sur les élévations 2/ Installer des balises de signalisation fixes (Jaunes/noires) protégeant les élévations du centre 3/ retracer un walkway dans le local	1	4	4	NA
9	Local eau purifiée AB	Remplissage bac NaOH	Exposition vapeurs nocifs et projection matières corrosive dans l'œil: La préparation de solution NaOH en mélangeant les granulés NaOH à de l'eau à l'intérieur du bac	2 techniciens	Formation du Personnel sur les risques chimiques EPI(Utilisation masque panoramique à cartouche ABEK et des gants antiacide)	1	4	4	1- Afficher un OSW expliquant les étapes de préparation et les protections requises 2- remplacer les masques panoramique à cartouche existants

			peut causer des brulures de la peau au contact, des brulures des yeux en cas de projection ainsi que des maladies chroniques et aiguës en inhalant les vapeurs NaOH						(ancien) par de nouveau masques
10		Manipulation sac de 25 Kg	Risques Ergonomiques : La manipulation et le déplacement des sacs de pastilles de sel et granulés NaOH du RDC à l'étage technique et jusqu'au local	2 techniciens	Transpalette assurant translation dans l'étage technique sur une distance de 20mLe levage doit se faire par 2 personnes et non pas une personne	1	3	3	Etudier la possibilité d'améliorer l'opération de manutention en installant un système de levage du RDC aux niveaux 1 (accès étage

11	Local chaudière AB	Visite et maintenance	Risque de brulures en cas de contact avec les surfaces chaudes de la chaudière (chaudière eau chaude) et la tuyauterie d'eau chaude coté ballon d'eau chaude	2 techniciens 1 superviseur utilités 1 ingénieur utilités 1 manager utilités	les surfaces chaudes sont partiellement calorifugée Pictogramme de danger affiché sur le côté avant de la chaudière Accès limité aux personnes compétentes et autorisés EPI	1	4	4	1/ recouvrir les parties découverte dès la tuyauterie ballon eau chaude et des surfaces de la chaudière avec un calorifugeage 2/ Pour les partie de la chaudière dont l'installation de calorifugeage est impossible, afficher un pictogramme d'attention surface
----	--------------------------	--------------------------	---	---	--	---	---	---	--

									chaude sur paroi cylindrique de côté arrière de la chaudière
12			<p>Surchauffe de la chaudière en cas d'ouverture de la vanne de vidange de la chaudière pouvant causer la surchauffe de la chaudière par manque d'eau conduisant à un incendie/explosion</p>	<p>2 techniciens 1 superviseur utilités 1 ingénieur utilités 1 manager utilités</p>	<p>-Alarme basse pression d'eau -La vanne de vidange de la chaudière est fermée mais avec loto empêchant une ouverture accidentelle -Check quotidien de la chaudière Logbook Réf. : LB- ENG- 037</p>	1	4	4	NA

13			Risque d'Incendie ou explosion	2 techniciens 1 superviseur utilités 1 ingénieur utilités 1 manager utilités	évaluation de risque couverte par les HAZID, HAC	2	5	10	
14			Baisse de taux d'Oxygène : Deux ouvertures sont constatée au niveau du conduit d'échappement de la chaudière, la diffusion de gaz d'échappement à faible quantité peut provoquer des maux de tête et une baisse d'attention après	2 techniciens 1 superviseur utilités 1 ingénieur utilités 1 manager utilités	Aération naturelle Aération forcée	1	4	4	1. Fermer l'ouverture avec des bouchons filetés démontables 2. Assurer le bon fonctionnement de l'aération forcée

			une longue présence						
15	Local eau purifiée AB	Présence dans le local pour visite et maintenance	Formation de flaques d'eau : Une tuyauterie d'eau glacée passe par le local à proximité du ballon d'eau chaude, l'effet de condensation peut former des flaques d'eau conduisant à une détérioration du sol à long terme	2 techniciens 1 superviseur utilités 1 ingénieur utilités 1 manager utilités	Le tronçon de la tuyauterie d'eau glacée est couvert avec un calorifugeage pour éviter la formation des condensats Port des chaussures de sécurité	1	3	3	NA

16	Escalier extérieur zones techniques AB	Utilisation de l'escalier	Risque d'effondrement des marches dues à une apparition de corrosion non contrôlée sur les marches des escaliers extérieurs	2 techniciens 1 superviseur utilités 1 ingénieur utilités 1 manager utilités	Aucun	1	4	4	- Mettre en place un plan d'inspection périodique des escaliers extérieurs de l'étage technique AB (Renforcer les marches présentant un état de rouille si nécessaire)
17	Terrasse CTA AB	Visite et maintenance	Heurtes de la tête : A cause des supports des gaines à hauteur de la tête, il y a un risque de heurte de la tête pouvant	2 techniciens 1 superviseur utilités 1 ingénieur utilités 1 manager utilités	Signalisation en place au niveau des supports des gaines mais détériorée Port de casques anti heurtes	1	4	4	1. Mettre en place un pictogramme de port obligatoire de casques de sécurité ou de casquettes anti-heurte

			provoquer une plaie						2. Remplacer les bandes réfléchissantes noire/jaune au niveau des supports
18	Station de traitement effluent AB	Visite et maintenance	Risque de dépassement des valeurs limites : A cause de l'absence de mode opératoire clair et bien défini il y'a un risque de rejeter des quantités d'eau qui dépassent les valeurs	2 techniciens 1 superviseur utilités 1 ingénieur utilités 1 manager utilités	Analyses mensuelles effectuées par un laboratoire externe Plan d'amélioration en place (avec l'équipe ETP régionale)	3	3	9	1. Mettre en place un plan d'amélioration du fonctionnement de la station Arema 2. Améliorer l'exploitation et la maintenance de la station de traitement des effluents AB

19		Visite et maintenance	Trébuchement due à la présence d'une bordure élevée à 50 cm autour de la zone compresseur	2 techniciens 1 superviseur utilités 1 ingénieur utilités 1 manager utilités	Remplacement des dalles en béton qui sont en mauvais état port de casque anti heurte	1	4	4	1. Installer des bandes adhésives réfléchissantes noire/jaune au niveau des bordures élevées (ou appliquer une peinture adéquate)
20	Groupe Electrogène AB	Visite et maintenance	Baisse de taux d'Oxygène : Baisse d'attention après une longue présence une fuite des gaz d'échappement (CO, CO2 asphyxiant) de la connexion du	2 techniciens 1 superviseur utilités 1 ingénieur utilités 1 manager utilités	Aération forcée à 28°C Un détecteur CO Installé à l'intérieur du local	1	3	3	Fermer l'ouverture avec des bouchons filetés démontables

			collecteur d'échappement						
21	Station incendie AB	Visite et maintenance	Diversement gasoil : Diversement du gasoil au moment de remplissage manuel du réservoir en utilisant des bidon de 5L pouvant provoquer des glissades voire des incendies	2 techniciens 1 superviseur utilités 1 ingénieur utilités 1 manager utilités	Bac de rétention/ utilisation d'un entonnoir L'opération de remplissage est assurée par une personne compétente Fréquence de remplissage faible	1	4	4	Etablir une procédure/ ou Standard work de dépotage gasoil.

