



République Algérienne Démocratique et Populaire
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Université M'Hamed Bouguerra Boumerdès
جامعة محمد بوقرة بومرداس



Faculté des Sciences de l'Ingénieur
Département : Génie des procédés industriels
Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de master
Spécialité : Hygiène et Sécurité Industrielle

Thème

Effet du vieillissement sur la sécurité et maîtrise des risques

Cas : SONATRACH DP champ El Gassi

Préparé par : LALLAME Naamane
NECHAF El Mokdad

Promoteur : Mr Amine BENMOKHTAR

Encadreur : Mr Smail HANACHI

Soutenu publiquement le : 17/07/2019

Membres du jury :

Nom & Prénom	Grade	Qualité

Année universitaire : 2018/2019

Remerciement

Nous remercions 'ALLAH' le tout puissant qui nous a donné le courage pour achever ce modeste travail, ainsi que nos parents et toutes nos familles qui nous ont apporté le soutien nécessaire et leurs réconforts durant toute la période de nos études.

Nous tenons tout d'abord à remercier notre encadreur Mr BENMOKHTAR Amine, pour son aide et ses précieux conseils au cours de réalisation de ce présent travail. Pour sa sympathie, sa disponibilité, ainsi son aide précieuse. On remercie tous le personnel du groupement SONATRCH-GEA rencontré lors des recherches effectuées et qui ont accepté de répondre à nos questions avec une grande compréhension et générosité.

On doit un remerciement à tous les enseignants qui nous ont fourni les outils nécessaires à la réussite de nos études universitaires. Leurs qualités scientifiques et pédagogiques sont pour nous un modèle. Leur gentillesse, et leur disponibilité permanente ont toujours suscité notre admiration.

Enfin nos remerciements les plus sincères à toutes les personnes qui auront contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.

Résumé

Le présent travail a pour objectif la maîtrise de risques de vieillissement au niveau de champ EL GASSI, il a été divisé en trois parties. La première partie porte sur la mise en contexte de projet à travers un aperçu sur le procédé de traitement de centre et des fondamentaux sur le vieillissement, et une revue théorique sur les outils d'analyse de risque utilisés. La seconde partie traite l'analyse critique de l'étude de danger ainsi l'application des méthodes d'analyse qualitatives et quantitatives (SADT, APR, AMDEC, HAZOP et NOEUD PAPILLON), pour estimer le risque d'origine de vieillissement il a été jugé nécessaire d'estimer la gravité par le logiciel PHAST. La dernière partie présente l'étape de réduction de risque, elle consiste à une méthode d'optimisation des inspections et un plan d'action dans le but de réduire la probabilité de risque.

Mots clés : vieillissement, maîtrise des risques, outils d'analyses, plan d'action.

ملخص

هدف العمل الحالي إلى التحكم في مخاطر التقدم في السن على مستوى الحقل EL GASSI، وتم تقسيمه إلى ثلاثة أجزاء. يركز الجزء الأول على سياق المشروع من خلال نظرة عامة على عملية المعالجة المركزية وأساسيات التقدم في السن، والمراجعة النظرية لأدوات تحليل المخاطر المستخدمة. يتناول الجزء الثاني التحليل النقدي لدراسة المخاطر وتطبيق أساليب التحليل النوعي والكمي (SADT، APR، AMDEC، HAZOP et BUTTERFLY)، لتقدير مخاطر منشأ التقدم في السن. الجاذبية المقدرة بواسطة برنامج PHAST. يعرض الجزء الأخير خطوة الحد من المخاطر، فهو يتكون من طريقة تحسين التفريش وخطة عمل من أجل الحد من احتمال المخاطرة.

الكلمات المفتاحية: وإدارة المخاطر، التقدم في السن، وأدوات التحليل، وخطة العمل

Abstract

The present work aims at the control of risks of aging at field level EL GASSI; it was divided into three parts. The first part focuses on project contextualization through an overview of the center treatment process and the fundamentals of aging, and a theoretical review of the risk analysis tools used. The second part deals with the critical analysis of the hazard study and the application of qualitative and quantitative methods of analysis (SADT, APR, AMDEC, HAZOP and NOED BUTTERFLY), to estimate the risk of origin of aging. 'Estimated gravity by PHAST software. The last part presents the step of risk reduction, it consists method of optimization of the inspections and a plan of action in order to reduce the probability of risk

Key words: aging, risk management, analysis tools, action plan.

Liste des tableaux	I
Liste des figures	III
Liste d'abréviation	V

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre 01 : Mise en contexte problématique et méthodologie	
1.1 Accidentologie [1]	2
1.2 Présentation de l'entreprise [1]	9
1.2.1 Historique et création	9
1.2.2 Situation géographique.....	9
1.2.3 Volume physique de la production	11
1.2.4 Missions et objectifs de SONATRACH	11
1.3 Présentation du champ EL GASSI.....	12
1.4 Processus.....	13
1.4.1 Centre GS1	13
1.4.2 Centre AR-6	13
1.4.3 Centre West Agreb	13
1.4.4 Centre AR-2	13
1.4.5 Centre Zotti	14
1.5 La procédure de compression et réinjection de gaz (new zotti).....	14
1.5.1 Unité de compression et de réinjection de gaz.....	15
1.5.2 Moyennes de sécurité dans le centre NEW ZOTTI	19
1.6 Problématique et objectif	20
1.6.1 Problématique	20
1.6.2 Objectif de l'étude.....	20
1.6.3 Méthodologie [3].....	21

Chapitre 02 : Mesure sur le vieillissement et sa maîtrise

2.1	Mesures sur le vieillissement [4]	23
2.1.1	Définition	23
2.1.2	Impact potentiel du vieillissement sur les performances des systèmes.....	23
2.1.3	Mécanismes de vieillissement ou de dégradation [5]	24
2.1.4	Durée de vie	25
2.2	Maitrise du vieillissement [5]	27
2.2.1	Gestion du vieillissement	27
2.2.2	Inspection en service	27
2.2.3	Maintenance	27
2.2.4	Critères d'acceptabilité.....	27
2.2.5	Conditions de service	27
2.2.6	Défaillance	27
2.2.7	Dégradation	28
2.2.8	Mécanismes de vieillissement ou de dégradation	28
2.2.9	Effet du vieillissement.....	28
2.3	Objectifs de la maîtrise du vieillissement	30
2.3.1	Objectif de sécurité	30
2.3.2	Objectif économique	30
2.4	Méthodes et outils d'analyse.....	30
2.4.1	Approche déductive/inductive	30
2.4.2	Défaillance indépendante ou combiné	31
2.4.3	Domaine d'application	31
2.4.4	Avantages généraux des méthodes d'analyse des risques.....	32
2.4.5	Notion sur les méthodes	33
2.5	Maitrise des risques.....	42
2.5.1	Processus de management du risque [3]	42

2.5.2	Norme ISO31000 (2009).....	42
2.5.3	Communication et consultation.....	43
2.5.4	Etablissement du contexte.....	43
2.5.5	Appréciation du risque	43
2.5.6	Traitement du risque	43
2.5.7	Surveillance et revue	43
2.5.8	La gestion des risques	43
2.5.9	Notion [16].....	44
2.5.10	Maitrise des risques [17]	45

Chapitre 03 : Application des méthodes

3.1	Analyse et critique de l'étude de danger [18]	47
3.1.1	Étape 1 : Identification des principales insuffisances de l'étude de danger	47
3.1.2	Étape 2 : classification des écarts résultats relevés de l'EDD selon le type du sous-écart auxquels ils sont appropriés.	49
3.1.3	Étape 3 : Réduction/élimination des écarts	50
3.2	Identification du système critique.....	51
3.2.1	Analyse fonctionnel par la méthode SADT	51
3.2.2	Analyse préliminaire des risques (APR).....	60
3.3	Identification et estimation des facteurs de risque possibles dus au vieillessement.....	63
3.3.1	Analyse des modes de défaillance leurs effets et leurs criticités (AMDEC) 63	
3.3.2	HAZOP	65
3.4	Analyse quantitative des phénomènes dangereux.....	66
3.4.1	Probabilités d'occurrence.....	67
3.4.2	Scénario N°1	68
3.4.3	Application de la méthode arbre d'événement AdE sur la colonne de stabilisation	71

3.4.4	Scenario N 2 : perte de confinement de ballon 51-V-104.....	74
3.4.5	Application de la méthode arbre d'évènement sur le ballon de condensat 51-V-104	75
3.4.6	Interprétation des résultats	77

Chapitre 04 : Modélisation, simulation des effets et maitrise des risques

4.1	Evaluation de gravité des phénomènes dangereux	79
4.2	Evaluation des effets	79
4.2.1	Généralité sur le logiciel PHAST [26]	80
4.2.2	Modélisation des zones d'effet.....	81
4.3	Barrière préventif	85
4.3.1	Identification d'échéance d'inspection par la méthode RBI [28]	85
4.4	Plan d'action de maintenance	91
4.4.1	Réparation de la virole de réservoir.	91
4.4.2	Revêtements	92
4.4.3	Vannes.....	94
4.5	Barrière protective	94
4.5.1	Dimensionnement de la cuvette	95
4.5.2	Extinction de feu de nappe	96
	Conclusion générale	79

Bibliographie

Liste des tableaux

Tableau 1 : Synthèse de l'accidentologie liée aux postes de compression.....	2
Tableau 2 : Synthèse de l'accidentologie liée aux pompes	3
Tableau 3 : Synthèse de l'accidentologie liée aux séparateurs.....	3
Tableau 4 : Synthèse de l'accidentologie liée aux canalisations	4
Tableau 5 : Synthèse de l'accidentologie liée aux tubages.....	5
Tableau 6 : Synthèse de l'accidentologie liée aux bacs de stockage	5
Tableau 7 : synthèse des différentes méthodes utilisées.....	32
Tableau 8 : Exemple de tableau APR	36
Tableau 9 : Exemple d'un tableau AMDEC	38
Tableau 10 : Représentation des déviations leur mots clés et leur interprétation	40
Tableau 11 : conformité de l'EDD par rapport à la réglementation et le guide d'INERIS	48
Tableau 12 : Classement des insuffisances sous forme d'écart.....	50
Tableau 13 : Répartition des niveaux de risque.....	61
Tableau 14 : Donne la répartition des pourcentages qui illustre le résultat obtenue :	62
Tableau 15 : Pourcentage de chaque niveau de risque	64
Tableau 16 : Les modes de défaillances définies par l'AMDEC.....	65
Tableau 17 : Les scénarios définis par l'HAZOP	66
Tableau 18 : L'échelle des probabilités suivante repose sur 5 classes identifiées par les lettres A à E de la plus élevée à la plus basse :	68
Tableau 19 : Fréquence d'échec de colonne stabilisateur 51-V-101.....	69
Tableau 20 : Probabilités d'ignition instantanée de gaz.....	69
Tableau 21 : La répartition des scénarios la plus probable.....	73
Tableau 22 : Donne la répartition des fréquences de chaque brèche.....	74
Tableau 23 : Synthèse des résultats	77
Tableau 24 : Cotation de gravité.....	79
Tableau 25 : Données nécessaires à la réalisation de simulation :	81
Tableau 26 : Seuils des effets thermiques	81
Tableau 27 : Seuils des effets thermiques en fonction de la distance donnée par logiciel PHAST.....	82
Tableau 28 : Seuils des effets thermiques en fonction de la distance donnée par logiciel PHAST.....	83

Tableau 29 : Degré d'acceptabilité	87
Tableau 30 : Caractéristiques d'équipement.....	89
Tableau 31 : Calcule la Durée de vie résiduelle	90
Tableau 32 : Vitesse de dégradation et durée de vie.....	90
Tableau 33 : La date d'inspection de chaque composant	91
Tableau 34 : Caractéristiques de la mousse	96

Liste des figures

Figure 1 : Description des accidents et incidents survenus sur des établissements comparables	9
Figure 2 : Localisation du complexe GEA	11
Figure 3 : Site principale (base de vie et centre GS-1) de SONATRACH.....	12
Figure 4 : Opérations des unités de compression de gaz dans le centre new zotti	15
Figure 5 : Des opérations de l'unité de déshydratation	17
Figure 6 : Opérations de l'unité de stabilisation de condensât	18
Figure 7 : Courbe en baignoire d'un équipement	28
Figure 8 : SADT	34
Figure 9: Processus de la gestion du risque	44
Figure 10 : L'apparition d'un accident	45
Figure 11 : SADT générale de centre new zotti	51
Figure 12 : Centre new zotti au niveau A0.....	52
Figure 13 : SADT de l'unité de compression boosting	53
Figure 14 : SADT de Compression boosting 1 ^{ère} étage.....	54
Figure 15 : SADT de l'unité de Compression boosting 2 ^{ème} étage	55
Figure 16 : SADT de L'unité de déshydratation	56
Figure 17 : SADT de L'unité de gaz lift :.....	57
Figure 18 : SADT de L'unité de gaz miscible :.....	58
Figure 19 : SADT de l'unité de stabilisation de condensat (U51).....	59
Figure 20 : Répartition des niveaux de risque	61
Figure 21 : Répartition des résultats obtenus par unité	62
Figure 22 : Typologie des risques.....	64
Figure 23 AdE colonne stabilisation 5 mm	71
Figure 24 : AdE colonne 25 mm	72
Figure 25 : AdE colonne 100 mm	72
Figure 26 : AdE Rupture de colonne	73
Figure 27 : AdE pour une petite fuite dans le ballon de condensat off-spec	75
Figure 28 : AdE d'une fuite moyenne dans le ballon off-spec	75
Figure 29 : AdE d'une grande fuite dans le ballon off-spec.....	76
Figure 30 : AdE d'une rupture totale dans le ballon off-spec	76
Figure 31 : Catastrophie des effets thermiques d'un feu de torche dans l'unité de stabilisation de condensat	82

Figure 32 Catastrophie des effets thermiques d'un feu de nappe.....	83
Figure 33 : Scénario Matrice de risque -perte de confinement de bac de condensat hors spécification	84
Figure 34 : Nœud papillon.....	85
Figure 35 : Logigramme illustre le principe de la méthode.....	86

Liste des abréviations

AdE	Arbre d'évènement
AMDEC	Analyse des modes de défaillances leurs effets et leur criticité
APR	Analyse Préliminaire des risques
BDV	Blow Down Valve
BP	Basse Pression
Cri	Facteur de crédit
D	Diamètre de la nappe (m)
D	Diamètre
ED	Élément dangereux
EDD	Étude De Danger
EI	Evènement initiateur
ENS	Evènement Non Souhaité
Ep	Epaisseur
ESDV	Emergency Shut Down Valve
G	Gravité
H	Hauteur
HMD	Hassi Messouad
HP	Haute Pression
ICPE	Installation Classé pour la protection de l'environnement
INRS	Institut national de recherche et de sécurité
ISO	International Organization for standardization Organisation internationale de normalisation
K	Facteur de confiance
K0	Facteur de confiance fonction de criticité
L	Langueur
LCV	Level Control Valve
LSHH	Level Switch High High
MFD	ManiFolD
NDT	Non destructive testing
P	Probabilité
PFD	Probabilité de Défaillance A la Sollicitation
PHAST	Process Hazard Analysis Software Tool
PhD	Phénomène Dangereux
PSHH	Pressure Switch High High

PSLL	Pressure Switch low Low
PSV	Pressure Safety Valve
RBI	Risk Based Inspection
RL	Durée de vie résiduelle
S	Superficie
SADT	Structured Analysis and Design Technique
SD	Situation Dangereuse
SDV	Shut Down Valve
SEI	Seuil des effets irréversibles
SEL	Seuil des premiers effets létaux
SELS	Seuil des effets létaux significatifs
SIF:	Safety Instrumented Function
SIL	Safety Integrity Level
SIS	Système Instrumenté de Sécurité
tM	Dernière épaisseur minimale mesurée
TNT	Tri Nitro Toluène
tR	Epaisseur de retrait
V	Volume
VCE	Vapor Cloud Explosion

Annexes

Annexe 1	Décomposition fonctionnelle
Annexe 2	APR Unité de compression (booster 1ère étage)
Annexes 3	APR Unité de compression (booster 2ème étage)
Annexes 4	APR Unité de déshydratation
Annexes 5	APR Unité de gaz lift
Annexes 6	APR Unité de gaz miscible
Annexes 7	Unité de stabilisation
Annexes 8	Echelle de cotation APR
Annexes 9	Grille de criticité
Annexes 10	AMDEC système 51 stabilisation de condensat
Annexes 11	Grille de criticité AMDEC
Annexes 12	HAZOP de l'unité de stabilisation de condensat

Introduction

Introduction

Le vieillissement technique existe depuis que l'homme a développé son premier outil. Avec l'arrivée de 1^{ère} industrielle, les industries se sont multipliées et développées à un rythme effréné. Depuis leur construction, ces industries ont évolué et ont été affectées par le vieillissement, comme par exemple les industries pétrolières, chimiques et nucléaires.