22			Blessures due à la présence d'équipements tournants (pompes, motopompe, ...)	2 techniciens 1 superviseur utilités 1 ingénieur utilités 1 manager utilités	Accès limité aux personnel compétent la zone est couverte par le programme Machinery Safety et tous les gaps corrigés	1	4	4	/
23			Brulures par contact avec surfaces chaudes ; Risque de brulures au 1er degré en cas de contact avec les surfaces chaudes du collecteur d'échappement du moteur diesel de la moto pompe	2 techniciens 1 superviseur utilités 1 ingénieur utilités 1 manager utilités	Partiellement calorifugée Accès limité aux personnes autorisés	1	4	4	1/ Envisager de recouvrir les parties découverte du collecteur d'échappement avec un calorifugeage

24	Réservoir gasoil 5000L AB	Visite et maintenance	Déversement gasoil : Déversement du gasoil au moment de remplissage manuel du réservoir en utilisant des bidon pouvant provoquer des glissades voire des incendies	2 techniciens 1 superviseur utilités 1 ingénieur utilités 1 manager utilités	Une station de remplissage de gasoil pour les FLT's présence d'un bac de rétention Présence d'un Kit de déversement Accès limité au personnel autorisé	1	4	4	Mettre en place un plan d'inspection du bac de rétention
25	Zone chiller Magasin AB	Visite et maintenance	Risque de Trébuchement & chutes au niveau de l'échelle d'accès au chiller AB Magasin	2 techniciens 1 superviseur utilités 1 ingénieur utilités 1 manager utilités	Accès limité au personnel autorisé	1	4	4	Appliquer une supervision périodique des échelles d'accès au chiller magasin AB

26	Cellules MT 30KV	Visite et maintenance	Electrocution dues à la présence d'équipements 30KV et 400/220V	Ingénieur électrique technicien électrique Agent Sonelgaz pour les relevés & opérations de consignations du poste 30KV	Inspection préventive du poste MT Vérification annuelle de la résistance de mise à la terre au niveau du poste Présence d'un kit d'EPI & équipements de test HV (tapis isolant, gants...etc) Inspection périodique des EPI Accès limité aux personnel autorisé	1	4	4	Réparer le control d'accès défectueux
			Départ feu liés à une défaillance des équipements MT ou BT ou une fausse manœuvre	Ingénieur électrique technicien électrique Agent Sonelgaz pour les relevés & opérations de consignations du poste 30KV	Maintenance préventive en place détection incendie installé Présence d'un extracteur d'air actionné par un thermostat Extincteurs présents à l'extérieur du poste MT Vérification annuelle de la résistance de mise à la terre au niveau du poste Accès & manœuvres limités aux personnel autorisé Travaux gérés par PTW HT	1	4	4	Vérifier si l'extincteur présent sur les lieux est adéquat ? Vérifier si le Pest control inclut cette zone ? (rat et reptile)
27									

28	Cellules MT 30KV Transformateur 1000KVA	Visite et maintenance	Electrocution due à la présence d'équipements 30KV	Ingénieur électrique technicien électrique	inspection préventive des équipements MT Vérification annuelle de la résistance de mise à la terre au niveau du poste Séparation physique de la partie 30KV par apport à la partie BT Accès limité aux personnel autorisé Travaux gérés par PTW HT Présence d'un kit d'EPI & équipements de test HV (tapis isolant, gants...etc.) & inspection périodique de ces EPI	1	4	4	/
29	Transformateur 1000KVA		Risque de déversement d'huile minérale	Ingénieur électrique technicien électrique	Présence de bacs de rétention pour les deux transformateurs (séparément) inspection annuelle des transformateurs 100KVA (absence de fuites, serrages, intégrités, ...etc.) Analyses des huiles diélectriques Mise en place d'un dispositif de fixation des roues des transformateurs	1	4	4	mettre en place un plan d'inspection des bacs de rétention ou l'inclure sur le plan annuel d'inspection des transformateurs

30	TGBT 400V Batterie de compensation BT		Electrocution dues à la présence d'équipements 400/220V	Ingénieur électrique technicien électrique	inspection préventive du TGBT et de l'armoire batterie de compensation Vérification annuelle de la résistance de mise à la terre au niveau du local Séparation physique de la partie 30KV par rapport à la partie BT Accès limité aux personnel autorisé Travaux gérés par PTW Présence d'un Tapis isolant basse tension	1	4	4	mettre en place un plan d'inspection du tapis isolant basse tension
31	Cellules MT 30KV Transformateur 1000KVA TGBT 400V Batterie de compensation BT		Départ feu liés à une défaillance des équipements MT ou BT ou une fausse manœuvre	Ingénieur électrique technicien électrique	Maintenance préventive en place détection incendie installé Présence d'un extracteur d'air actionné par un thermostat Extincteurs présents à l'extérieur du local Vérification annuelle de la résistance de mise à la terre au niveau du poste Travaux gérés par PTW Accès & manœuvres limités aux personnel autorisé	1	4	4	Mette en place un plan d'inspection de l'extracteur d'air du local Vérifier si le Pest control inclut cette zone (rat et reptile)

Tableau 2 : Leadership et administration

	Questions	Le score possible	Le score actuel
1	L'organisation, au niveau de l'entreprise ou au niveau local, dispose-t-elle d'une déclaration de politique générale reflétant l'engagement de la direction envers la gestion de la sécurité des processus et mettant l'accent sur les questions de sécurité et de contrôle des pertes ?	10	10
2	Est la déclaration de politique générale :		
	a. Contenue dans des manuels ?	2	2
	b. Affichée à divers endroits ?	2	2
	c. Inclus dans tous les livrets de règles ?	2	2
	d. Mentionné dans tous les principaux programmes de formation ?	2	2
	e. Utilisé d'autres manières ? (Décrivez)	2	2
3	Les responsabilités en matière de sécurité et de santé des processus sont-elles clairement définies dans la description de poste de chaque responsable ?	10	10
4	Des objectifs annuels dans le domaine de la sécurité et de la santé des procédés sont-ils fixés pour tous les cadres, et sont-ils ensuite inclus comme un élément important dans leurs évaluations annuelles régulières ?	15	15
5	Quel pourcentage de l'équipe de gestion totale a participé à un cours de formation formel ou à une conférence ou un séminaire externe sur la gestion de la sécurité des processus au cours des trois dernières années ?	10	10
6	Existe-t-il un comité de sécurité du site, ou un équivalent ?	5	5
	a. La composition du comité représente-t-elle une tranche diagonale de l'organisation ?	5	5
	b. Le comité se réunit-il régulièrement et documente-t-il la mise en œuvre des recommandations appropriées ?	5	5

Total de points	70	70
-----------------	----	----

Tableau 3 :Process safety information

	Questions	Score possible	Score actuel
1	Les fiches de données de sécurité (FDS) sont-elles disponibles pour toutes les substances chimiques utilisées ou manipulées dans chaque unité ?	5	5
	a. L'inventaire maximal sur site de chacune de ces substances chimiques est-il répertorié ?	2	2
	b. Cette information est-elle disponible pour le personnel d'exploitation et d'entretien et tout personnel contractuel approprié de l'unité ?	2	2
	c. Les effets dangereux, s'il y en a, d'un mélange par inadvertance des différents matériaux sur le site sont-ils clairement énoncés dans les procédures opérationnelles standard et mis en évidence dans les programmes de formation des opérateurs ?	2	2
2	Des procédures de contrôle de la qualité sont-elles en place et pratiquées pour garantir que tous les matériaux identifiés répondent aux spécifications lorsqu'ils sont reçus et utilisés ?		
3	Des informations écrites à jour sont-elles facilement disponibles dans l'unité qui :	10	10
	a. Résume la chimie du procédé ?	3	3
	b. Lister les limites supérieures et inférieures de sécurité pour des éléments tels que les températures, les pressions, les débits et les compositions ?	3	3
	c. Indique les conséquences en matière de sécurité des écarts par rapport à ces limites ?	3	3
4	Un schéma fonctionnel ou un schéma simplifié du processus est-il disponible pour aider l'opérateur à comprendre le processus ?	5	5
5	Des P&ID sont-ils disponibles pour toutes les unités du site ?	10	5

6	La documentation montre-t-elle que tous les équipements de l'unité sont conçus et conçu et construit conformément à tous les codes, normes et bonnes pratiques d'ingénierie et aux bonnes pratiques d'ingénierie généralement acceptées ?	8	8
7	A-t-on identifié tous les équipements existants qui ont été conçus et construits conformément à des codes, des normes ou des pratiques qui ne sont plus d'usage courant ?	4	4
	A-t-on documenté que la conception, l'entretien, l'inspection et les essais de cet équipement permettront de l'exploiter en toute sécurité ?	4	4
8	Des enregistrements écrits ont-ils été compilés pour chaque pièce d'équipement du processus, et comprennent-ils tous les éléments suivants ?		
	a. Matériaux de construction	1	1
	b. Codes et normes de conception utilisés	1	1
	c. Classification électrique	1	1
	d. Conception du système de secours et base de conception	1	1
	e. Conception du système de ventilation	1	1
	f. Systèmes de sécurité, y compris les verrouillages, les systèmes de détection et d'extinction.	1	1
	Des procédures sont-elles en place pour garantir que chaque personne responsable de la gestion du processus a une connaissance pratique des informations sur la sécurité du processus correspondant à ses responsabilités ?	5	5
	Une compilation documentée de toutes les informations de sécurité des processus ci-dessus est-elle conservée dans l'installation à titre de référence ? Les éléments individuels de l'information peuvent exister sous diverses formes et à divers endroits, mais la compilation doit confirmer l'existence et l'emplacement de chaque élément.	8	8
Total des points		80	75

Tableau 4 :Analyse des risques du processus

	Questions	Score possible	Score actuel
1	Quel est le pourcentage de toutes les unités de traitement qui manipulent des produits chimiques dangereux dans l'installation et qui ont fait l'objet d'une analyse formelle des risques liés aux procédés (PHA) au cours des cinq dernières années ?	10	10
2	Un ordre de priorité a-t-il été établi pour la réalisation de futures PHAs?	5	5
	La base de l'ordre de priorité tient-elle compte des facteurs suivants ?		
	a. La quantité de matières toxiques, inflammables ou explosives présentes sur le site.	1	1
	b. Le niveau de toxicité ou de réactivité des matières	1	1
	c. Le nombre de personnes se trouvant à proximité immédiate de l'installation, y compris les emplacements sur le site et hors du site.	1	1
	d. La complexité du processus	1	1
	e. Conditions d'exploitation sévères ou susceptibles de provoquer la corrosion ou l'érosion.	1	1
3	Est-ce que les PHAs réalisées à ce jour traitent :		
	a. Les dangers du processus ?	2	2