La préoccupation face au vieillissement des équipements a alors pris de l'ampleur. Il n'existe aucune industrie qui soit exemptée de ses effets. Les entreprises ont alors cherché à prolongèrent ou optimiser leurs investissements à moindre coût, Le retour d'expérience montre que le champ El-Gassi El-Agreb (GEA) cas de notre étude, a reconnue plusieurs problèmes relative à ce phénomène.

La présente étude consiste à détailler le travail effectué pour évaluer l'effet de vieillissement sur la sécurité et maitriser les risques peut engendrer.

Le premier chapitre est consacré à la présentation du contexte général, à la problématique, les objectifs et la méthodologie de la présente étude, le seconde chapitre a pour objectif de présenter les notions de base relatives au vieillissement, à la sécurité, ainsi les phénomènes dangereux majeurs et les méthodes d'analyse SADT ,APR , HAZOP, AMDEC, AdE et NÆUD PAPILLON

Le troisième chapitre est consacré à l'application des méthodes d'analyse de risque, pour identifier, le système critique et les scénarios possibles, ainsi de faire une analyse quantitative des phénomènes dangereux résultants de vieillissement. Enfin, nous allons tenter de calculer les conséquences de phénomène dangereux le plus fréquent Tandis que le quatrième chapitre sont consacrés à la modélisation des effets et aux solutions adaptées pour la maîtrise des risques

**Chapitre 01 : Mise en contexte problématique et
méthodologie**

Les industriels manifestent un grand intérêt dans la sécurisation de leurs installations industrielles et ce, dans le but d'éviter tous dommages sur l'homme, les installations et l'environnement que peut générer un matériel dangereux dans un terrain d'exploitation.

Le champ GEA Ex-SONAHCESS qui s'inscrit dans cette politique est le cas de notre étude, aussi ce chapitre traitera dans un premier temps l'accidentologie relative au vieillissement, une présentation de champ et les procédés de traitement.

Dans un deuxième temps ce chapitre abordera la problématique posé par l'entreprise ainsi la méthodologie suivie pour répondre à cette problématique.

1.1 Accidentologie [1]

Le présent chapitre vise à faire une présentation statistique des accidents en lien avec vieillissement recensés au champ GEA installation similaire en Algérie et au monde, Il s'appuie sur la base des accidents enregistrés par la base ARIA du BARPI. [2]

Tableau 1 : Synthèse de l'accidentologie liée aux postes de compression

N°	Date	Accident	Description	causes
10	26/04/2009	Algérie - GEA - Zotti – GCR	Fuite au niveau des lignes de refoulement du compresseur MF2. Conséquences : Impact environnemental	Corrosion
12	03/08/2009	Algérie - GEA - Zotti - Centre Production	Fuite de gaz observée sur le compresseur de fluides miscibles (HP) (150 bar) # 2 zone Conséquences : Impact environnemental ; diminution de la production et de productivité.	corrosion
13	30/11/2009	Algérie - GEA - Zotti - GCR	Fuite dans la vanne By-pass du compresseur 1 (MF) de fluides miscibles durant le démarrage. Conséquences : Impact environmental	Corrosion
14	20/01/2011	Algérie - GEA - El Gassi - Centre Production	Un opérateur détecte une fuite de gaz en haut de la section de refoulement du compresseur 3 Conséquences : Impact environmental	Corrosion

Tableau 2 : Synthèse de l'accidentologie liée aux pompes

N°	Date	Accident	Description	causes
6	27/06/2009	Algérie - GEA - El Agreb - AR6 Centre	Fuite au niveau du joint d'étanchéité de la pompe d'export de l'huile 10-P-050A. Conséquences : Impact environnemental	Corrosion
7	30/09/2011	Algérie - GEA - El Agreb - Wells - AR-22	Fuite de gaz au niveau du régulateur de la pompe d'injection chimique. Conséquences : Impact environnemental	Corrosion

Tableau 3 : Synthèse de l'accidentologie liée aux séparateurs

N°	Date	Accident	Description	causes
1	04/06/2010	Algérie - GEA - El Agreb - West Agreb	Fuite au niveau du transmetteur du séparateur HP à West Agreb (écoulement de 0.1 bbl d'huile et 0.5 bbl d'eau produite à l'extérieur de l'équipement). Conséquences : Impact environnemental	Corrosion
2	08/12/2010	Algérie - GEA - Zotti - Centre Production	Perte de confinement au niveau du collecteur du séparateur triphasique. Conséquences : Impact environnemental ; diminution de la production et de productivité.	Corrosion
3	05/06/2012	Algérie - GEA - El Agreb - AR6	Infiltration d'eau dans le séparateur lors du travail dans un espace confiné.	Corrosion

Tableau 4 : Synthèse de l'accidentologie liée aux canalisations

N°	Date	Accident	Description
1	02/02/2001	Algérie - GEA - El Agreb - AR6 Centre	Une perte de confinement découverte à 17h dans une ligne de tuyauterie 10". Conséquences : Impact environnemental ; diminution de la production et de productivité.
2	03/05/2003	Algérie - GEA - Export/Gathering Pipelines	Endommagement de la tuyauterie de GRP de ARJ1 à AR2 causant une perte importante de l'eau. Conséquences : Dégât matériel
3	21/09/2003	Algérie - GEA - El Gassi - Centre Production	Une perte de confinement dans une portion enterrée de tuyauterie 10" entre les séparateurs BP et les bacs de stockage. Conséquences : Dégât matériel
7	23/05/2004	Algérie - GEA - El Agreb - AR6 Centre	Perte de confinement d'une tuyauterie 4" enterrée et portant l'huile. Conséquences : Impact environnemental, dégât matériel
9	11/08/2004	Algérie - GEA - El Agreb - Wells - AR-32	Détérioration excessive de la tuyauterie de production adjacente à manifold de production à bouteur. Conséquences : dégât matériel
10	18/10/2004	Algérie - GEA - El Agreb - AR6 Centre	Perte de confinement de l'huile brute au niveau de l'ancienne tuyauterie 10" de l'installation AR-06 à celle à El Gassi. Conséquences : Impact environmental
11	23/01/2006	Algérie - GEA - Export/Gathering Pipelines - Oil Export Pipeline - GEA to HMD	Fuite au niveau de tuyauterie 10" d'export à PK34. Conséquences : Impact sur l'environnement et la réputation
12	13/04/2007	Algérie - GEA - El Agreb - West Agreb	Perte de confinement suite à une fuite au niveau de tuyauterie 18" à West Agreb. Conséquences : Impact environnemental
13	22/04/2007	Algérie - GEA - El Gassi - Centre Production	Perte de confinement au niveau de tuyauterie d'huile 10" dans l'installation GS1C près des anciens séparateurs BP.

N°	Date	Accident	Description
			Conséquences : Dégât materiel.
15	13/03/2011	Algérie - GEA - El Gassi - Manifolds	Fuite de gaz au niveau de la ligne de collecte centre GS-01. Conséquences : Impact environnemental

Tableau 5 : Synthèse de l'accidentologie liée aux tubages

N°	Date	Accident	Description
3	23/10/2006	Algérie - GEA - Export/Gathering Pipelines - Inter-Field Gathering Lines	Rupture d'une ligne 2" de gaz lift par pelleteuse. Conséquences : Blessure du personnel
4	17/11/2006	Algérie - GEA - Export/Gathering Pipelines - Inter-Field Gathering Lines	Fuite de gaz détectée par l'équipe de travaux à la ligne 8" de gaz lift à Zotti. Conséquences : Impact environnemental.
5	12/04/2007	Algérie - GEA - El Gassi - Centre Production	Perte de confinement d'huile causée par la rupture du joint d'étanchéité au niveau des brides 6" lors de travaux sur la ligne d'export de l'huile brut. Conséquences : Impact environnemental.
6	31/01/2011	Algérie - GEA - El Gassi - Wells - GS-50	Détection de fuite au niveau de tubage enroulé à joint tournant durant les opérations d'intervention du tubage au puits GS-50. Conséquences : Impact environmental.

Tableau 6 : Synthèse de l'accidentologie liée aux bacs de stockage

N°	Date	Accident	Description
2	03/02/2001	Algérie - GEA - El Gassi - Centre Production	Rupture du réservoir du brut Tank N.4 causée par la sur pressurisation. Conséquences : dégât matériel Et perte de gaz.
5	13/09/2012	Algérie - GEA - El Gassi - Wells - GS-55	Perte de confinement de "Durakleen" dissolvant asphaltine a été réalisée à partir des réservoirs de mélange Halliburton à la terre pendant les opérations de pompage. Conséquences : Impact environnemental

Les accidents et incidents survenu dans autre établissement comparable sont décrits dans la figure ci-dessus :

Accident n° :3, Explosion, Raffinage de pétrole, Châteauneuf-les-Martigues

09/11/1992 - 13 - Châteauneuf-les-Martigues – Raffinage de pétrole

Une très violente explosion se produit à 5h20 dans une raffinerie en marche normale. L'explosion ressentie jusqu'à 30 km est suivie de plusieurs autres. Le POI est déclenché à 5h45 et les secours extérieurs arrivent. Le plan rouge est activé à 6h15 ; 250 pompiers de 3 sites industriels et 4 villes proches sont mobilisées. Le feu qui reprend à 9h50, sera finalement maîtrisé à 13h30. Un bilan très lourd est à déplorer : 6 morts et 7 blessés dont 1 grave parmi le personnel et 2 blessés parmi les pompiers.

Le site est dévasté sur 2 ha et des vitres sont brisées à l'extérieur dans un rayon de 1 000 m (bris à 8 km). Il n'y a pas d'impact relevé sur le milieu : eaux d'extinction collectées dans 2 rétentions couvrant 33 000 m³, mise en place immédiate de barrages flottants. Une enquête judiciaire est effectuée.

Selon les éléments disponibles, **une fuite de gaz serait intervenue sur une tuyauterie de 8 pouces** du gaz plant (tour de traitement des gaz sous 10 bars, associés au craqueur). Le nuage à l'origine de l'explosion (VCE) a été évalué à 5 t d'un mélange de différents gaz (butane, propane) et de naphtas légers. **Par effet domino, le dépropaniser explosera à son tour (boule de feu)** et 6 foyers d'incendie seront dénombrés, dont l'un sur un bac situé à 200 m. Pour maîtriser les 5 000 m² en feu, 140 m³ d'émulseur seront utilisés. Les dommages sont évalués à plus de 2 500 MF. **La salle de contrôle de l'unité est détruite (3 opérateurs tués)**. Une grue utilisée dans une unité en construction s'est écroulée lors du sinistre. Le site redémarrera ses activités en 1994. 9 ans après, l'exploitant indique avoir investi 192 M Euros dont le quart pour la sécurité du site. La salle de contrôle a été remplacée par une construction de type bunker, les détecteurs de gaz ont été multipliés, le programme de contrôle des canalisations renforcé.

Accident n° :5, Renversement d'un camion-citerne de GPL dans un rondpoint, Nieul sur Mer, France

Renversement d'un camion-citerne de GPL dans un rond-point, Nieul sur Mer, France
Un camion-citerne de 8 000 l de GPL à moitié rempli se renverse dans un rond-point. Les pompiers mettent en place un périmètre de sécurité de 100 m et installent des rideaux d'eau sous le vent. La gendarmerie coupe la circulation. Après relevage du camion, une légère fuite est découverte au niveau du manomètre. Le camion est dépoté à 400 m du sinistre et est transporté dans une zone industrielle.

Accident n° :6, Fuite de gaz massive Norvège, NC, Extraction d'hydrocarbures

Fuite de gaz massive entraînant l'arrêt de la production 19/01/2006-NORVEGE-NC Extraction d'hydrocarbures.

Dans la nuit, une fuite de gaz massive selon des experts entraîne l'arrêt de la production d'hydrocarbures d'une plate-forme pétrolière. Consécutivement à une alerte des détecteurs de fumée et de gaz peu après minuit, la fermeture momentanée de la plate-forme entraîne une perte de production quotidienne de 35.000 barils et de 5 millions de mètres cubes de gaz naturel. La production reprendra quand la direction le jugera raisonnable. Le groupe effectue une enquête pour déterminer l'origine du sinistre. Cette importante fuite pouvant entraîner, une explosion meurtrière, en cas d'ignition du gaz, 17 des 91 personnes travaillant à bord sont évacuées par hélicoptère vers une autre plate-forme. Selon des responsables de la plate-forme, un trou de 50 à 60 cm de diamètre se serait formé dans un conduit d'évacuation du gaz. Le vent soufflant ce jour-là a favorisé la dispersion du gaz et réduit les risques d'explosion.

Accident n° :8, Incendie, Explosion suite à une fuite de GNL, Cleveland0, Ohio

Incendie, Explosion suite à une fuite de GNL, Cleveland0, Ohio,

Le pire accident de l'industrie du GNL a eu lieu dans un terminal d'écêtement de la demande de pointe à Cleveland, en 1944.

C'est le seul accident qui a eu des répercussions sur la population. À cause des pénuries pendant la guerre, un réservoir de GNL a été fabriqué avec un acier contenant moins de nickel que nécessaire pour prévenir la fragilisation à basse température.

Peu après que le réservoir ait été rempli avec du GNL, le métal s'est fissuré, ce qui a provoqué une fuite de GNL.

Parce que le système de rétention secondaire était de capacité insuffisante, le GNL et les vapeurs de gaz naturel ont migré dans un égout pluvial et se sont enflammés.

Étant donné que le gaz naturel était confinée dans les égouts, **une explosion provoquée par une montée de pression a tué 128 personnes et blessé de nombreuses personnes qui habitaient à proximité.**

La conception des nouveaux réservoirs et les normes de sécurité préviennent aujourd'hui ce type de situation et aucun incident semblable ne s'est produit au cours des 60 dernières années.

Accident n° :11, 1 Mort et 1 gravement blessé suite à une inflammation de gaz, Cove Point, Maryland

En 1979, un employé a trouvé la mort et un autre a été gravement blessé au terminal méthanier de Cove Point.

Une fuite de GNL a été provoquée par un joint inadéquat sur une pompe. Cette fuite est passée dans un conduit souterrain pour finir dans une sous-station qui se trouvait à 61 m (200 pi) de distance.

Les vapeurs confinées se sont enflammées et ont provoqué une explosion. Cette sous-station n'avait pas de système de détection de gaz.

Selon les normes actuelles, les installations de GNL doivent avoir un tel système.

Accident n° :12, Explosion retardée ou UVCE d'un nuage de vapeurs d'hydrocarbures à la zone de stockage RTE de Skikda, Algérie

RTE SIKKDA 04 octobre 2005

En Algérie, l'accident le plus récent et le plus spectaculaire concerne la zone de stockage RTE de Skikda du 04 Octobre 2005 "Bacs S106 & S105. Les conséquences ont été les suivantes :

Dommages Pertes humaines :

- Décès du Chef d'équipe électricité le 04 octobre
- Décès du Chef de section électricité le 05 octobre (brûlure au 3ème degré
- 06 blessés pendant l'intervention du 04 oct. (brûlures et contusions)
- 23 blessés légers pendant l'intervention du 05 octobre

Pertes matérielles

- Deux (02) bacs (105 & 106) complètement détruits
- Sept (07) camions d'intervention embrasés (FIR, RTE, CP1K, RA1K)
- Perte d'une quantité importante de brut.
- Pollution

L'accident serait une due à une explosion retardée ou UVCE d'un nuage de vapeurs d'hydrocarbures émanant du bac S 106, et dérivant au raz du sol (de la cuvette), et ignition par les étincelles d'un moteur qui a calé dans la zone.

L'origine de l'accident serait due à des travaux sur un tronçon de 5,8 Km qui a été remplacé à 72 km du terminal le 1er Octobre et OK1 redémarré le 3 octobre dans l'après-midi

- Quand le 34" est arrêté, la vanne d'entrée du terminal est laissée ouverte (surpression)
- Au redémarrage, des poches de vapeurs sont poussées vers le terminal (bacs de stockage) qui se sont déversées sur l'environnement du bac. (Source DNV/SH)

Accident n° :16, Fuite de 15m³ de gazole d'un réservoir enterré, Sommelière

Le 30/06/1993 à Sommelière, une fuite de 15 m³ de gazole se produit dans une station-service à la suite de la détérioration d'une canalisation sur un réservoir enterré. Des travaux de terrassement effectués à proximité sont à l'origine de l'accident. Des hydrocarbures polluent le réseau d'eau potable de la commune dont les 900 habitants sont ravitaillés par les pompiers. Les sols et les eaux souterraines sont dépollués.