	b. Une revue des rapports d'incidents/accidents antérieurs de l'unité analysée pour l'unité analysée pour identifier tout incident antérieur ayant un potentiel de conséquences catastrophiques ?	2	2
	c. Les contrôles techniques et administratifs applicables aux dangers et leurs interrelations ?	2	2
	d. Conséquences de l'échec des contrôles techniques et administratifs ?	2	2
	e. Emplacement des installations ?	2	2
	f. Facteurs humains ?	2	2
	g. Une évaluation qualitative des effets possibles de la sécurité et de la santé en cas de défaillance	2	2
4	Sur la base de la plus récente PHA réalisée :		
	a. Le chef d'équipe avait-il de l'expérience dans la technique employée ?	3	3
	b. Le chef d'équipe avait-il reçu une formation officielle sur la méthode employée ?	3	3
	c. Au moins un membre de l'équipe était-il un expert du processus analysé ?	3	3
	d. Toutes les disciplines appropriées étaient-elles représentées au sein de l'équipe ou mises à contribution au besoin pendant l'analyse ?	3	3
	e. Au moins un membre de l'équipe était-il une personne qui n'a pas participé à la conception originale de l'installation ?	3	3
5	Un système formel est-il en place pour traiter rapidement les conclusions et les recommandations d'une analyse des risques liés aux processus afin de garantir que les recommandations sont résolues en temps voulu et que la résolution est documentée ?	8	8
	a. Si oui, des calendriers sont-ils établis pour la mise en œuvre ?	3	3

	b. Le système exige-t-il que les décisions concernant les recommandations des PHA et l'état d'avancement de la mise en œuvre soient communiquées à l'ensemble du personnel d'exploitation, d'entretien et autres qui peuvent être affectés ?	3	3
6	La méthodologie utilisée dans les PHA antérieures et/ou les PHA futures prévues est-elle adaptée à la complexité du processus ?	10	10
7	Les PHA sont-elles dirigées par une personne qui a été formée aux méthodes utilisées ?	12	12
8	Sur la base des plus récentes PHA réalisées, est-ce que les taux moyens d'analyse sont-elles appropriées à la complexité des systèmes analysés ? (En général, 2 à 4 P&ID de complexité moyenne sont analysés par jour).	10	8
9	Une fois les dangers du processus identifiés, la probabilité et les conséquences des scénarios de défaillance sont-elles évaluées à l'aide de techniques qualitatives ou quantitatives ?	5	5
Total des points		100	98

Tableau 5 :La gestion de changement

	Questions	Score possible	Score actuel
1	L'établissement dispose-t-il d'une procédure écrite de gestion du changement qui doit être suivie chaque fois que de nouvelles installations sont ajoutées ou que des modifications sont apportées à un processus ?	9	9
	Les procédures d'autorisation sont-elles clairement énoncées et à un niveau approprié ?	5	5
2	Les types de « changements » suivants font-ils appel à la procédure de gestion du changement ?		
	a. Changements physiques à l'installation, autres que le remplacement (agrandissements, modifications d'équipement, instruments ou système d'alarme)	4	4
	b. Changements dans les produits chimiques de procédé (matières premières, catalyseurs, solvants, etc.).	4	4
	c. Changements dans les conditions de procédé (températures de fonctionnement, pressions, taux de production, etc.).	4	4
	d. Changements importants dans les procédures d'exploitation	4	4

	(séquences de démarrage ou d'arrêt, niveau de dotation de l'unité ou affectations, etc.).		
3	L'installation comprend-elle clairement ce qui constitue un « changement temporaire » ?	5	5
	a. La gestion du changement gère-t-elle les changements temporaires et les changements permanents ?	4	4
	b. Les éléments installés comme « temporaires » font-ils l'objet d'un suivi pour s'assurer qu'ils sont retirés après un délai raisonnable ou reclassés comme permanents?	5	5
4	Les procédures de gestion du changement exigent-elles expressément prendre des mesures lorsqu'un changement est apporté à un processus ?		
	a. Exiger une analyse des risques liés au procédé appropriée pour l'unité.	3	3
	b. Mettre à jour toutes les procédures d'exploitation touchées.	3	3
	c. Mettre à jour tous les programmes d'entretien et les calendriers d'inspection touchés.	3	3
	d. Modifier les P&ID, l'énoncé des limites d'exploitation, les fiches de données de sécurité et toute autre information sur la sécurité des procédés touchée.	3	3
	e. Informer tous les employés des procédés et de l'entretien qui travaillent dans le secteur du changement, et offrir de la formation au besoin.	3	3
	f. Informer tous les entrepreneurs touchés par le changement.	3	3
	g. Examiner l'effet du changement proposé sur tous les installations en amont et en aval inter reliées.	3	3
5	Lorsque des changements sont apportés au processus ou aux procédures d'exploitation, existe-t-il des procédures écrites exigeant que l'incidence de ces changements sur l'équipement et les matériaux de construction soit examinée afin de déterminer s'ils entraîneront un taux accru de détérioration ou de défaillance? ou entraînera des mécanismes de défaillance différents dans l'équipement de traitement?	10	10
6	Lorsque l'équipement ou les matériaux de construction sont modifiés au moyen des éléments de remplacement ou d'entretien, y a-t-il un système en place pour examiner officiellement tout changement métallurgique afin de s'assurer que le nouveau matériau convient au procédé?	5	5
Total de points		80	80

Tableau 6 : Les procédures d'opérations

	Questions	Score possible	Score actuel
1	Les procédures opérationnelles écrites sont-elles à la disposition du personnel d'exploitation et d'entretien de toutes les unités ?	10	10
	Les procédures d'exploitation définissent-elles clairement la position de la ou des personnes responsables de l'exploitation de chaque zone applicable?	5	5
2	Les considérations opérationnelles suivantes sont-elles couvertes dans toutes les procédures d'utilisation normalisées (SOP)?		
	a. Démarrage initial	2	2
	b. Fonctionnement normal (ainsi que d'urgence)	2	2
	c. Arrêt normal	2	2
	d. Arrêt d'urgence	2	2
	e. La position de la ou des personnes qui peuvent initier ces procédures est-elle définie ?	2	2
	f. Mesures à prendre pour corriger ou éviter les écarts par rapport aux limites d'exploitation et aux conséquences de l'écart	2	2
	g. Démarrage après un redressement	2	2
h. Systèmes de sûreté et leurs fonctions	2	2	
3	Les considérations suivantes en matière de sécurité et de santé sont-elles couvertes dans toutes les SOP pour les produits chimiques utilisés dans le procédé ?		
	a. Propriétés et dangers des produits chimiques	3	3
	b. Précautions nécessaires pour prévenir l'exposition, y compris les contrôles et l'équipement de protection individuelle	4	4
	c. Mesures de contrôle à prendre en cas de contact physique	3	3
4	Les SOP de l'installation sont-elles rédigées de façon claire et concise pour assurer une compréhension efficace et promouvoir la conformité des utilisateurs?	10	10
5	Existe-t-il des procédures adéquates pour le transfert de l'information entre les quarts de travail ?	10	10
6	À quelle fréquence les procédures d'exploitation sont-elles officiellement examinées pour s'assurer qu'elles reflètent les pratiques d'exploitation actuelles et mises à jour au besoin ? (Choisissez une seule réponse)		
	Au moins une fois par année, ou au fur et à mesure des changements	11	
	Tous les deux ans	6	6
	Seulement lorsque des changements importants sont apportés aux processus	3	