Figure 1 : Description des accidents et incidents survenus sur des établissements comparables

1.2 Présentation de l'entreprise [1]

L'entreprise Nationale **Sonatrach** est une compagnie chargée de la recherche, l'exploitation, le transport par canalisation, la transformation et la commercialisation des hydrocarbures et leurs dérivés.

Présenter l'entreprise économique **Sonatrach** conduit à parler de son historique et sa création jusqu'à aujourd'hui.

1.2.1 Historique et création

A l'aube de l'indépendance, l'Algérie s'est donné une âme révolutionnaire à travers le monde. C'est ainsi qu'a été créé la **SONATRACH**, qui est classée 11ème au monde par l'importance de ses activités et ses compétences.

SONATRACH, société nationale de transport et de commercialisation des hydrocarbures, est une entreprise publique économique à caractère industriel et commercial. Elle a été créé en application du décret numéro 63 - 491 du 31 / 12 / 1963 modifié par décret numéro 66 -.296 du 29 / 9 / 1966.

En 1966, ses domaines d'activité ont été élargis pour réaliser la recherche, la production, l'exploitation, le transport, la transformation et la commercialisation des hydrocarbures.

1.2.2 Situation géographique

Les gisements GEA se trouvent dans le Sahara, à environ 700 km au sud-est de la capitale et à 100 km au sud-ouest de la ville de Hassi Messaoud.

Le champ d'El-Gassi regroupe trois champs pétroliers :

- El-Gassi Superficie : 208 Km².
- Zotti Superficie : 77 Km².
- El Agreb Superficie : 126 Km².

Les coordonnées géographiques de la région sont :

- Longitude Est : 5° 30.
- Longitude Nord : 30° 45.
- Altitude : 195 m.

La région d'El-Gassi possède un climat saharien sec dont la pluviométrie est négligeable avec un taux moyen d'Humidité de 28% et des températures moyennes de -5 à 50° c.

EL- Gassi est accessible par :

- Route goudronné à partir de Hassi Messaoud.
- Voie aérienne : piste d'atterrissage bitumée.

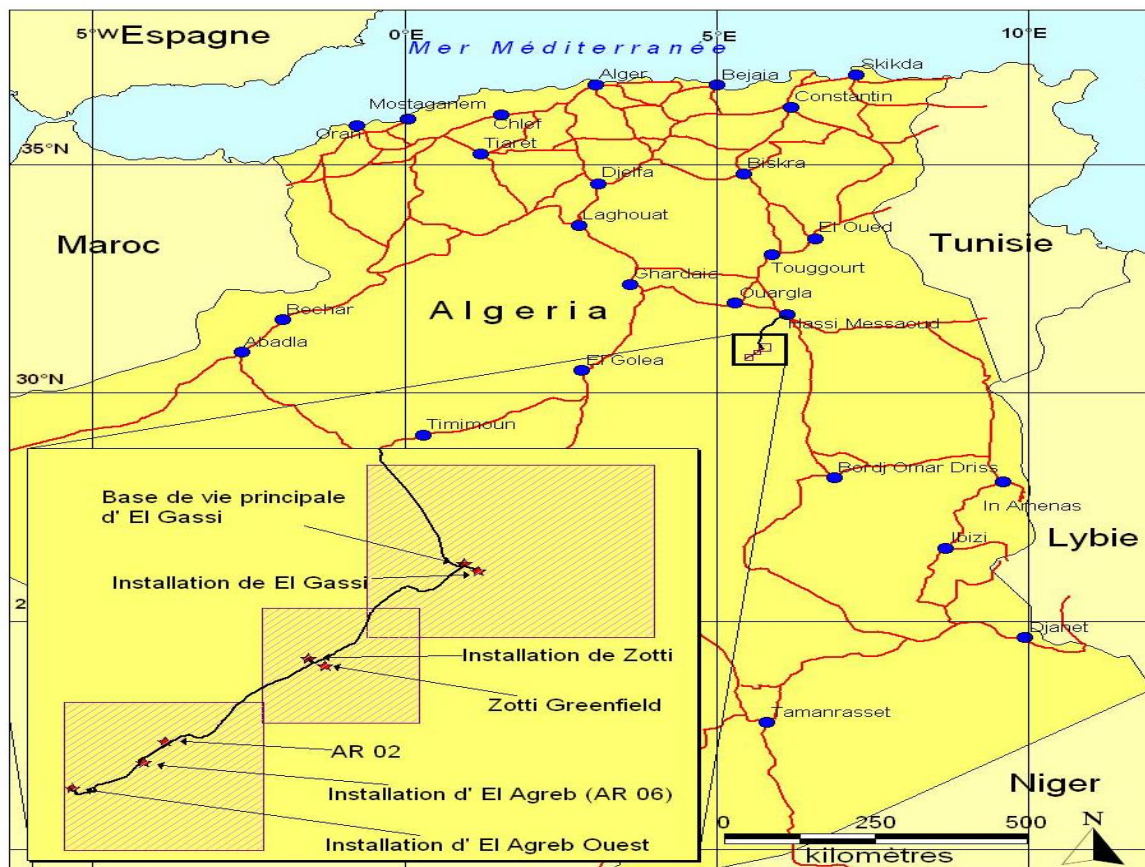


Figure 2 : Localisation du complexe GEA

1.2.3 Volume physique de la production

Depuis sa création en l'an 2000 et entre le 21/10/2000 et le 12/09/2009, le groupement SONAHESSE comptabilise une production de 148.614.151 st.b ce qui nous donne une moyenne de 46200 st.b/jours, et ce grâce au moyens logistiques, technologiques et humains mis en place et l'extension des champs existants (El-Gassi, Zotti et EL-Agreb).

1.2.4 Missions et objectifs de SONATRACH

Confier la lourde tâche de développer toutes les branches de l'industrie pétrolière. L'Algérie tire 95 % de ses recettes de l'exploitation et de la vente des hydrocarbures. Le gaz et le pétrole sont donc la principale source de financement de l'économie et cette réalité ne devrait pas changer avant longtemps.

1.3 Présentation du champ EL GASSI

La région d'EL-GASSI est à vocation pétrolière. Elle est l'une des plus anciennes régions où ont été réalisées des découvertes d'hydrocarbures en 1959.

La région d'EL-GASSI comprend trois (03) champs producteurs de brut (EL-GASSI, ZOTTI et EL-AGREB) où on trouve quatre (04) centres de traitement de brut (West Agreb, AR06, Old Zotti et GS01), centre de réinjection d'eau (AR02) et centre de compression et de réinjection de gaz (New Zotti).

- El-Gassi : Superficie 207KM2, découvert en 1956.
- Zotti : Superficie 77 KM2, découvert en 1959.
- El Agreb : Superficie 126 KM2, découvert en 1963.



Figure 3 : Site principale (base de vie et centre GS-1) de SONATRACH

La région d'El-Gassi est importante en raison de sa part dans la production des hydrocarbures du pays, toutes les quantités d'huile et de gaz produites sont acheminées vers les différents centres de stockage de la région.

Les activités principales de la région sont :

- La production d'huile (GS1, AR06, West Agreb, Zotti).
- L'injection de gaz miscible et gaz lift (ZOTTI).
- Injection d'eau (AR02).

1.4 Processus

En lui attribue la tâche de supervision ainsi que la commande de la production via les systèmes « ESD » et « DCS », selon l'emplacement du service, on trouve les centres de champ EL-GASSI :

1.4.1 Centre GS1

C'est un champ de collecte de la production d'huile de tous le site (GS-1, les ARs et ZOTTI), le brut est transporté via des pipes vers Haoud-EL-Hamra « H.E.H », bien sur le passage par des séparateurs et indispensable pour son traitement puis l'huile est mise dans des bacs à l'attente de l'opération d'expédition.

1.4.2 Centre AR-6

C'est une station de collecte et de séparation d'huile (huile, gaz et eau) par des séparateurs HP ou BP, le brut séparé sera ramené vers le centre GS-1.

1.4.3 Centre West Agreb

C'est une autre unité de séparation du brut qui est ensuite envoyé vers le centre GS-1, le gaz est dirigé vers ZOTTI ou' vers la torche s'il ya besoin de le torcher.

1.4.4 Centre AR-2

Dans l'AR-2, c'est la réinjection d'eau dans le gisement, c'est un champ qui possède des puits producteurs et d'autres injecteurs, utilisant des pompes qui refoulent à une pression moyenne de 200 bars, cette opération permet de maintenir la pression dans le gisement.

1.4.5 Centre Zotti**1.4.5.1 New zotti**

Station de compression et de réinjection du gaz appelé G.C.R, avant d'être injecté comme gaz lift ou directement dans le gisement (gaz miscible), le gaz passe par plusieurs étape ou étage de compression.

Le gaz provenant des champs EL-Agreb a 5 bars entre dans le premier étage de compression et sort avec une pression de 15 bars puis s'additionne au gaz du champs GS-1 qui arrive avec une pression de 15 bars, le tout est compressé dans le deuxième étage du booster pour atteindre une pression de 40 bars.

Ce gaz est injecté dans un premier compresseur, on obtient le gaz lift (pression 150 bars), une partie de ce gaz lift est injecté dans les puits, l'autre partie entre dans un deuxième compresseur pour atteindre une pression de 400 bars et sera injecté dans le gisement.

1.4.5.2 Old Zotti

Unité gaz lift(UGL), avec les électrocompresseurs alternatifs L100 et L200.

1.4.5.3 Service traitement et corrosion :

Leur travail consiste à l'injection des différents produits chimiques favorisant la séparation du brut et diminuant la corrosion, comme ils assurent les analyses, les différents types de mesure telle que la salinité, la TVR, la densité.

1.5 La procédure de compression et réinjection de gaz (new zotti)

Le centre de compression et de réinjection de gaz (New ZOTTI) a été mis en service en Octobre 2008. Il comprenait :

- Unité de compression et de réinjection de gaz
- Unité de déshydratation.
- Unité de stabilisation du condensât
- Unité de production d'électricité.
- Unité d'air instrument et de service.

1.5.1 Unité de compression et de réinjection de gaz

Les trois sous unités de compression (booster, lift et miscible) sont conçues pour augmenter la pression du gaz jusqu'à 400 bars pour être envoyé au gisement.

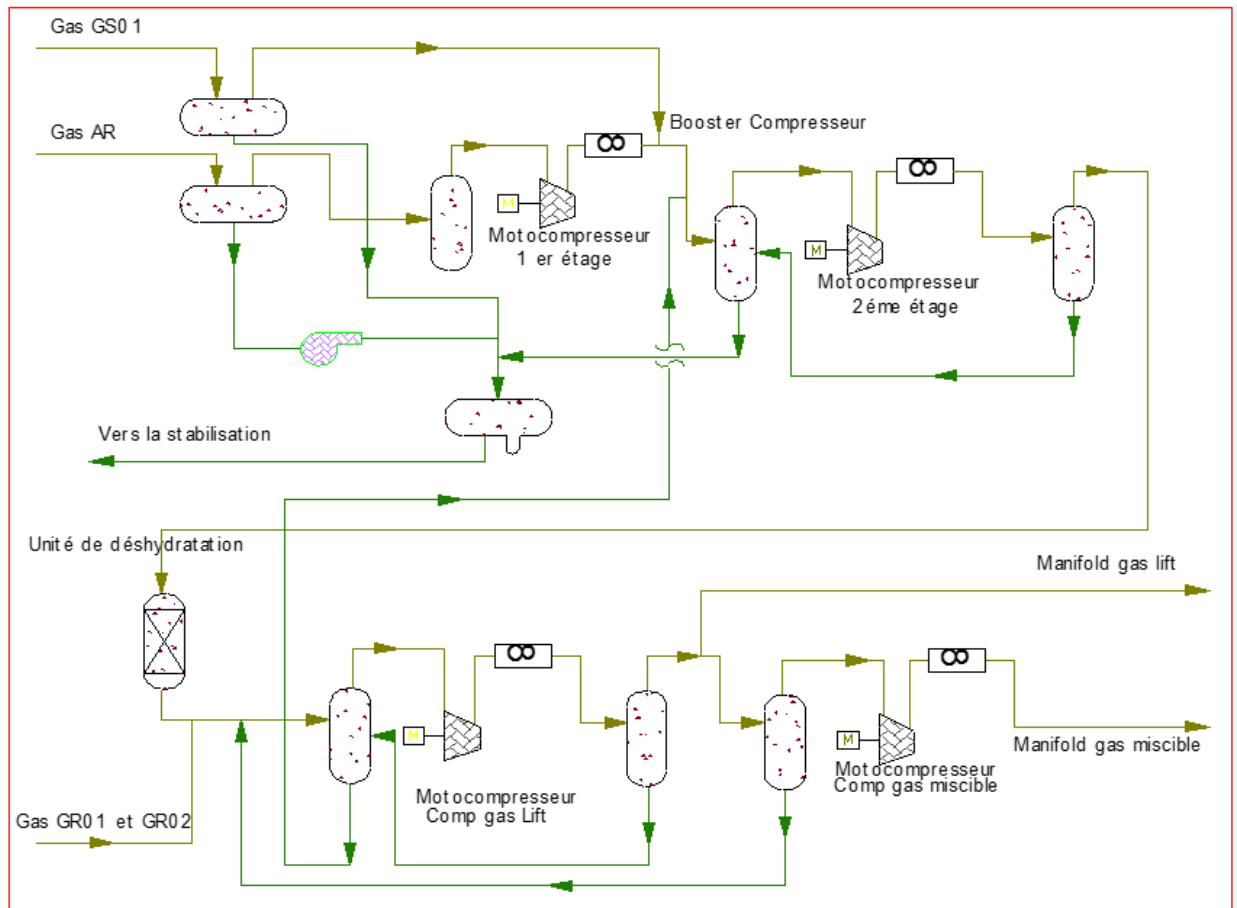


Figure 4 : Opérations des unités de compression de gaz dans le centre new zotti

1.5.1.1 Compresseurs gaz booster

Cette sous unité travaillant à deux étages de 5 bars à 15 bars et de 15 bars à 40 bars. Les gaz venant du centre AR6 et West Agreb (Les AR) alimente les ballons d'aspiration 1^{ère} étage.

1.5.1.2 Compresseurs gaz lift

L'alimentation de cette sous unité est assurée par des compresseurs booster et la ligne de Hassi Messaoud (GR01 et GR02), l'unité est destinée à comprimer le gaz de 40 bars à 150 bars.

Le gaz en sortant des ballons d'aspirations 26-V-101/111/121 après refroidissement dans les aéroréfrigérants 26-X-101/111/121A/B/C est aspiré par les compresseurs centrifuges 26-K-101/111/121 entraîné par des moteurs électriques à vitesse variable, et le refoulé à une pression de 150 bars vers les manifolds du gaz lift et la ligne de l'aspiration des compresseurs de gaz miscible.

1.5.1.3 Compresseurs gaz miscible

L'unité de compression gaz miscible comprime le gaz provenant de la sous unité de compression de gaz lift de 150 bars jusqu'à 400 bars à travers les compresseurs centrifuges 23-K-104/114 entraîné par des moteurs électriques à vitesse variable, la récupération du condensât avant l'aspiration est assuré par les ballons 23-V-108/118 et le refroidissement avant de l'envoyé vers les manifolds du gaz miscible est assuré par les aéroréfrigérants 23-X-114 A/B/C.

1.5.1.4 Unité de déshydratation

Cette unité pour but de sécher le gaz venant de GS01 et les AR après de comprimer à 45 bars par les compresseurs Booster 2ème étage 23-K-102/112/122 pour utiliser comme fuel gaz dans les turbines à gaz et les fours, et pour circuler dans les compresseurs gaz lift qui le comprimer à 150 bars.

Dans cette unité il y a trois déshydrateurs de gaz 25-V-101A/B/C, l'un en période de régénération tandis que les deux autres sont en opération de séchage, le déroulement des différentes vannes lors du passage périodique de séchage et de régénération d'un sécheur à un autre commandé par le système automatique DCS.