	Aucun calendrier n'a été établi	0	
7	À quelle fréquence procède-t-on à une évaluation impartiale du niveau de conformité aux procédures opérationnelles écrites ? (Choisissez une réponse)		
	Tous les 6 mois	8	
	Annuellement	4	4
	Tous les 3 ans	2	
	Pas fait	0	
Total des points		80	71

Tableau 7 :Pratique de travail sûres

	Questions	Score possible	Score actuel
1	Des pratiques de travail sécuritaires sont-elles été élaborées et mises en œuvre pour les employés et les entrepreneurs afin d'assurer la maîtrise des dangers pendant l'exploitation ou l'entretien, notamment :		
	a. Travail à chaud	2	2
	b. Procédures de rupture de ligne	2	2
	c. Verrouillage/étiquetage	2	2
	d. Entrée dans un espace confiné	2	2
	e. Ouverture de l'équipement ou de la tuyauterie	2	2
	f. Accès à une installation par entretien, contrat, laboratoire ou autre personnel de soutien	2	2
	g. Entrée du véhicule	2	2
	h. Ponts roulants	2	NA
	i. Manipulation de matières particulièrement dangereuses (toxiques, radioactives, etc.)	2	2
	j. Inspection ou entretien de l'équipement en service	2	2
2	Est-ce que toutes les pratiques de travail sécuritaires énumérées à la question 1 nécessitent un formulaire d'autorisation de travail ou un permis avant de commencer l'activité ?	10	10
3	Dans l'affirmative, les procédures d'autorisation comprennent-elles les caractéristiques suivantes ?		
	a. Formulaires qui couvrent adéquatement le domaine	1	1
	b. Instructions claires indiquant le nombre d'exemplaires délivrés et qui reçoit chaque exemplaire	1	1
	c. Autorisation requise pour la délivrance	1	1

	d. Procédure d'approbation à la fin des travaux	1	1
	e. Procédure de prolongation ou de réémission après le changement de quart	1	1
4	Les employés touchés ont-ils reçu une formation sur les exigences susmentionnées en matière de permis et de procédures?	10	10
5	À quelle fréquence procède-t-on à une évaluation indépendante (p. ex., par le Service de la sécurité ou un groupe semblable), dont les résultats sont communiqués à la direction appropriée, afin de déterminer le degré de conformité aux exigences relatives aux permis de travail et aux procédures spécialisées pour les grandes unités de l'organisation ? (Choisissez une réponse)		
	Tous les 3 mois	7	7
	Tous les 6 mois	4	
	Annuel	2	
	Pas fait	0	
6	Existe-t-il une procédure qui exige que toutes les procédures relatives aux permis de travail et les règles de travail soient officiellement révisées au moins tous les trois ans et mises à jour au besoin ?	10	10
	Les dossiers indiquent-ils que ces examens sont effectués en temps opportun ?	5	5
7	Des enquêtes ont-elles été menées pour déterminer si les environnements sont-ils conformes aux normes ergonomiques ?	4	4
	Ou bien aucune lacune n'a été relevée dans l'enquête ci-dessus, ou bien, le cas échéant, est-ce qu'on les corrige?	4	4
Total des points		80	73

Tableau 8 : Formation

	Questions	Score possible	Score actuel
1	Y a-t-il une procédure écrite qui définit la formation générale sur les procédures de sécurité, les pratiques de travail, etc., à l'échelle du site qu'un employé nouvellement embauché recevra ?	10	10

2	Y a-t-il une procédure écrite qui définit le montant et le contenu de la formation spécifique au site, en plus de la formation générale fournie à la question 1, qu'un employé nouvellement affecté à un poste opérationnel recevra avant d'assumer ses fonctions?	10	10
3	La procédure décrite à la question 2 exige-t-elle que la formation comprenne les éléments suivants?		
	a. Un aperçu du processus et de ses risques particuliers pour la sécurité et la santé	3	3
	b. Formation sur toutes les procédures d'exploitation	3	3
	c. Formation sur les procédures d'urgence du site	3	3
	d. Mettre l'accent sur les questions liées à la sécurité, comme les permis de travail, l'importance des dispositifs de verrouillage et d'autres systèmes de sécurité, etc.	3	3
	e. Pratiques de travail sécuritaires	3	3
4	f. Compétences de base appropriées	3	3
	À la fin de la formation officielle du personnel des opérations, quelle méthode est utilisée pour vérifier que l'employé comprend l'information présentée ? (Choisissez une méthode)		
	Test de performance suivi d'une observation documentée	10	10
	Test de performance seulement	7	
	Avis de l'instructeur	3	
5	Aucune vérification	0	
	À quelle fréquence les employés des Opérations reçoivent-ils une formation officielle ? (Choisissez une réponse)		
	Au moins une fois tous les trois ans	10	10
	Seulement lorsque des changements importants sont apportés au processus	5	
6	Jamais	0	
	Quel est le nombre moyen de formations données à chaque employé des Opérations par année, toutes catégories confondues ? (Choisissez une réponse)		
	15 jours/an ou plus	10	10
	11 à 14 jours/an	7	
	7 à 10 jours/an	5	
	3 à 6 jours/an	3	
Moins de 3 jours/an	0		

7	Une approche systématique (p. ex., sondages auprès des employés, analyse des tâches, etc.) a-t-elle été utilisée pour déterminer les besoins en formation de tous les employés de l'installation, y compris les programmes de formation mentionnés aux questions 1 et 2?	4	4
	a. Des programmes de formation ont-ils été établis pour les besoins cernés ?	4	4
	b. Les besoins en formation sont-ils revus et mis à jour périodiquement?	4	4
8	Les caractéristiques suivantes sont-elles intégrées aux programmes de formation officiels de l'usine ?		
	a. Les qualifications des formateurs ont été établies et sont documentées pour chaque formateur.	5	5
	b. On utilise des plans de leçon écrits qui ont été examinés et approuvés pour assurer une couverture complète du sujet.	5	5
	c. Les aides à la formation et les simulateurs sont utilisés au besoin pour formation pratique.	5	5
	d. Des dossiers sont tenus pour chaque stagiaire indiquant la date de la formation et les moyens utilisés pour vérifier que la formation était comprise	5	5
Total des points		100	100