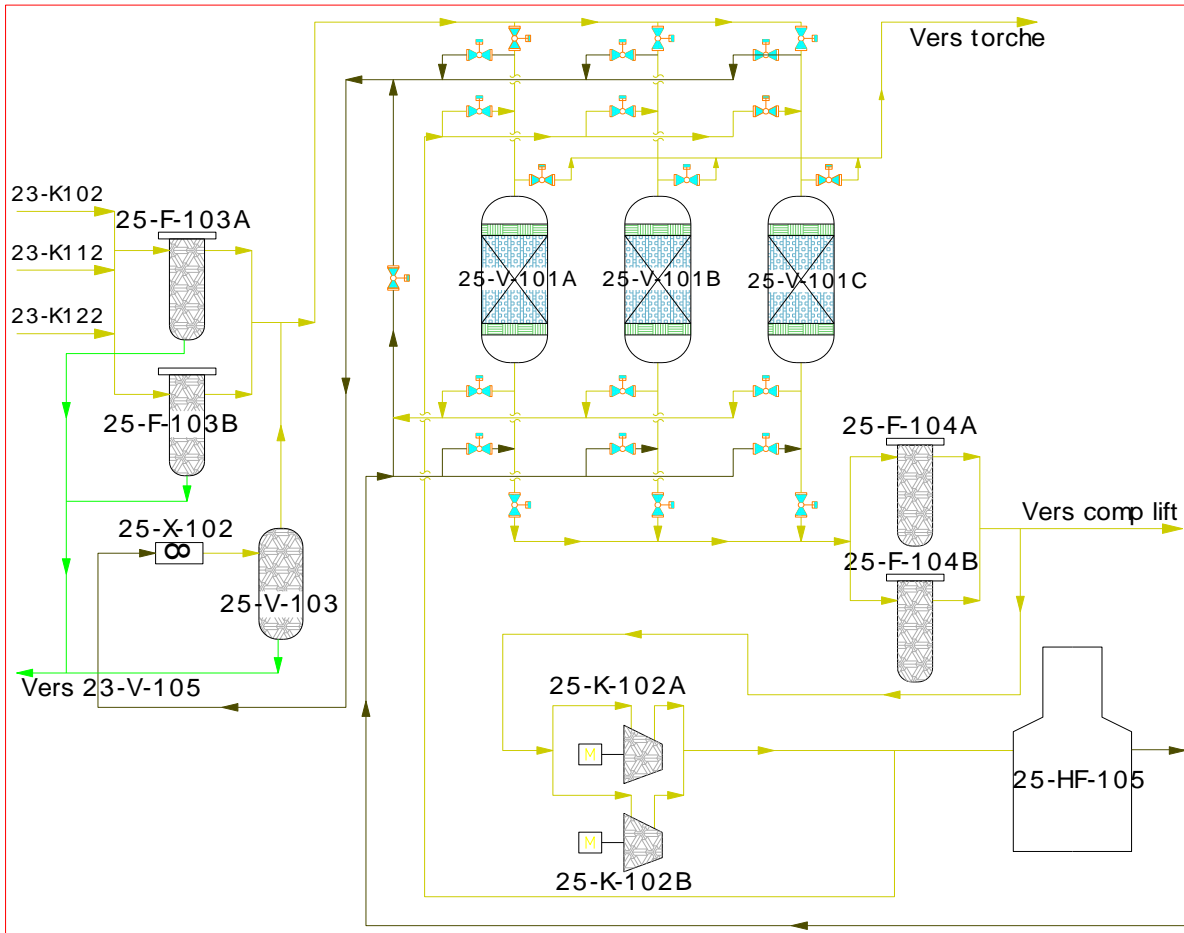


Figure 5 : Des opérations de l'unité de déshydratation

1.5.1.5 Unité de stabilisation du condensât

La stabilisation est une opération qui consiste à éliminer les fractions les plus volatiles (légères) dans le condensât (baisser la tension des vapeurs (TVR)). La stabilisation se fait en portant le condensât à haute température (180°C).

L'installation comprend une colonne de distillation simple 51-V-101 (30 plateaux), le condensât provenant du ballon 23-V-105, à 40 °C environ, est préchauffé jusqu'à 120 °C en traversant une batterie de 2 échangeurs de chaleur 51-X-101A et 51-X-101B de côté calandre, la chaleur nécessaire est fournie par le produit du fond de colonne (condensât stabilisé passant en côté tube), ce préchauffage a pour but d'assurer le fonctionnement de la colonne et d'éviter le choc thermique du four travaillant à une température de l'ordre de 220 °C, la pression est réglée en fonction de la teneur en produit volatils. Le condensât préchauffé entre dans la zone de flache de la colonne (12^{ème} plateau), les hydrocarbures légers sont récupérés au sommet et refroidis en passant par

l'aéroréfrigérants 51-X-103 pour récupérer le GPL au niveau du ballon de reflux 51-V-102, à la marche normale de l'unité, le condensât est aspiré par la pompe 51-P-101 A/B et refoulé vers :

- Une partie vers la réinjection par les pompes 51-P-104A/B.
- L'autre partie est injectée au sommet de la colonne comme reflux Pour maintenir la température du sommet (95°C MAX) et condenser les fractions les plus lourdes comprises dans le gaz montant.

Le gaz du ballon de reflux est envoyé vers les compresseurs Booster 2ème étage. Le rebouillage est réalisé par le rebouilleur 51-HF-102, le condensât est aspiré par la pompe 51-P-102 A/B et refoulé vers le rebouilleur ou il reçoit la chaleur nécessaire pour faire vaporiser les hydrocarbures légers entraînés au fond de la colonne, et y maintenir la température de fonctionnement.

Une partie de condensât stabilisé est envoyée vers le Bac du condensât On spec 51-T-101 et traverse la batterie d'échangeur côté tube pour préchauffer la charge de la colonne de stabilisation 51-V-101. Les condensats On spec stocké puis expédiés par les pompes 51-P-103 A/B vers le pipeline de brut de GS01.

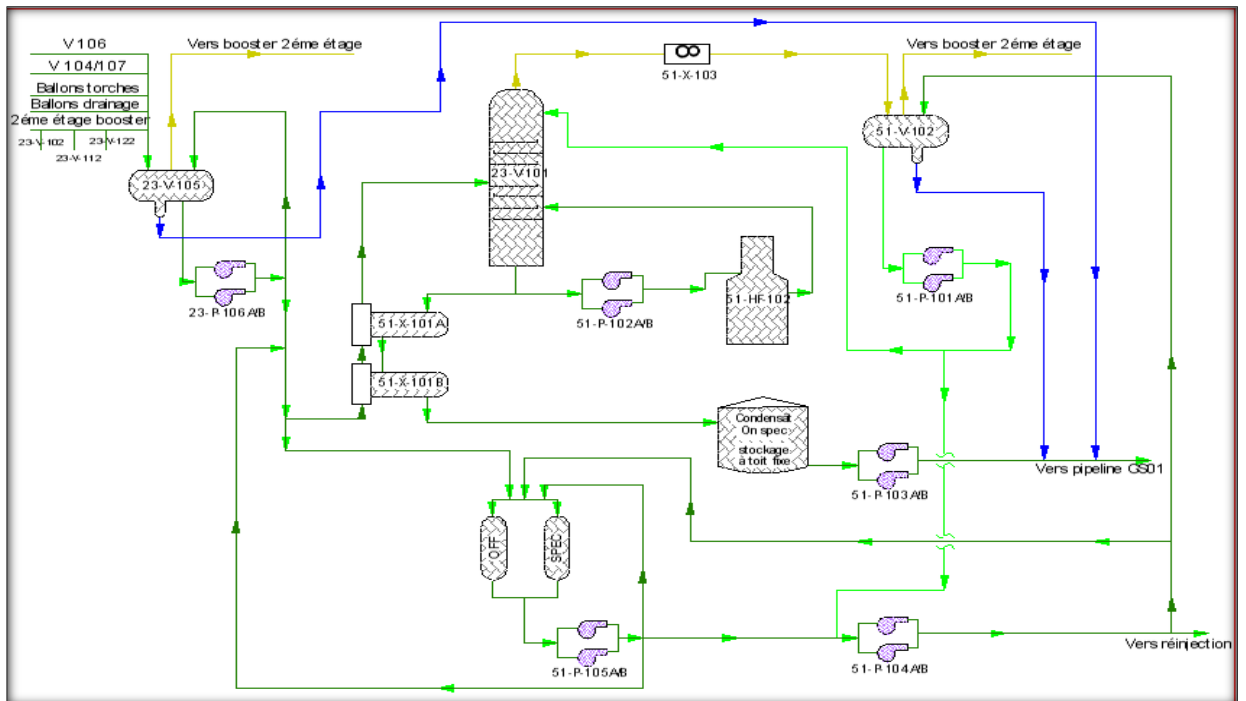


Figure 6 : Opérations de l'unité de stabilisation de condensât

1.5.1.6 Centrale électrique

Dotée de turbines à gaz, elle produit l'électricité pour toute la GEA. La technique du gaz lift, s'agit d'injecter le gaz à haute pression (150 bar) dans les puits injecteurs de gaz pour augmenter la pression en bas du puits.

1.5.2 Moyennes de sécurité dans le centre NEW ZOTTI**1.5.2.1 Salle de contrôle**

- Système de détection d'incendie notifier AM1000

1.5.2.2 Site

- Bac d'eau anti-incendie Capacité 530 m³
- Pompe Jockey (50 m³/h), Pression de diffusion = 9.9 bar
- Electropompe (675 m³/h), Pression de diffusion = 9.9 bar, Drive = 315Kw
- Motopompe diesel (675 m³/h), Pression de diffusion = 9.9 bar
- Lance Monitor
- Hydrant
- Système de contrôle- FGS- Fire and Gaz
- Système d'évacuation générale
- Station Météo

1.5.2.3 Bac de stockage condensat

- (DVS) Système de déluge
- Système d'injection de la mousse (FFS) Foam Field System
- Cuvette autour de bac

1.5.2.4 Compresseurs et pompe de réinjection de condensat

- (DVS) Système de déluge

Et il y a un system de Détection d'extinction par Co2 Incendie pour les groupes électrogènes.

1.6 Problématique et objectif

1.6.1 Problématique

Ces dernières années le vieillissement des installations industrielle est devenu un phénomène très connus pour la plupart des industries ce phénomène peut conduire à la perte de confinement, et plus généralement à toute défaillance pouvant conduire à l'émanation de substances dangereuses à l'extérieur du site. Ces événements peuvent présenter des risques par :

- l'énergie emmagasinée si l'équipement est sous pression,
- le caractère dangereux de la substance, vis-à-vis des personnes ou de l'environnement.

Les risques encourus sont alors principalement liés à un impact sur la population et l'environnement

L'industrie pétrolière se classe parmi les industries les plus dangereuses du fait qu'elle dispose d'installation à haut risque qui représentent un danger potentiel sur leurs terrains d'exploitation et de leur environnement.

Suite à plusieurs accidents relative au vieillissement reconnu au monde et au niveau de champ GEA une question posé ; Sommes-nous suffisamment protégés contre les risques liés au vieillissement au niveau de champ ? Quelle est la démarche et les outils adéquats pour une meilleure maîtrise des risques liés au vieillissement ?

1.6.2 Objectif de l'étude

L'objectif général constitue un outil primordial pour le cadrage du projet. Pour cela nous nous sommes fixés un certain nombre d'objectifs spécifiques à réaliser dans l'ordre chronologique afin d'atteindre l'objectif général qui est de résoudre le problème posé par l'entreprise.

L'objectif général de notre travail est donc : l'établissement d'une démarche adéquate d'analyse des risques relative au vieillissement industriel et la maitrises de ces derniers avec des solutions techniques et organisationnels.

Les objectifs spécifiques sont :

- ✓ Analyse critique de l'étude de danger ;
- ✓ Identification de système a haute risque au niveau de centre NEW ZOTTI ;

- ✓ Identification des équipements critiques peut altérés par le vieillissement et une évaluation quantitative de son effet ;
- ✓ Réduction des risques par des barrières techniques et organisationnels.

1.6.3 Méthodologie [3]

La méthodologie suivit, pour atteindre l'objectif général de cette étude, reprend parfaitement l'enchaînement du processus méthodologique de maîtrise des risques majeurs donné par la norme ISO 31000. Les principales étapes sont :

1.6.3.1 Identification des systèmes critiques

Cette étape définit le système sur lequel portera l'étude. Elle comprend :

- ✓ L'analyse fonctionnelle des systèmes par la méthode SADT qui consiste à un découpage fonctionnel des systèmes en sous-systèmes pour faciliter l'analyse préliminaire des risques.
- ✓ Analyse préliminaire des risques (APR) est une méthode d'usage très général couramment utilisée pour l'identification des risques au stade préliminaire de la conception d'une installation ou d'un projet.

1.6.3.2 Identification et estimation des facteurs de risque

La démarche de maîtrise des risques consiste notamment à choisir les outils les mieux adaptés, aux activités ou au type d'installation, il sert d'utilisée les différents méthodes d'analyse (qualitatifs et/ou quantitatifs) tel que :

- ✓ Analyse des Modes de Défaillance, leurs Effets et leurs Criticité (AMDEC) Identification des risques au niveau du composant et détermination des modes de défaillance susceptibles de se produire pouvant générer un risque majeur ;
- ✓ Hazop : L'HAZOP n'a pas pour but d'observer les modes de défaillances à l'image de l'AMDEC mais plutôt les dérives potentielles des principaux paramètres liés à l'exploitation de l'installation.
- ✓ Arbre d'Évènement (AdE) : définition du type de phénomène qui peut se produire après l'échec ou le succès des barrières de sécurité ;

Ces outils pris individuellement ou combinés permettent le plus souvent de répondre aux objectifs d'une analyse des risques portant sur (procédé, installation, des problématiques particulières et/ou un domaine d'application spécifique).

Chapitre 02 : Mesure sur le vieillissement et sa maîtrise

Ce chapitre présente de quelle façon peut se manifester le vieillissement des installations industrielles ainsi des outils et méthode d'identification et d'évaluation des risques associés à son effet.

2.1 Mesures sur le vieillissement [4]

2.1.1 Définition

Le vieillissement est un processus de dégradations physique ou chimique par lequel les caractéristiques d'un système, structure ou composant se modifient graduellement avec le temps ou l'utilisation. Il se traduit par une altération des performances. Il s'agit d'un phénomène continu et progressif qui dépend d'un grand nombre de facteurs :

- ✓ Les conditions d'environnement.
- ✓ Le temps de fonctionnement,
- ✓ Les propriétés des matériaux,
- ✓ Le régime d'exploitation.

2.1.2 Impact potentiel du vieillissement sur les performances des systèmes

Le vieillissement des installations industrielles peut se traduire de la façon suivante :

2.1.2.1 Modification des performances des systèmes

La dégradation des propriétés des matériaux des circuits primaire et secondaire peut provoquer une révision des exigences de sûreté associées aux systèmes de sauvegarde (par exemple, le changement de la température de la limite de fragilité des équipements).

2.1.2.2 Augmentation de la vulnérabilité aux défaillances de cause commune d'un système

L'impact du vieillissement d'un système dont les composants sont susceptibles de se dégrader en raison du vieillissement est particulièrement significatif si ce système est redondant. En effet, l'âge intervient comme une cause commune.

2.1.2.3 Augmentation de risques de défaillances de cause commune

Le vieillissement de composants équipant plusieurs systèmes peut constituer une défaillance de cause commune à ces systèmes.

2.1.2.4 Modification de la liste des matériels et systèmes importants :

La variation des valeurs des paramètres de fiabilité liées au vieillissement pour les différents types des composants peut contribuer à l'indisponibilité d'un système de sauvegarde (varier avec l'âge des équipements)

2.1.3 Mécanismes de vieillissement ou de dégradation [5]

Processus spécifique qui modifie graduellement les caractéristiques d'un système, structure ou composant avec le temps ou l'utilisation.

Le contrôle de ce vieillissement débute par une compréhension adéquate des mécanismes de dégradation qui sont majoritairement des mécanismes de vieillissement pendant cette période.

On sait aussi que c'est dans cette dernière période que les mécanismes de vieillissement jouent un rôle très important dans l'apparition des défaillances

D'après les résultats des études sur le vieillissement, les mécanismes de vieillissement les plus souvent observés dans le domaine nucléaire sont les suivants :

- ✓ la corrosion
 - Définition :

- Selon Larousse

Dégradation d'un matériau sous l'action du milieu ambiant et par un processus autre que mécanique.

- La norme ISO 8044 définit la corrosion comme suit :[6]

La corrosion est une interaction physico-chimique entre un métal et son environnement entraînant des modifications dans les propriétés du métal et souvent une dégradation fonctionnelle du métal lui-même, de son environnement ou du système technique constitué par les deux facteurs

- Déroulement de corrosion :

La corrosion désigne l'altération d'un matériau par réaction chimique avec un oxydant (le dioxygène et le cation H^+ en majorité). Il faut en exclure les effets purement mécaniques (cela ne concerne pas, par exemple, la rupture sous l'effet de chocs), mais la corrosion peut se combiner avec les effets mécaniques et donner de la corrosion sous contrainte et de la fatigue-corrosion ; de même, elle intervient dans certaines formes d'usure des surfaces dont les causes sont à la fois physicochimiques et mécaniques

- Les facteurs de la corrosion :

Les phénomènes de la corrosion dépendent d'un grand nombre de facteurs et ils peuvent être classés en quatre groupes principaux.

- Facteurs du milieu corrosif (concentration du réactif, teneur en oxygène, Ph du milieu, température, pression).
- Facteurs métallurgiques (composition de l'alliage, procédés d'élaboration, impuretés, traitement thermique, traitement mécanique). Ils concernent le métal (ou alliage) lui-même. C'est sur la composition des alliages, les gammes de transformation et les traitements thermiques que les métallurgistes et les spécialistes en corrosion essaient d'obtenir la meilleure résistance à la corrosion possible
- Facteurs définissant les conditions d'emploi (état de surface, forme des pièces, emploi d'inhibiteur, procédés d'assemblage).
- Facteurs dépendant du temps (vieillissement, tensions mécanique, modification du revêtement protecteur).
 - ✓ l'érosion,
 - ✓ la fatigue,
 - ✓ la fragilisation,
 - ✓ l'usure,
 - ✓ la contraction,
 - ✓ la dégradation chimique et biologique.

Ces mécanismes peuvent apparaître de façon aléatoire ce qui signifie qu'ils peuvent survenir n'importe quand. Ils peuvent aussi apparaître après un certain nombre de sollicitations ou encore en fonction du temps après un certain nombre d'années (vieillissement).

2.1.4 Durée de vie

La durée de vie réelle est malheureusement une notion post mortem. On ne connaît réellement la durée de vie que lorsqu'une défaillance majeure irrémédiable est survenue. Ce cas se rencontre rarement dans la pratique puisque l'on cherche à éviter cette situation et que généralement c'est l'optimisation technico-économique qui décide de la durée de vie.

Dans la maîtrise du vieillissement, on cherche à déterminer la durabilité, qui est l'aptitude d'un bien à accomplir une fonction requise, dans des conditions données d'usage et de maintenance, jusqu'à ce qu'un état limite soit atteint. Cet état limite peut être caractérisé par la fin de sa vie utile, par son inadaptation pour des raisons techniques et économiques ou pour d'autres raisons pertinentes.

Outre la durée de vie réelle post mortem, période qui va de la fabrication à la réforme, on peut distinguer plusieurs durées de vie :

2.1.4.1 Durée de vie nominale ou durée de vie prévue à la conception

Qui est la période pendant laquelle il est prévu qu'un système, structure ou composant fonctionnera dans les limites d'acceptabilité.

2.1.4.2 Durée de vie résiduelle ou durée de vie restante :

Période qui va d'un moment déterminé jusqu'à la réforme d'un système, structure ou composant.

2.1.4.3 Durée de vie technologique :

A cause de l'obsolescence des composants, il n'est plus possible de maintenir l'installation, de remplacer des équipements ; on parle alors de vieillissement technologique.

2.1.4.4 Durée de vie réglementaire :

Qui correspondrait au moment où une autorité administrative interdirait la poursuite de l'exploitation, cette durée de vie est fonction de l'état technique, des conditions d'exploitation-maintenance, et du référentiel de sûreté/sécurité.

2.1.4.5 Durée de vie technico-économique :

Au-delà d'un certain seuil, les investissements complémentaires nécessaires peuvent ne plus pouvoir être amortis dans le futur, ou le risque industriel peut être trop important ; c'est généralement ce critère qui décidera de l'arrêt ou de la fin de vie d'une installation ou de ses matériels.

2.1.4.6 Durée de vie politique

Une décision politique pourrait demander l'arrêt de l'exploitation.

2.2 Maîtrise du vieillissement [5]

La maîtrise de vieillissement d'une installation industrielle consiste à identifier les principaux vecteurs de vieillissement, de les détecter, de les évaluer et les hiérarchiser et de prendre les mesures nécessaires afin de les atténuer ou de les différer voire les supprimer.

Un certain nombre de termes et de définitions des termes intervenant dans la maîtrise du vieillissement sont repris ci-dessous,

2.2.1 Gestion du vieillissement

Mesures d'ordre technique, d'exploitation ou de maintenance, visant à maintenir, dans les limites acceptables la dégradation par vieillissement.

2.2.2 Inspection en service

Examen ou contrôle de l'intégrité d'un système, structure ou composant pendant l'exploitation ou l'arrêt.

2.2.3 Maintenance

Ensemble des actions directes ou indirectes qui permettent de déceler, d'éviter ou d'atténuer la dégradation d'un système, structure ou composant en fonctionnement ou de rétablir à un niveau acceptable l'aptitude d'un système, structure ou composant défaillant à remplir les fonctions nominales.

2.2.4 Critères d'acceptabilité

Limite spécifique d'un indicateur fonctionnel ou d'état, utilisée pour évaluer l'aptitude d'un système, structure ou composant à remplir la fonction pour laquelle il est conçu.

2.2.5 Conditions de service

Ce sont les conditions réelles qui ont un impact sur le système, la structure ou le composant (conditions normales, transitoires d'exploitation erreurs, conditions accidentelles).

2.2.6 Défaillance

Inaptitude ou interruption de l'aptitude d'un système, structure ou composant à fonctionner dans les limites des critères d'acceptabilité.

2.2.7 Dégradation

Détérioration immédiate ou graduelle d'un système, structure ou composant qui pourrait altérer son aptitude à fonctionner dans les limites d'acceptabilité ; si elle est progressive, alors il y a vieillissement ; elle est engendrée par les conditions de service.

2.2.8 Mécanismes de vieillissement ou de dégradation

Processus spécifique qui modifie graduellement les caractéristiques d'un système, structure ou composant avec le temps ou l'utilisation.

2.2.9 Effet du vieillissement

Modifications nettes des caractéristiques d'un système, structure ou composant qui se produisent avec le temps ou l'utilisation et qui sont dues aux mécanismes de vieillissement

La maîtrise du vieillissement d'une installation industrielle nécessite de :

- ✓ Identifier, détecter, évaluer et hiérarchiser les principaux vecteurs de vieillissement,
- ✓ Prendre les mesures nécessaires afin de les atténuer, les différer ou les supprimer.
- ✓ Distinguer les matériels qui suivent des programmes de maintenance préventive, afin de maintenir un taux de défaillance sensiblement constant.

Ces matériels font l'objet d'une approche dite fiabiliste du vieillissement. Leur taux de défaillance évolue généralement suivant le classique « courbe en baignoire ».

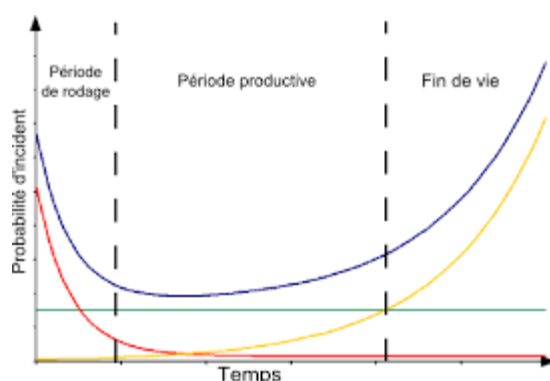


Figure 7 : Courbe en baignoire d'un équipement

Les matériels qui vont vieillir naturellement et se dégrader plus au moins rapidement en fonction du phénomène physique dominant qui les affecte. Ils sont inspectés ou surveillés régulièrement. Ces matériels font l'objet d'une approche dite physique du vieillissement caractérisée par l'évolution de leur état de dégradation.

La maîtrise du vieillissement repose sur une démarche comprenant trois grandes phases :

➤ **Phase 1** : identification des composants critiques pour lesquels une étude de vieillissement est nécessaire, Cette identification des composants importants doit reposer à la fois sur l'expertise et le retour d'expérience et sur les études de sûreté /sécurité.

➤ **Phase 2** : évaluation du vieillissement pour ces composants importants, en 2 étapes :

- Le recueil des informations nécessaires dans un dossier équipement : Ce dossier équipement doit comprendre les données de conception, les données de matériaux et de leurs propriétés, les conditions d'exploitation, les conditions extérieures, les objectifs de sûreté de fonctionnement alloués au composant, l'historique de maintenance et de surveillance et d'inspection, les données de retours d'expérience sur des matériels analogues / similaires,

- La compréhension du vieillissement et son évolution : L'objectif est de déterminer le mécanisme de dégradation responsable, mais aussi les facteurs d'influences. Cette analyse n'est pas toujours facile à mener par manque d'information (incomplète et/ou indisponible).

➤ **Phase 3** : mise en œuvre de parades adéquates pour la maîtrise du vieillissement tels que :

- L'inspection (qui peut être visuelle ou qui peut consister en des contrôles non destructifs ou des opérations de ré-épreuve...);

- Surveillance en ligne, généralement fondée sur le suivi d'un paramètre physique caractéristique du vieillissement (suivi du pH, de la pression, etc...);

- La surveillance des indicateurs de fiabilité : une évolution défavorable de ces indicateurs peut indiquer un vieillissement.

Ces démarches doivent pouvoir détecter, à temps, une dégradation afin que l'on puisse intervenir avant qu'elle ne dégénère en perte de fonction.

Elles doivent être suffisamment fiables, précises et efficaces. Selon les résultats des contrôles, on sera amené à statuer sur le maintien de l'équipement (il peut rester en toute sécurité pour une durée fixée) ou des opérations seront nécessaires (le remplacement de l'équipement ou la rénovation /réparation de l'équipement ou le changement des conditions d'exploitation).

2.3 Objectifs de la maîtrise du vieillissement

La maîtrise du vieillissement répond à deux objectifs :

2.3.1 Objectif de sécurité

Le contrôle du vieillissement doit permettre de prévenir les accidents pouvant impacter les personnes ou l'environnement en évitant les pertes de confinement sur les équipements dangereux et en garantissant la fiabilité des équipements importants pour la sécurité (dispositifs de sécurité, systèmes instrumentés de sécurité...);

2.3.2 Objectif économique

L'indisponibilité d'un équipement peut conduire à des pertes d'exploitation importantes. Des opérations de maintenance, incluant des inspections périodiques, doivent prévenir ces arrêts. Cependant, une optimisation de ces opérations de maintenance est nécessaire, car elles représentent également un coût

2.4 Méthodes et outils d'analyse

La démarche de maîtrise des risques consiste notamment à choisir des outils les mieux adaptés, aux activités ou au type d'installation, il sert d'utilisée les différents méthodes d'analyse (qualitatifs et/ou quantitatifs) permettent le plus souvent de répondre aux objectifs d'une analyse des risques.

2.4.1 Approche déductive/inductive

Il existe deux grands types de démarches en vue d'analyser les risques (la démarche inductive et la démarche déductive).

Dans une approche inductive, une défaillance ou une combinaison de défaillances est à l'origine de l'analyse. Il s'agit alors d'identifier les conséquences de cette ou ces défaillances sur le système ou son environnement. On dit généralement que l'on part

décauses pour identifier les effets. Les principales méthodes inductives utilisées dans le domaine des risques accidentels sont : l'APR, l'AMDEC, l'HAZOP, l'ADE.

A l'inverse, dans une approche déductive, le système est supposé défaillant et l'analyse porte sur l'identification des causes susceptibles de conduire à cet état. On part alors des effets pour remonter aux causes. L'arbre des défaillances constitue une des principales méthodes déductives.

2.4.2 Défaillance indépendante ou combiné

La plupart des méthodes inductives (APR, AMDEC, HAZOP...) présentées dans ce document considère généralement des défaillances simples et indépendantes d'un élément ou composant du système.

Il s'agit d'une hypothèse qui permet de simplifier une démarche souvent complexe d'identification des sources de dangers potentielles. Elle correspond à une image biaisée de la réalité dans la mesure où l'analyse d'accidents met en lumière que les sinistres surviennent généralement suite aux défaillances combinées de plusieurs composants ou équipements. (ADE, Nœud Papillon, QRA).

2.4.3 Domaine d'application

Les outils d'analyse des risques doivent être choisis en fonction des caractéristiques des installations à étudier et du niveau de détail rechercher.

Ainsi, il est possible de différencier les méthodes telles que l'APR réservée à une analyse «en surface » des risques ou à des installations peu complexes et les méthodes dédiées à une analyse plus détaillée et généralement centrée sur des sous-systèmes bien définis comme l'AMDEC par exemple.

Bien entendu, le domaine d'application et le niveau de détail sont également fonction des compétences et de l'expérience des personnes qui mèneront ce travail. En d'autres termes, certains outils peuvent être adaptés afin d'être utilisés dans un domaine d'application sensiblement différent de leur domaine d'origine.

Ces différentes informations sont synthétisées dans le tableau suivant, pour les principales méthodes d'analyse des risques dans le domaine des risques accidentels.

Tableau 7 : synthèse des différentes méthodes utilisées

Méthodes	Approche	Défaillances Envisagées	Niveau de débit	Domaines d’application privilégiés
APR	Inductive	Indépendantes	+	Installations les moins complexes Etape préliminaire d’analyse
HAZOP	Inductive	Indépendantes	++	Systèmes thermo hydrauliques
AMDEC	Inductive	Indépendantes	++	Sous-ensembles techniques bien délimités
Arbre d’évènements	Inductive	Combinées	+++	Défaillances préalablement Identifiées
Nœud papillon	Inductive/déductive	Combinées	+++	Approche probabiliste

2.4.4 Avantages généraux des méthodes d’analyse des risques

2.4.4.1 Identification systématique des composantes du risque

Les différentes situations dangereuses, évènements redoutés, causes, conséquences, ou accidents potentiels ; tous ces éléments sont identifiés d’une manière méthodologique et présentés dans une forme tabulaire à l’image de l’APR et l’AMDEC, ou arborescente à l’image de l’Arbre de Défaillances ou d’Evènements.

2.4.4.2 Communication des risques [7]

La communication des risques englobe l’échange et le partage d’informations concernant les risques entre le décideur et d’autres parties prenantes. Les informations peuvent concerner l’existence, la nature, la forme, la probabilité, la gravité, l’acceptabilité, le traitement, ou d’autres aspects du risque (ISO/CEI Guide 73, 2002). L’analyse de risque représente un support très efficace d’étude et de communication des risques.

2.4.4.3 Complémentarité

Les méthodes d'analyse de risque sont complémentaires. On peut même interconnecter les résultats (sorties) des unes aux données (entrées) des autres à l'image du nœud papillon. Par exemple, l'APR peut être complétée par une AMDEC ou une étude HAZOP, en faisant porter l'étude cette fois-ci sur les éléments importants pour la sécurité (parties critiques) du système. Ensuite on peut procéder à des études encore plus fines des événements critiques par Arbre de Défaillances ou d'Événement ou des deux à la fois à travers un modèle en nœud papillon.

Critères de choix d'une méthode d'analyse de risque Nous avons retenu l'essentiel des critères pesant dans la mise en œuvre d'une méthode plutôt qu'une autre dans l'étude d'un système donné :

- Domaine de l'étude.
- Stade de l'étude (spécification, conception, ..., démantèlement).
- Perception du risque dans ce domaine.
- Culture de la Sûreté de Fonctionnement de l'organisation.
- Caractéristiques du problème à analyser.
- Niveau envisagé de la démonstration de la sécurité.
- Savoir-faire des intervenants.
- Nature des informations disponibles (spécifications du système et de ses interfaces, contraintes, etc.).
- Retour d'expérience et base de données disponibles.
- Moyens humains, logistiques et autres.
- Délais et autres contraintes de management de projet.

L'utilisation séparée d'une seule méthode d'analyse de risque peut ne pas apporter une démonstration définitive de la réalisation des objectifs de sécurité. En effet, il est nécessaire de combiner plusieurs méthodes pour une meilleure complétude et une bonne cohérence en termes de résultats.

2.4.5 Notion sur les méthodes

Dans cette étape, nous allons mettre en avant les outils d'analyse utilisés dans étude ainsi que l'explication du processus de maîtrise des risques suivie

2.4.5.1 Analyse Fonctionnelle par la méthode SADT [8]

- ✓ Définition d'après NF X 50-150

L'analyse fonctionnelle des systèmes permet de décrire un système par les fonctions qu'il doit remplir, assurer mais aussi subir (contraintes). L'analyse fonctionnelle est l'outil indispensable à la détermination du besoin utilisateur.