Tableau 9 :Intégrité mécanique

	Questions	Score possible	Score actuelle
1	A-t-on élaboré un plan d'inspection écrit pour l'unité de traitement qui comprend les éléments suivants ?		
	a. Tout l'équipement devant être inspecté a été identifié ?	2	2
	b. Les responsabilités d'effectuer les inspections ont été attribuées ?	2	2
	c. La fréquence des inspections a-t-elle été établie ?	2	2
	d. Les méthodes d'inspection et les emplacements ont été précisés ?	2	2
	e. Les exigences en matière de rapports d'inspection ont-elles été définies ?	2	2

2	Le plan d'inspection mentionné à la question 1 comprend-il un programme officiel d'inspection visuelle externe pour toutes les unités de traitement ?	2	2
	a. Tous les facteurs suivants sont-ils pris en compte dans le programme d'inspection visuelle : l'état de l'extérieur de l'équipement, l'isolation, la peinture et les revêtements, les supports et les accessoires, et l'identification des dommages mécaniques, de la corrosion, des vibrations, des fuites ou des composants ou réparations inadéquats ?	1	1
	b. Selon le plan d'inspection mentionné à la question 1, est-ce que tous les appareils sous pression de l'unité font l'objet d'une inspection visuelle externe au moins tous les cinq ans ?	2	2
	c. Selon ce plan d'inspection, tous les systèmes de tuyauterie sur place qui manipulent des produits volatils et inflammables, des toxines, des acides et des produits caustiques, ainsi que d'autres matériaux semblables, font-ils l'objet d'une inspection visuelle externe au moins tous les cinq ans?	2	2
3	Selon le plan d'inspection, tous les récipients sous pression de l'unité font-ils l'objet d'une inspection interne ou détaillée au moyen de procédures d'examen non destructif appropriées au moins tous les 10 ans ?	5	4
4	Chaque élément de l'équipement de procédé a-t-il été examiné par le personnel approprié afin de déterminer les causes probables des dommages ou des défaillances ?	5	5
	a. Cette information a-t-elle été utilisée pour établir les méthodes d'inspection, les emplacements, les fréquences et les programmes d'entretien préventif ?	1	1
	b. Des limites de défektivité ont-elles été établies en fonction de l'aptitude fonctionnelle ?	1	1
5	Un programme officiel de mesure de l'épaisseur de la tuyauterie et des navires est-il utilisé ?	3	2
	a. Lorsque les emplacements pour les mesures d'épaisseur sont choisis		
	1. La probabilité et les conséquences d'un échec sont-elles un facteur important ?	1	1
	2. La corrosion et l'érosion localisées sont-elles une considération ?	1	1
	b. Les emplacements de mesure de l'épaisseur sont-ils clairement indiqués sur les dessins d'inspection et sur la cuve ou le système de tuyauterie pour permettre des mesures répétitives aux mêmes endroits ?	2	1

	c. Les relevés d'épaisseur sont-ils à jour ?	2	1
	d. Les résultats sont-ils utilisés pour prédire la durée de vie restante et ajuster la fréquence des inspections futures ?	2	1
6	A-t-on établi la pression de travail maximale admissible (PMAC) pour tous les systèmes de tuyauterie en utilisant les codes applicables et les conditions d'exploitation actuelles ?	3	2
	Les calculs MAWP sont-ils mis à jour après chaque mesure d'épaisseur, en utilisant la dernière épaisseur de paroi et la vitesse de corrosion ?	2	1
7	Y a-t-il une procédure écrite qui exige un niveau approprié d'examen et d'autorisation avant toute modification de la fréquence des inspections, des méthodes et des procédures d'essai ?	5	3
8	Des listes de contrôle d'inspection adéquates ont-elles été élaborées et sont-elles utilisées ?	3	3
	Sont-elles périodiquement révisées et mises à jour à mesure que l'équipement ou les processus changent ?	2	2
9	Toutes les inspections, les essais et les réparations effectués sur l'équipement de procédé sont-ils documentés rapidement ?	3	3
	La documentation comprend-elle tous les renseignements suivants ?	3	3
	a. La date de l'inspection.		
	b. Le nom de la personne qui a effectué l'inspection		
	c. Identification de l'équipement inspecté.		
	d. une description de l'inspection ou de l'essai.		
	e. les résultats de l'inspection.		
	f. Toutes les recommandations découlant de l'inspection.		
	g. Une date et une description de tous les travaux d'entretien effectués.		

10	Y a-t-il une procédure écrite exigeant que toutes les déficiences de l'équipement de procédé relevées au cours d'une inspection soient corrigées en toute sécurité et en temps opportun et qu'elles fassent l'objet d'un suivi pour en assurer l'achèvement ?	5	4
	a. Un système est-il utilisé pour aider à déterminer les priorités d'action ?	1	1
	b. Si des déficiences sont relevées, les décisions de continuer à utiliser l'équipement sont-elles fondées sur de solides évaluations techniques de l'aptitude fonctionnelle ?	2	2
11	Y a-t-il un dossier central complet et à jour pour tous les renseignements et rapports sur le programme d'inspection ?	3	3
	Est-ce que tous ceux qui participent au processus ont accès à ces renseignements ?	2	2
12	Tous les employés qui participent à l'entretien et à l'inspection de l'équipement de procédé ont-ils reçu une formation sur un aperçu du procédé et de ses dangers ?	5	5
13	Tous les employés qui participent à l'entretien et à l'inspection de l'équipement de procédé ont-ils reçu une formation sur toutes les procédures applicables à leurs tâches afin de s'assurer qu'ils peuvent exécuter les tâches de façon sécuritaire et efficace ?	3	3
	À la fin de la formation décrite ci-dessus, utilise-t-on des méthodes officielles pour vérifier que l'employé comprend ce sur quoi il a été formé ?	2	2
14	Les inspecteurs sont-ils certifiés pour leur rendement conformément aux codes et aux normes de l'industrie applicables (p. ex., API 510, 570 et 653) ?	5	3
15	Des programmes de formation sont-ils offerts aux employés des entrepreneurs lorsque des compétences ou des techniques particulières propres à l'unité ou à l'usine sont requises pour que ces employés puissent effectuer le travail en toute sécurité ?	5	5
16	Un calendrier a-t-il été établi pour l'inspection ou l'essai de toutes les soupapes de décharge de l'unité ?	3	3
	a. Le calendrier est-il respecté ?	1	1
	b. Toutes les inspections et réparations sont-elles entièrement documentées ?	1	1