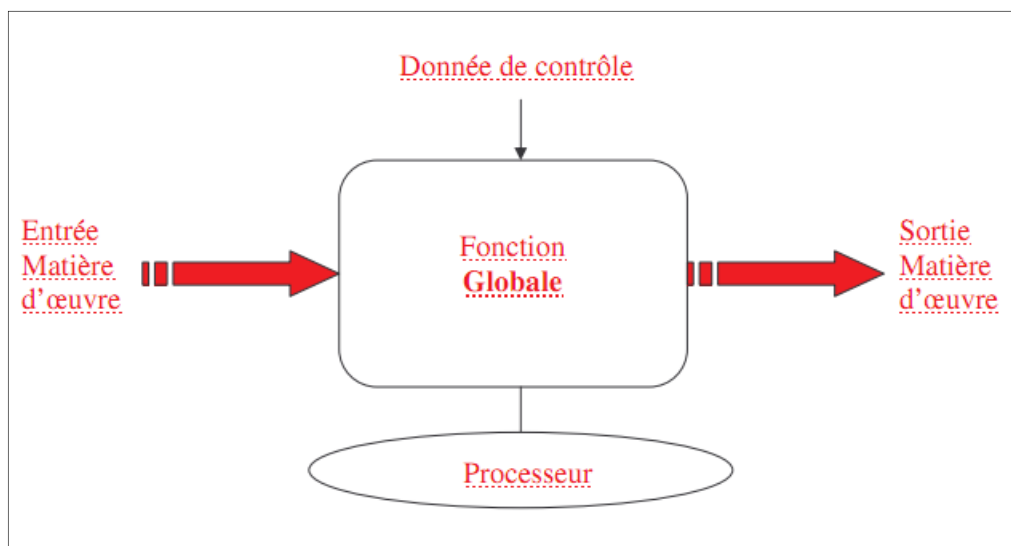


Figure 8 : SADT

- ✓ Principe :

La méthode SADT est une méthode graphique qui part du général pour aller au particulier. Elle permet de décrire des systèmes complexes où coexistent différents flux de matières d'œuvre (produits, énergies et informations).

Elle s'appuie sur la mise en relation de ces différents flux avec les fonctions que remplit le système, d'une part, et de chacune des fonctions avec les éléments qui la supportent, d'autre part.

Chacune de ces fonctions, est représentée par un "actigramme" précisant l'action qui modifie une matière d'œuvre en lui apportant une valeur ajoutée.

- Construction d'un modèle ou représentation d'un problème.
- Analyse de manière descendante, modulaire, hiérarchique et structurée.
- Différenciation entre le modèle fonctionnel et le matériel remplissant les fonctions.

- Modélise à la fois des choses (objets, documents, ...) et des événements (activités).
- SADT est graphique.
- Favorise le travail d'équipe.
- SADT exige la mise en forme par écrit.
- ✓ Processus d'élaboration
 - Faire les diagrammes d'activité et de données du système.
 - Établir les références croisées entre ces diagrammes.
 - Compléter si nécessaire les diagrammes.
 - Indiquer le séquençement possible des activités.
 - Identifier les mécanismes qui peuvent réaliser les fonctions qui permettront de passer à la phase de conception.

2.4.5.2 Analyse Préliminaire des Risques APR [9]

✓ Définition

L'analyse Préliminaire de Risque (Danger) a été développée au début des années 1960 dans les domaines aéronautique et militaire.

Selon la norme CEI-300-3-9 (CEI 300-3-9, 1995) : « L'APR est une technique d'identification et d'analyse de la fréquence du danger qui peut être utilisée lors des phases amont de la conception pour identifier les dangers et évaluer leur criticité ».

✓ Objectif

Le but consiste à identifier les entités dangereuses d'un système, puis à regarder pour chacune d'elles comment elles pourraient générer un incident ou un accident plus ou moins grave suite à une séquence d'événements causant une situation dangereuse.

Pour identifier les entités et les situations dangereuses susceptibles d'en découler, l'analyste est aidé par des listes de contrôles (check-lists) d'entités dangereuses, de situations dangereuses et d'événements redoutés.

Ces check-lists sont spécifiques au domaine d'étude concerné. Comme son nom l'indique, cette méthode n'est pas destinée à traiter en détail la matérialisation des scénarios d'accident, mais plutôt à mettre rapidement en évidence les gros problèmes susceptibles d'être rencontrés pendant l'exploitation du système étudié.

Cependant, l'APR peut aussi et même doit être complétée par la plupart des analyses de risques fonctionnelles telles que l'AMDEC ou l'Arbre de Défaillances.

- ✓ Domaine d'application :
 - Transport
 - Aéronautique
 - Spatial
 - Installations chimiques et pétrochimiques
 - Site industriel (installations)
- ✓ Déroulement de la méthode :
 - Identification des risques du système (Tableaux d'APR Fonctions / APR Éléments).
 - Retour d'expérience sur des systèmes analogues.
 - Utilisation de check-lists types ou listes guides d'éléments et situations dangereuses.
 - Première analyse de mission.
 - Données techniques du système étudié.
 - Description des environnements (naturel ou induit par le système).
 - Détermination de la gravité des conséquences (et éventuellement de la probabilité).
 - Synthèse des APR et définition des mesures en réduction de risques.

Par l'utilisation d'un tableau de synthèse constitue un support pratique pour mener la réflexion et résumer les résultats de l'analyse.

Tableau 8 : Exemple de tableau APR

Système					Fonction :					
SS	Equipements	Evènements redoutés	Causes	Conséquences	P	G	C	Mesures de prévention	Mesures de protection	N° de risque

2.4.5.3 Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets et leurs Criticités (AMDEC)
[10]

✓ Définition

L'AMDEC a été employée pour la première fois dans le domaine de l'industrie aéronautique durant les années 1960. Son utilisation s'est depuis largement répandue à d'autres secteurs industriels. L'AMDEC est l'extension de l'étude AMDE quand il est question d'évaluer la criticité des défaillances.

Selon la norme CEI-300-3-9 (CEI 300-3-9, 1995), l'AMDE est une technique fondamentale d'identification et d'analyse de la fréquence des dangers qui analyse tous les modes de défaillances d'un équipement donné et leurs effets tant sur les autres composants que sur le système lui-même.

✓ Objectif

Cette analyse vise d'abord à identifier l'impact de chaque mode de défaillance des composants d'un système sur ses diverses fonctions et ensuite hiérarchiser ces modes de défaillances en fonction de leur facilité de détection et de traitement.

L'AMDE(C) traite des aspects détaillés pour démontrer la fiabilité et la sécurité d'un système.

Elle contient 3 (4) parties primaires :

- Identification des modes de défaillance.
- Identification des causes potentielles de chaque mode.
- Estimation des effets engendrés.
- S'il s'agit d'une AMDEC : Evaluation de la criticité de ces effets.

L'analyse commence toujours par l'identification des défaillances potentielles des modes opérationnels.

Elle se poursuit, par des inductions afin d'identifier les effets potentiels de ces défaillances (situation dangereuse, événement dangereux et dommages). Une fois les effets potentiels établis, on estime le risque on spécifie les actions de contrôle.

- Identifier pour chaque composant du système étudié les modes de défaillance ayant d'importants effets sur la disponibilité, la fiabilité, la maintenance ou la sécurité de ce système.
 - Evaluer les effets de chacun de ces modes de défaillance sur les différentes fonctions du système ainsi que sur les autres systèmes.
- ✓ Déroulement

L'AMDEC est une technique d'analyse exhaustive et rigoureuse de travail en groupe. Elle comporte cinq étapes : [11]

- Etape 1 : préparer l'étude.
- Etape 2 : réaliser l'analyse fonctionnelle.
- Etape 3 : réaliser l'analyse qualitative des défaillances.
- Etape 4 : évaluer la criticité.
- Etape 5 : définir et suivre un plan d'actions correctives et préventives

Par l'utilisation d'un tableau de synthèse constitue un support pratique pour mener la réflexion et résumer les résultats de l'analyse.

Tableau 9 : Exemple d'un tableau AMDEC

Sous système	Ballon de condensat 23-V-105								
Composant	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effets	P	G	C	Prévention	N° de risque

2.4.5.4 Hazard and Operability Study (HAZOP) [12]

- ✓ Définition

La méthode HAZOP a été développée par la société « Imperial Chemical Industries (ICI) » au début des années 1970. Elle sert à évaluer les dangers potentiels résultants des dysfonctionnements d'origine humaine ou matérielle et aussi les effets engendrés sur le système.

✓ Objectif

L'objectif de cette méthode est d'identifier les phénomènes dangereux qui mènent à des événements dangereux lors d'une déviation des conditions normales de fonctionnement d'un système.

✓ Déroulement

Lorsqu'une déviation est identifiée, l'analyse tente d'identifier les conséquences qui en découlent. Les déviations potentiellement dangereuses sont ensuite hiérarchisées en leur associant des actions de contrôle allouées. La méthode se termine par l'investigation des causes potentielles des déviations jugées crédibles.

De manière générale, les paramètres sur lesquels porte l'analyse sont observables, quantifiables et comparables. Par exemple la vitesse, la température, la pression, le débit, le niveau, le temps, etc.

La combinaison de ces paramètres avec des mots clés prédéfinis (plus que, moins que, pas de, etc.) se fait de la manière suivante :

« Plus de » et « Pression » = « Pression trop haute » / « Pas de » et « Niveau » = « Capacité vide ».

Dans le cas où une estimation de la criticité est nécessaire, HAZOP peut être complétée par une analyse quantitative simplifiée.

La norme CEI 61882 propose des exemples de mots-clés dont l'usage est particulièrement courant. Ces mots-clés sont repris dans le tableau ci-dessous :

✓ Définition des mots-clés (colonne 2) [13]

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

Tableau 10 : Représentation des déviations leur mots clés et leur interprétation (*norme CEI : 61882*)

Type de déviation	Mot-guide	Exemple d'interprétation
Négative	Ne pas faire	Aucune partie de l'intention ni remplie
Modification quantitatif	Plus	Augmentation quantitatif
	Moins	Diminution quantitatif
Modification qualitatif	En plus de	Présence d'impuretés – Exécution simultanée d'une autre opération/étape
	Partie de	Une partie seulement de l'intention est réalisée
Substitution	Inverse	S'applique à l'inversion de l'écoulement dans les canalisations ou à l'inversion des réactions chimiques
	Autre que	Un résultat différent de l'intention originale est obtenu
Temps	Plus tôt	Un événement se produit avant l'heure prévue
	Plus tard	Un événement se produit après l'heure prévue
Ordre séquence	Avant	Un événement se produit trop tôt dans une séquence
	Après	Un événement se produit trop tard dans une séquence

La combinaison des paramètres observés avec les mots clé précédemment définis se fait de la manière suivante :

« Plus de » et « Pression » = « Pression trop haute »,

« Pas de » et « Niveau » = « Capacité vide ».

Dans le cas où une estimation de la criticité serait nécessaire, l'HAZOP peut être complétée par une analyse quantitative simplifiée.

2.4.5.5 Analyse par Arbre d'Evènements ADE (Event Tree Analyses - ETA) [14]

- ✓ Définition

L'analyse par Arbre d'Evènements a été développée au début des années 1970 pour l'évaluation du risque lié aux centrales nucléaires.

C'est une technique d'identification et d'analyse de la fréquence des dangers moyennant un raisonnement inductif pour convertir différents événements initiateurs en conséquences éventuelles relatives au fonctionnement ou à la défaillance des dispositifs techniques/humains/organisationnels de sécurité.

✓ Objectif

À l'inverse de l'analyse par Arbre de Défaillances, l'analyse par Arbre d'Evènements suppose la défaillance d'un composant ou d'une partie du système et s'attache à déterminer les évènements qui en découlent.

✓ Déroulement

L'analyse par Arbre d'Evènements se déroule en plusieurs étapes préliminaires :

- Considération d'un événement initiateur.
- Identification des fonctions de sécurité prévues pour contrôler son évolution.
- Construction de l'arbre.
- Description et exploitation des séquences d'évènements identifiées.

Il serait plus pertinent d'élaborer un Arbre d'Evènements à l'issue d'une première analyse identifiant les accidents potentiels à l'image de l'APR.

Les fonctions de sécurité doivent être assurées par des barrières ayant pour objectif d'empêcher le processus de matérialisation d'un accident provoqué par un événement initiateur.

La construction de l'arbre consiste à envisager soit le bon fonctionnement soit le dysfonctionnement de la première fonction de sécurité en partant de l'événement initiateur.

La suite de la méthode consiste à examiner le développement de chaque branche en considérant systématiquement le fonctionnement ou la défaillance de la fonction de sécurité jusqu'à l'atteinte d'un accident potentiel. La propagation des probabilités d'occurrence des événements initiateurs permet de calculer la probabilité de l'événement redouté.

L'analyse par arbre d'évènements permet d'analyser l'évolution des événements initiateurs jusqu'à la réalisation d'un événement redouté. Elle peut être très efficace pour l'analyse des mécanismes de défense en profondeur.

2.4.5.6 Nœud papillon [15]

Le « Nœud Papillon » est une approche arborescente développée par SHELL. Il permet de considérer une approche probabiliste dans le management du risque.

Le nœud papillon est une connexion d'un Arbre de Défaillances et d'un Arbre d'Evènements, généralement établie lorsqu'il s'agit d'étudier des événements hautement critiques.

Le point central du Nœud Papillon est l' « Événement Redouté Central ». Généralement, ce dernier désigne une perte de confinement ou une perte d'intégrité physique (décomposition). La partie gauche sert à identifier les causes de cette perte de confinement, tandis que la partie droite du nœud s'attache à déterminer les conséquences de cet événement redouté central.

Chaque scénario d'accident est relatif à un événement redouté central et est représenté à travers un chemin possible allant des événements indésirables ou courants jusqu'à l'apparition des effets majeurs.

2.5 Maîtrise des risques

2.5.1 Processus de management du risque [3]

2.5.2 Norme ISO31000 (2009)

La norme ISO 31000 a pour but d'identifier et de gérer les risques. Il s'agit d'un instrument de gestion et d'organisation. Elle cherche à harmoniser les différentes normes déjà existantes ou à venir et les définitions du management du risque. Elle permet aux organismes de toute taille et de tout secteur d'intégrer dans leur management global les incertitudes inhérents à leur activité qu'elles soient positives ou négatives.

Il est divisé en (3) trois parties principales d'où ce processus doit être pleinement intégré dans le management de l'organisme ;

La première partie c'est la gouvernance des risques qui est constituée de :

2.5.3 Communication et consultation

Les parties prenantes sont consultés et un plan de communication abordant notamment les questions sur le risque, ses conséquences et comment le gérer est réalisé.

2.5.4 Etablissement du contexte

L'organisme définit l'environnement interne et externe dans lequel il évolue et fixe ses objectifs. Il établit le contexte du processus de management du risque (stratégie, objectifs, domaine d'application, activités) et les critères qui lui permettront d'évaluer le risque.

La deuxième partie c'est l'appréciation des risques :

2.5.5 Appréciation du risque

L'organisme identifie, analyse et évalue le risque.

Et finalement la troisième partie c'est la maîtrise des risques qui est constituée de :

2.5.6 Traitement du risque

L'organisme choisit une option et la met en œuvre afin de modifier le risque. L'évaluation du traitement du risque permet de déterminer si le risque résiduel est tolérable ou non. S'il ne l'est pas, l'organisme trouvera un autre traitement afin d'obtenir un niveau de risque acceptable selon les critères qu'il avait préalablement déterminé.

2.5.7 Surveillance et revue

L'organisme s'assure que sa gestion du risque est efficace, identifie les éléments qui ont pu changer dans son environnement, tire des conclusions et détermine les risques à venir.

2.5.8 La gestion des risques

La gestion des risques peut être définie comme l'ensemble des activités coordonnées en vue de réduire le risque à un niveau jugé tolérable ou acceptable. Cette définition, cohérente avec les concepts présentés dans les Guides ISO/CEI 51 et 73 s'appuie ainsi sur un critère d'acceptabilité du risque.

De manière classique, la gestion du risque est un processus itératif qui inclut notamment les phases suivantes :

- ✓ Appréciation du risque (analyse et évaluation du risque),

- ✓ Acceptation du risque,
- ✓ Maîtrise ou réduction du risque.

L'enchaînement de ces différentes phases est décrit de manière schématique dans la Figure ci-dessous :

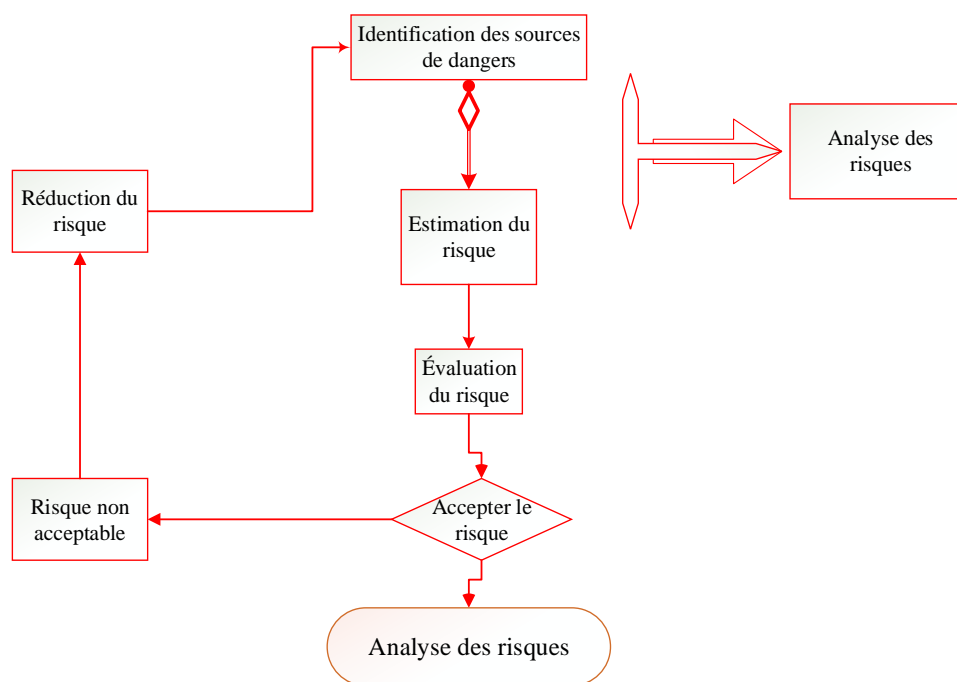


Figure 9: Processus de la gestion du risque

2.5.9 Notion [16]

- ✓ Risque / phénomène dangereux (norme EN 292-1) : Cause capable de provoquer une lésion ou une atteinte à la santé
- ✓ Situation dangereuse (norme EN 292-1) : Toute situation dans laquelle une personne est exposée à un ou plusieurs risque(s)/phénomène(s) dangereux.
- ✓ Événement dangereux (norme EN 1050) : Événement susceptible de causer un dommage.
- ✓ Dommage (norme EN 1050) : Lésion physique et/ou atteinte à la santé ou aux biens.

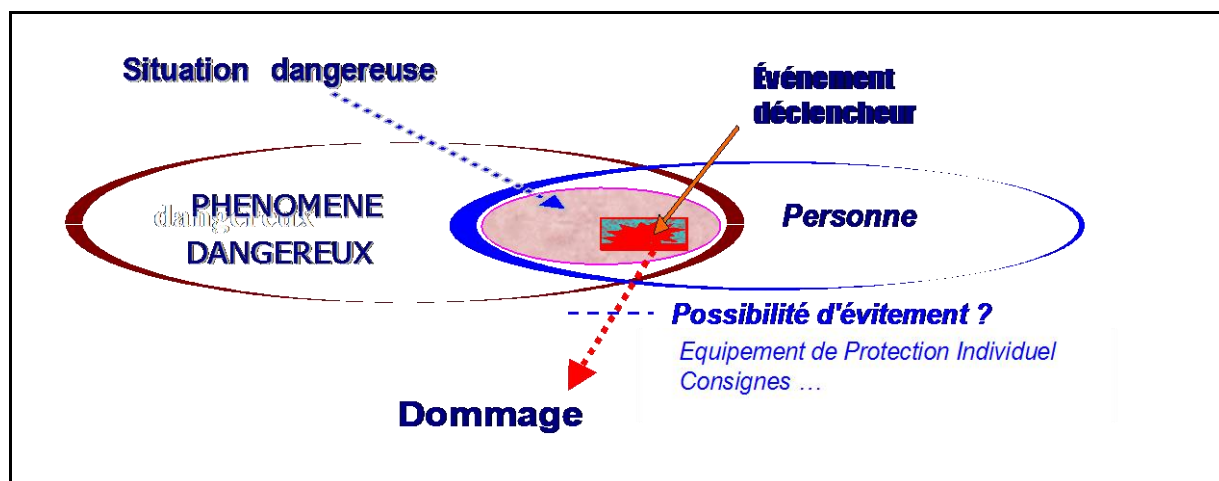


Figure 10 : L'apparition d'un accident

- ✓ Estimer le risque (norme EN 292-1) : Estimation globale de la probabilité et de la gravité d'une lésion ou d'une atteinte à la santé pouvant survenir dans une situation dangereuse, en vue de sélectionner des mesures de sécurité appropriées.
- ✓ Occurrence du dommage (norme EN 1050) : L'occurrence d'un dommage exprime la probabilité que ce dommage survienne.

Elle est fonction de :

- la fréquence et de la durée de l'exposition des opérateurs au(x) phénomène(s) dangereux,
- la probabilité d'occurrence d'un événement dangereux.
- ✓ Gravité d'un dommage (norme EN 1050) : La gravité exprime l'importance du dommage. Elle peut être estimée en prenant en compte le nombre de personnes subissant un dommage ainsi que la gravité des lésions ou des atteintes à la santé : légères (généralement réversibles), graves (généralement irréversibles), décès.

2.5.10 Maîtrise des risques [17]

La maîtrise des risques majeurs s'appuie, à différents degrés en fonction des domaines concernés, ont pour objectifs de traiter, en amont, de la réduction du risque à la source mais aussi dans la plus large mesure d'intégrer l'analyse des interactions avec l'environnement en tant qu'agresseur potentiel et en tant que cible.

Dans la norme [ISO/CEI, 2002], le management des risques est défini comme étant l'ensemble des activités coordonnées visant à diriger et piloter un organisme vis-à-vis du risque. Le management du risque inclut typiquement l'appréciation du risque, le traitement du risque, l'acceptation du risque et la communication relative au risque.

Selon la norme [ISO/CEI, 2002], la maîtrise du risque est une action de mise en œuvre des décisions de management du risque. La maîtrise du risque peut impliquer la surveillance, la réévaluation et la mise en conformité avec les décisions.

La maîtrise des risques est un processus conduisant à évaluer et choisir l'une des différentes possibilités de réduction des risques. C'est d'une manière générale l'ensemble des actions de mise en œuvre des décisions de la gestion des risques visant à les ramener sous le seuil d'acceptabilité. [5]

Chapitre 03 : Application des méthodes

La première phase de l'analyse des risques est l'identification des dangers majeurs possibles, pouvant être à l'origine des dysfonctionnements dus au **vieillessement** des équipements du procédé, conduites, vannes, contacts , et Les déviations de procédé sont des déviations mesurables des paramètres du procédé, se trouvant au-delà des paramètres de sécurité de l'usine.

Dans ce chapitre nous allons aborder l'analyse de risque. Il sera donc exposé tout détail sur les résultats obtenus après l'application des méthodes d'analyse (APR, AMDEC, HAZOP ADE) et ce, dans le but :

- ✓ D'analyser et de critiquer l'EDD du champ GEA ;
- ✓ D'identifier le système critique ;
- ✓ D'identifier les risques critiques ;
- ✓ D'estimer les facteurs de risque ;
- ✓ De définir les scénarios plausibles.

3.1 Analyse et critique de l'étude de danger [18]

La réglementation algérienne relative à l'EDD « Décret exécutif n° 06-198 du 4 Joumada El Oula 1427 correspondant au 31 mai 2006 définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement.

3.1.1 Étape 1 : Identification des principales insuffisances de l'étude de danger

Les insuffisances relatives à chaque chapitre de l'EDD :

Selon la réglementation algérienne relative à l'EDD «Décret exécutif n° 06-198 du 4 Joumada El Oula 1427 correspondant au 31 mai 2006 définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement». **Art. 14.**

L'étude de danger

Et un guide pratique d'analyse critique des EDD d'une installation classée (INERIS) [19]

Tableau 11 : conformité de l'EDD par rapport à la réglementation et le guide d'INERIS
« INERIS-DRA 35-2005 – N°45055-V1 »

Contenu	Oui	Non	Écarts
Résumé non technique Art. 14. L'étude de danger	×		Conforme à la réglementation
Description générale du projet Art. 14. L'étude de danger	×		Conforme
Description de l'environnement Art. 14. L'étude de danger	×		Conforme
Description du projet et de ses Installations (implantation, taille et capacité, choix du procédé retenu, fonctionnement, produits et matières mis en œuvre et condition). Art. 14. L'étude de danger	×		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manque d'un plan descriptif des points vulnérables ▪ Manque de localisation des produits potentiellement dangereux sur un plan et ses quantités ▪ Manque de description des conditions de stockage des produits chimiques
Identifications des facteurs de risque (facteurs intrinsèques mais également des facteurs extrinsèques auxquels la zone est exposée) ; Art. 14. L'étude de danger	×		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les équipements/installations qui a l'origine des risques ne sont pas citées ▪ Accidentologie : les risques qui engendrés les accidents n'ont pas mentionnées. ▪ Les scénarios proposés sont manque de détail.
Analyse des risques et des conséquences Au niveau de complexe GEA-SONAHESS (afin	×		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les scénarios proposés sont manque de détail. ▪ Manque de l'évaluation de la culture de sécurité ▪ Les scénarios des risques résiduels ne sont pas mentionnés.

<p>d'identifier de façon exhaustive les évènements accidentels pouvant survenir, leur attribuer une cotation en terme de gravité et de probabilité permettent de les hiérarchiser, ainsi que la méthode d'évaluation des risques utilisée pour l'élaboration de l'étude de danger). Art. 14. L'étude de danger</p>			
<p>L'analyse des impacts potentiels en cas d'accidents (population/Env.). Art. 14. L'étude de danger</p>	<p>×</p>		<p>Conforme</p>
<p>Les modalités d'organisation de la sécurité du site, les modalités de prévention des accidents majeurs et du système de gestion de la sécurité et des moyens de secours. Art. 14. L'étude de danger</p>	<p>×</p>		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Une liste de fonction des éléments importants pour la sécurité (EIPS) n'est pas citée ▪ Les critères et la méthodologie de choix des EIPS ne sont pas cités ▪ Les limites de validité des logiciels utilisées ne sont pas mentionnées

3.1.2 Étape 2 : classification des écarts résultats relevés de l'EDD selon le type du sous-écart auxquels ils sont appropriés.

Nous avons classé les écarts identifiés par catégories dans le tableau :

Tableau 12 : Classement des insuffisances sous forme d'écart

Écart mis en œuvre (objectifs)	Écart contenu	Écart réalisation	Écart examen
<ul style="list-style-type: none"> Manque d'évaluation de la culture de sécurité 	<ul style="list-style-type: none"> Manque d'un plan descriptif des points vulnérables Une liste de fonction des éléments importants pour la sécurité (EIPS) n'est pas citée <ul style="list-style-type: none"> Les critères et la méthodologie de choix des EIPS ne sont pas cités Les scénarios des risques résiduels ne sont pas mentionnés. <ul style="list-style-type: none"> Manque de localisation des produits potentiellement dangereuse sur un plan et ses quantités 	<ul style="list-style-type: none"> Les scénarios proposés manquant de détail Manque de description des conditions de stockage des produits chimiques 	<ul style="list-style-type: none"> Les scénarios proposés ne sont manqué de détail. <ul style="list-style-type: none"> Les équipements/ installations qui à l'origine des risques ne sont pas citées Accidentologie : les risques qui engendrés les accidents n'ont pas mentionnés Les limites de validité des logiciels utilisées ne sont pas mentionnées

3.1.3 Étape 3 : Réduction/élimination des écarts

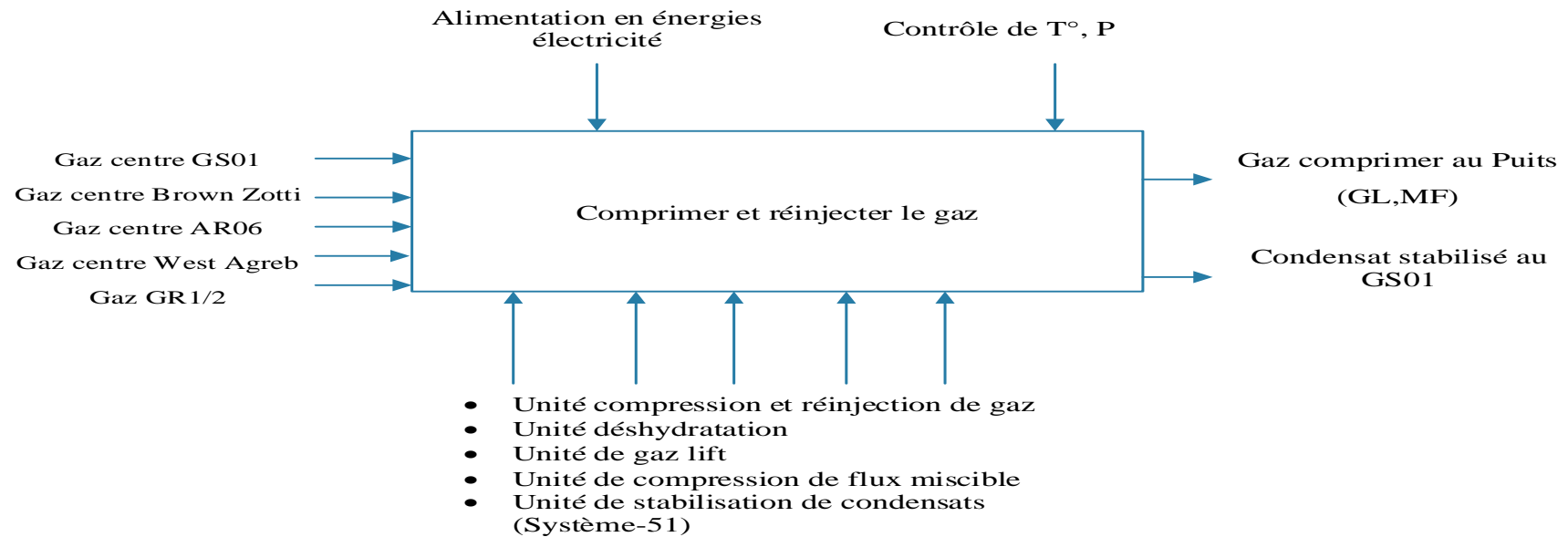
Les actions mise en place pour permettre une réduction des écarts sont les suivantes :

- ✓ Suivi d'une méthodologie de travail conforme à celle dictée dans la réglementation, pour faciliter l'expertise et le suivi des résultats
- ✓ Suivit et le contrôle de l'EDD lors la réalisation par les services adéquat de GEA
- ✓ Veille sur l'atteinte des objectifs fixés par la réglementation en matière des EDD
- ✓ Assurer une analyse de la forme et du fond de l'EDD avant l'approbation
- ✓ Mise à jour de l'EDD selon la période exigé dans la réglementation ou après chaque modification dans le champ GEA.

Durant l'analyse de l'EDD du champ GEA, nous avons identifié des insuffisances potentielles, sur le plan réglementaire et sur la démarche suivie des opérations d'exécutions, qui devraient être prise en considération afin que l'entreprise améliore sa sécurité vis-à-vis les risque majeurs qui peuvent influencer les ressources (humaine/matériel).