	c. Est-ce que toutes les réparations sont effectuées par du personnel dûment formé et expérimenté en entretien des soupapes de sûreté ?	1	1
17	Le programme d'entretien préventif utilisé à l'installation répond-il aux critères suivants ?		
	a. Tous les articles essentiels à la sécurité et tout autre équipement essentiel, comme l'appareillage électrique et l'équipement rotatif, sont expressément visés.	1	1
	b. Des listes de vérification et des feuilles d'inspection sont utilisées.	1	1
	c. Les travaux sont terminés à temps	1	1
	d. Le programme est continuellement modifié en fonction des commentaires reçus lors des inspections.	1	1
	e. Les réparations sont identifiées, suivies et terminées dans le cadre du programme de MR.	1	1
18	L'installation a-t-elle un programme d'assurance de la qualité pour la construction et l'entretien afin d'assurer ce qui suit ?		
	a. Les matériaux de construction appropriés sont utilisés.	1	1
	b. Les procédures de fabrication et d'inspection sont appropriées	1	1
	c. L'équipement est entretenu conformément aux codes et aux normes	1	1
	d. Les brides sont correctement assemblées et serrées	1	1
	e. Les matériaux de remplacement et d'entretien sont correctement spécifiés, inspectés et entreposés	1	1
19	Y a-t-il un dossier permanent et progressif pour tous les appareils sous pression qui comprend tous les éléments suivants ?	5	5
	a. Rapports de données des fabricants et autres dossiers de données pertinents		

	b. Numéros d'identification du navire.		
	c. Renseignements sur la soupape de sûreté.		
	d. Résultats de toutes les inspections, réparations, modifications ou réévaluations effectuées à ce jour.		
20	Les systèmes en place, comme les exigences écrites, avec l'approbation du superviseur, sont-ils suffisants pour veiller à ce que toutes les réparations et modifications de conception effectuées sur tout réservoir sous pression ou système de tuyauterie soient effectuées conformément au code auquel l'article a été construit ou code de réparation et d'inspection ?	5	5
Totale des points		120	108

Tableau 10 : Examen de l'innocuité avant le démarrage

	Questions	Score possible	Score actuelle
1	La politique de l'entreprise exige-t-elle une EMP officielle aux étapes de la conception ou de la conception de tous les nouveaux projets de développement, de construction et de modification majeure ?	10	10
2	existe-t-il une procédure écrite exigeant que tous les éléments suivants aient été accomplis avant le démarrage d'installations nouvelles ou considérablement modifiées ?	10	10
	a. Des procédures opérationnelles écrites ont été publiées.		
	b. La formation a été suivie pour tout le personnel participant au processus		
	c. Des procédures adéquates d'entretien, d'inspection, de sécurité et d'urgence sont en place.		
	d. Toutes les recommandations découlant de l'EMP officielle ont été mises en œuvre.		
3	Existe-t-il une procédure écrite exigeant que tout l'équipement soit inspecté avant le démarrage pour confirmer qu'il a été installé conformément aux spécifications de conception et aux recommandations du fabricant ?	10	10

	a. La procédure exige-t-elle des rapports d'inspection officiels à chaque étape appropriée de la fabrication et de la construction ?	5	5
	b. La procédure définit-elle la mesure corrective et le suivi requis en cas de lacunes ?	5	5
4	Dans le cadre de l'examen de sécurité préalable au démarrage, est-il nécessaire d'effectuer des vérifications physiques pour confirmer ce qui suit ?	10	10
	a. Étanchéité de tout l'équipement mécanique avant l'introduction de produits chimiques très dangereux dans le procédé		
	b. Bon fonctionnement de tout l'équipement de commande avant le démarrage.		
	c. Installation et fonctionnement appropriés de tout l'équipement de sécurité (soupapes de sûreté, dispositifs de verrouillage, équipement de détection des fuites, etc.)		
5	Y a-t-il une exigence de documenter officiellement l'achèvement des éléments aux questions 1, 2, 3 et 4 avant le démarrage, avec une copie de la certification transmise à la direction de l'installation ?	10	10
Totale des points		60	60

Tableau 11 : Intervention d'urgence

	Questions	Score possible	Score actuelle
1	L'installation a-t-elle un plan d'urgence écrit pour répondre à toutes les urgences probables ?	10	10
2	Est-il nécessaire d'examiner et de mettre à jour officiellement le plan d'urgence selon un calendrier précis ?	5	5
	a. La procédure de gestion des changements de l'installation exige-t-elle d'examiner les répercussions possibles sur le plan d'urgence de l'installation ?	2	2
	b. Les résultats de toutes les PHAs nouvelles ou mises à jour sont-ils examinés pour déterminer si des dangers nouvellement identifiés nécessiteront une modification du plan d'urgence de l'installation ?	2	2

3	Le plan d'urgence comprend-il au moins les éléments suivants ?		
	a. Procédures pour désigner une personne comme coordonnateur dans une situation d'urgence, avec un énoncé clair de ses responsabilités.	2	2
	b. Procédures d'évacuation d'urgence et affectation des voies d'évacuation d'urgence	2	2
	c. Procédures à suivre par les employés qui restent pour effectuer les opérations essentielles de la centrale avant d'évacuer.	2	2
	d. Procédures de comptabilisation de tous les employés après l'évacuation d'urgence.	2	2
	e. Tâches de sauvetage et de soins médicaux pour les employés qui doivent les exécuter.	2	2
	f. Moyens privilégiés pour signaler les incendies et les autres urgences.	2	2
	g. Procédures de contrôle des matières dangereuses	2	2
	h. Un plan de recherche et sauvetage.	2	2
	i. Une procédure de sortie et de rentrée.	2	2
4	Un centre de contrôle d'urgence a-t-il été désigné pour l'installation ?	5	5
	A-t-il les ressources minimales suivantes ?		
	a. Source d'alimentation de secours.	2	2
	b. Installations de communication adéquates.	2	2
	c. Copies des P&ID, des SOPs, des MSDS, des plans de tracé et d'autres renseignements essentiels sur la sécurité pour toutes les unités de traitement de l'installation.	2	2
5	Des personnes désignées peuvent-elles être contactées pour obtenir de plus amples renseignements ou des explications sur les fonctions prévues dans le plan d'urgence ?	5	5
	Cette liste de noms est-elle affichée dans tous les endroits appropriés (salles de contrôle, bureau de sécurité, centre de contrôle d'urgence, etc.) ?	2	2

6	Des exercices réguliers sont-ils effectués pour évaluer et renforcer le plan d'urgence ?	10	10
Points totales		65	65

Tableau 12 : Enquête sur l'incident

	Questions	Score possible	Score actuelle
1	Y a-t-il une procédure écrite d'enquête sur les incidents/accidents qui comprend à la fois les accidents et les quasi-accidents ?	10	10
	La procédure exige-t-elle que les constatations et les recommandations des enquêtes soient traitées et résolues rapidement ?	5	5
2	La procédure exige-t-elle que l'équipe d'enquête comprenne ce qui suit ?		
	a. Membre formé aux techniques d'enquête sur les accidents.	3	3
	b. Le superviseur hiérarchique ou quelqu'un qui connaît aussi bien le processus.	3	3
3	Indiquer si la procédure d'enquête exige une enquête sur les éléments suivants par le superviseur immédiat, les résultats étant consignés sur un formulaire standard.		
	a. Incendie et explosions.	2	2
	b. Pertes de biens à un coût de base établi ou au-dessus.	2	2
	c. Toutes les blessures non invalidantes et les maladies professionnelles.	2	2
	d. Rejet de substances dangereuses.	2	2
	e. Autres accidents/incidents (accidents évités de justesse).	2	2
4	Y a-t-il un formulaire standard pour les enquêtes sur les accidents et les incidents qui comprennent les renseignements suivants ?		
	a. Date de l'incident	2	2

	b. Date du début de l'enquête	2	2
	c. Description de l'incident	2	2
	d. Causes sous-jacentes de l'incident.	2	2
	e. Évaluation de la gravité potentielle et de la fréquence probable de la récurrence.	2	2
	f. Recommandations pour prévenir la récurrence	2	2
5	D'après un examen des dossiers de l'établissement, dans quelle mesure semble-t-il que les procédures d'enquête établies sont suivies ?	5	5
6	Si l'incident ou l'accident mettait en cause une défaillance d'un composant ou d'une pièce d'équipement, le personnel d'inspection ou d'ingénierie approprié doit-il participer à une analyse des défaillances pour déterminer les conditions ou les pratiques qui ont causé la défaillance ?	10	10
7	Les rapports d'enquête sur les incidents sont-ils examinés avec tous les employés touchés dont les tâches sont pertinentes aux conclusions de l'incident, y compris les employés contractuels, le cas échéant ?	5	5
8	Au cours des 12 derniers mois, des rapports d'incident ou d'accident ou des conclusions de rapports ont-ils été transmis à d'autres sites qui exploitent des installations semblables au sein de l'entreprise ?	6	6
9	Les procédures de signalement des incidents et/ou des PHA exigent-elles que les constatations de tous les rapports d'incident applicables soient examinées et intégrées aux PHAs futures ?	6	6
Totale des points		75	75

Tableau 13 : Entrepreneurs

	Questions	Score possible	Score actuelle
1	Les procédures de sélection des entrepreneurs comprennent-elles ce qui suit avant l'attribution du contrat ?		
	a. Un examen des programmes de santé et de sécurité existants de l'entrepreneur.	3	3

	b. Un examen des données antérieures de l'entrepreneur sur l'expérience de perte	3	3
	c. Un examen de la documentation de l'expérience et des compétences nécessaires pour s'attendre raisonnablement à ce que l'entrepreneur exécute les travaux de façon sécuritaire et efficace.	3	3
2	Avant le début des travaux, l'employeur contractuel est-il informé par écrit de ce qui suit ?		
	a. Tous les dangers potentiels connus du processus et du travail de l'entrepreneur.	2	2
	b. Mettre en place des pratiques de travail sécuritaires.	2	2
	c. Contrôles d'entrée et d'accès.	2	2
	d. Toutes les dispositions applicables du plan d'intervention d'urgence	2	2
3	Des réunions préalables à l'emploi ont-elles lieu avec les entrepreneurs pour examiner la portée des travaux contractuels et les exigences de l'entreprise en matière de sécurité, d'assurance de la qualité et performance ?	9	9
4	Des évaluations périodiques sont-elles effectuées pour s'assurer que l'employeur contractuel fournit à ses employés la formation, les instructions, la surveillance, etc., nécessaires pour s'assurer que les employés contractuels respectent toutes les pratiques de travail sécuritaires de l'installation ?	9	9
5	Tous les entrepreneurs qui effectuent des travaux d'entretien ou de réparation, de redressement, de rénovation majeure ou de travaux spécialisés sont-ils visés par toutes les procédures abordées dans la présente section ?	10	10
Total des points		45	45

Tableau 14 : Evaluation des systèmes de gestion

	Questions	Score possible	Score actuelle
1	À quelle fréquence procède-t-on à une évaluation écrite officielle du système de gestion de la sécurité des procédés de l'installation ? (Choisissez une réponse)		
	chaque année.	10	10
	Tous les 3 ans.	70	
	pas fini.	0	
2	Un plan d'action a-t-il été élaboré pour répondre aux besoins du programme, comme l'indique la dernière évaluation ?	10	10
3	Selon l'évaluation la plus récente, l'équipe d'évaluation comprenait-elle des personnes possédant les compétences suivantes ?		
	a. Formation officielle en techniques d'évaluation	5	5
	b. Connaissance approfondie du processus évalué	5	5
4	D'après un examen de l'évaluation la plus récente, l'étendue et la profondeur de l'évaluation étaient-elles appropriées pour l'installation ?	10	10
Total des points		40	40