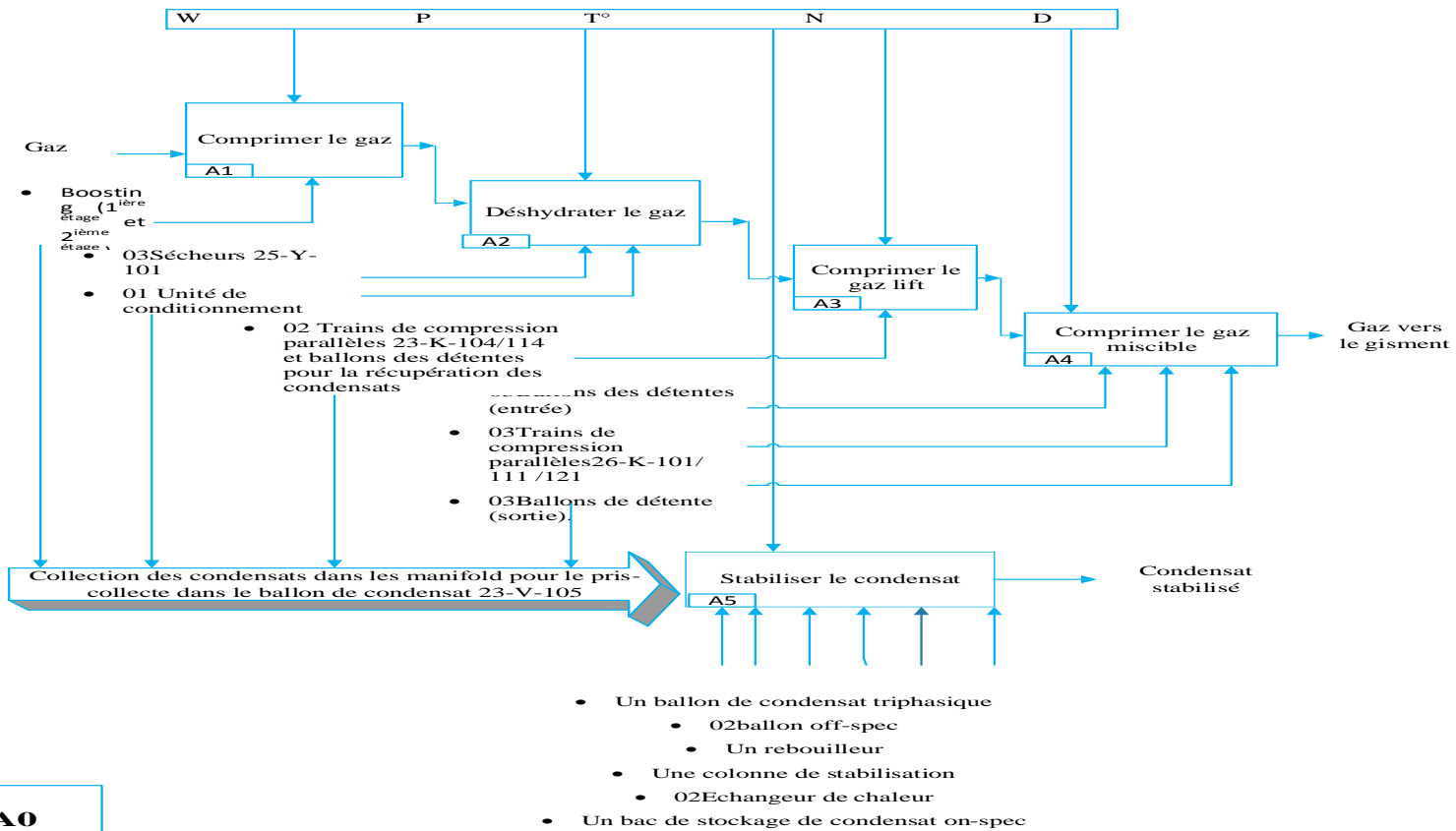
3.2 Identification du système critique

3.2.1 Analyse fonctionnel par la méthode SADT



Nous allons appliquer la méthode SADT qui donne des actigrammes pour bien comprendre notre système de centre new zotti.

Figure 11 : SADT générale de centre new zotti



A0

Figure 12 : Centre new zotti au niveau A0

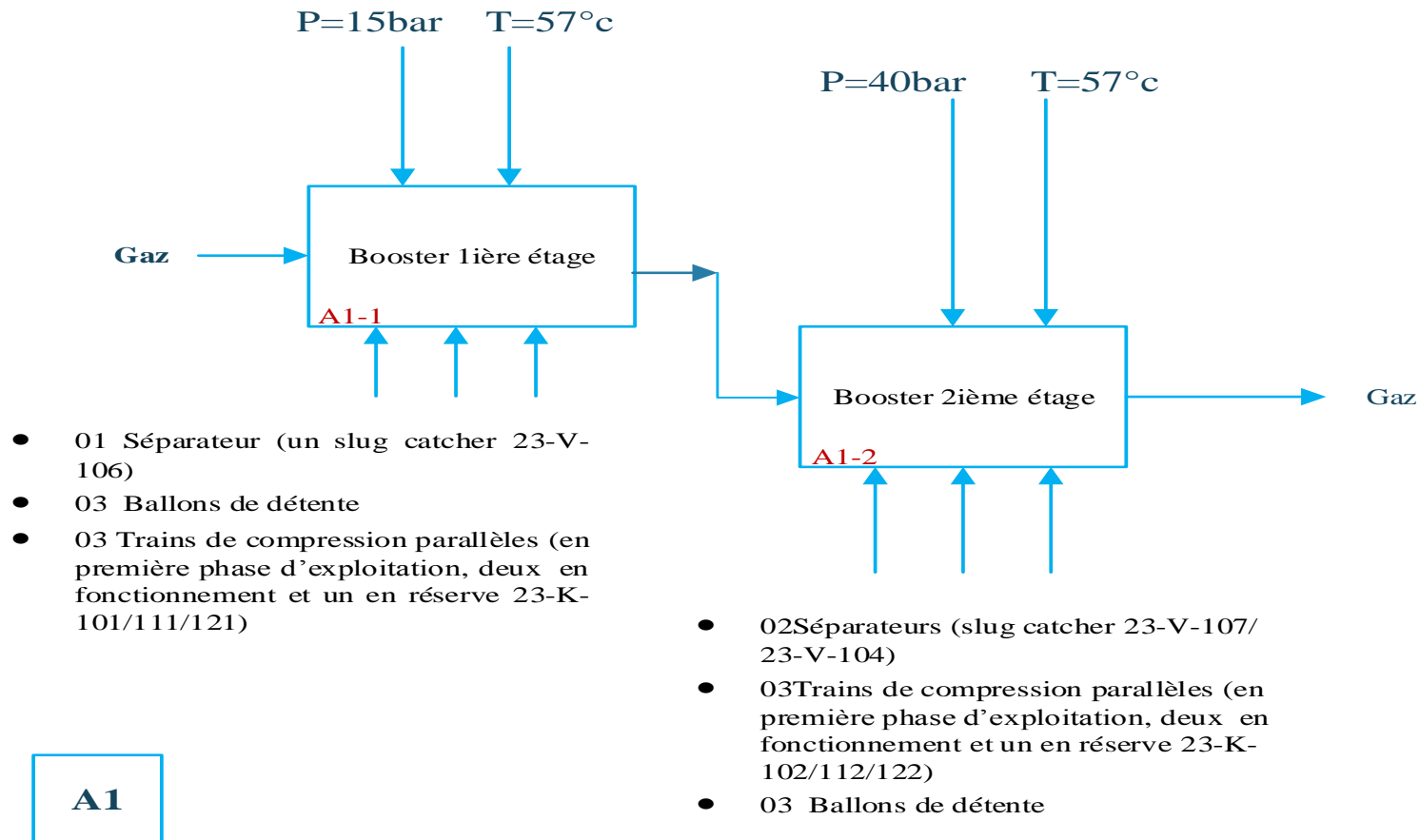


Figure 13 : SADT de l'unité de compression boosting

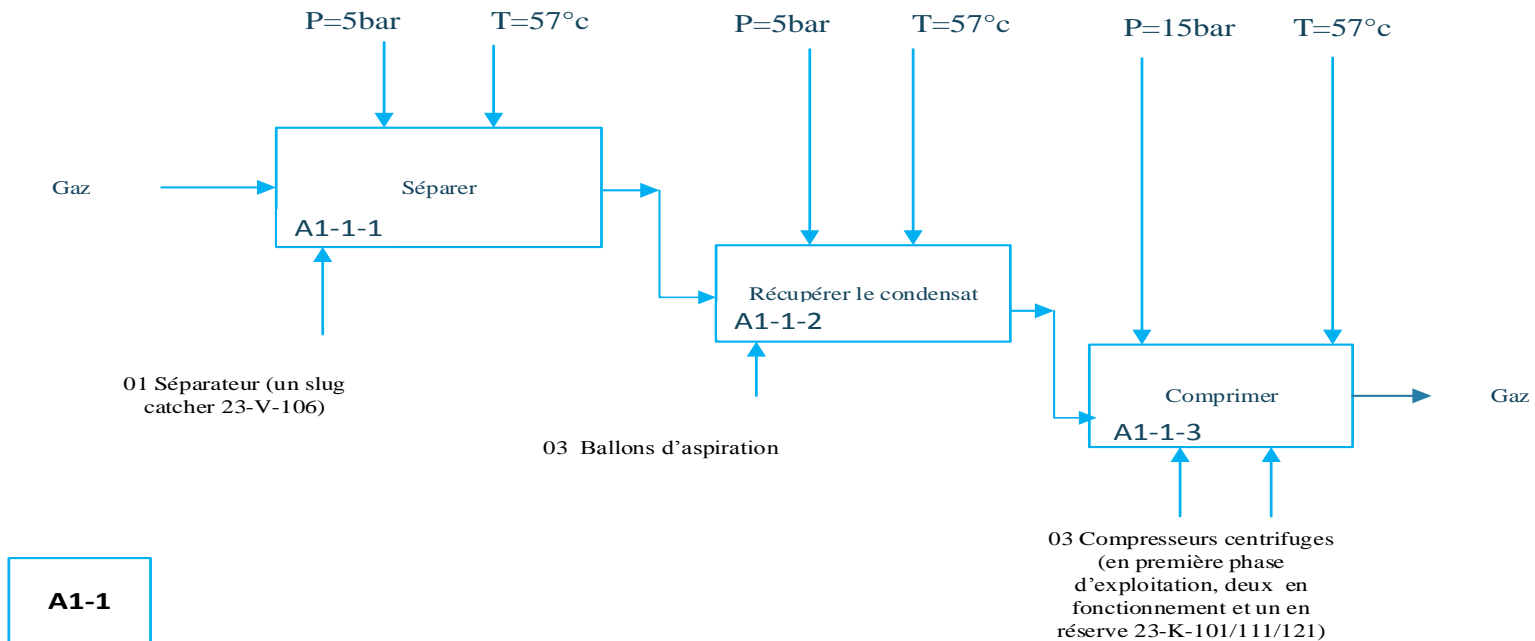


Figure 14 : SADT de Compression boosting 1^{ère} étage

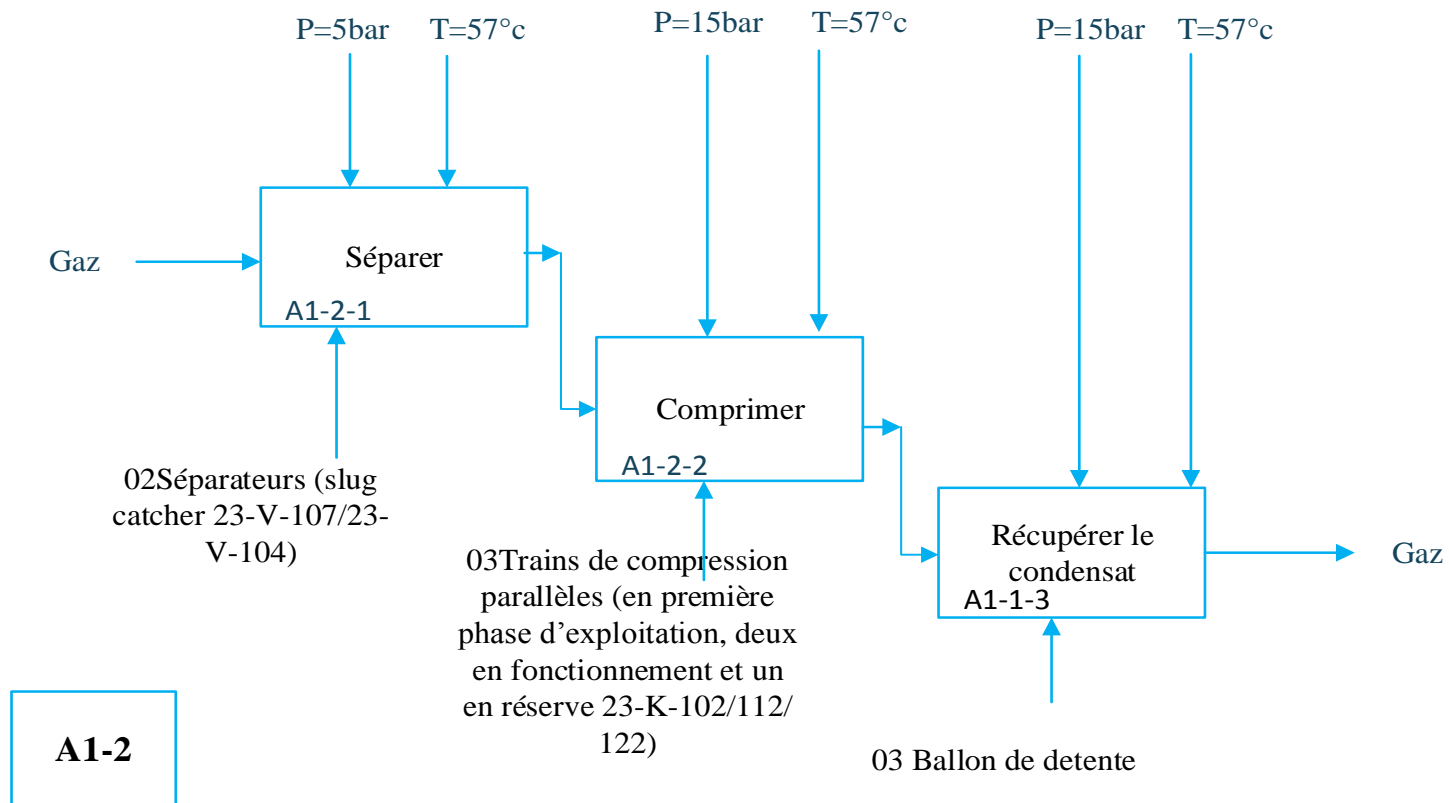


Figure 15 : SADT de l'unité de Compression boosting 2^{ème} étage

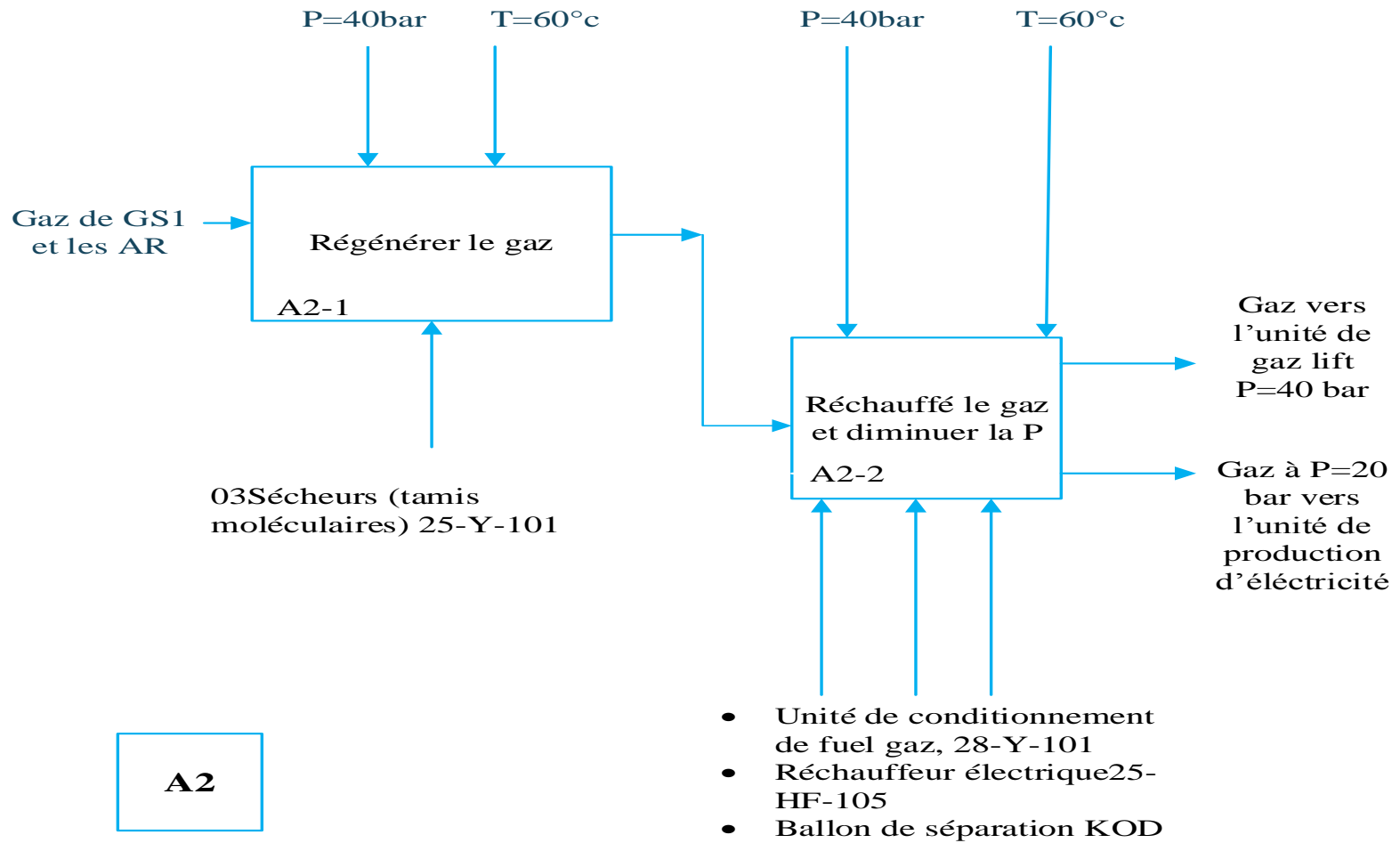


Figure 16 : SADT de L'unité de déshydratation

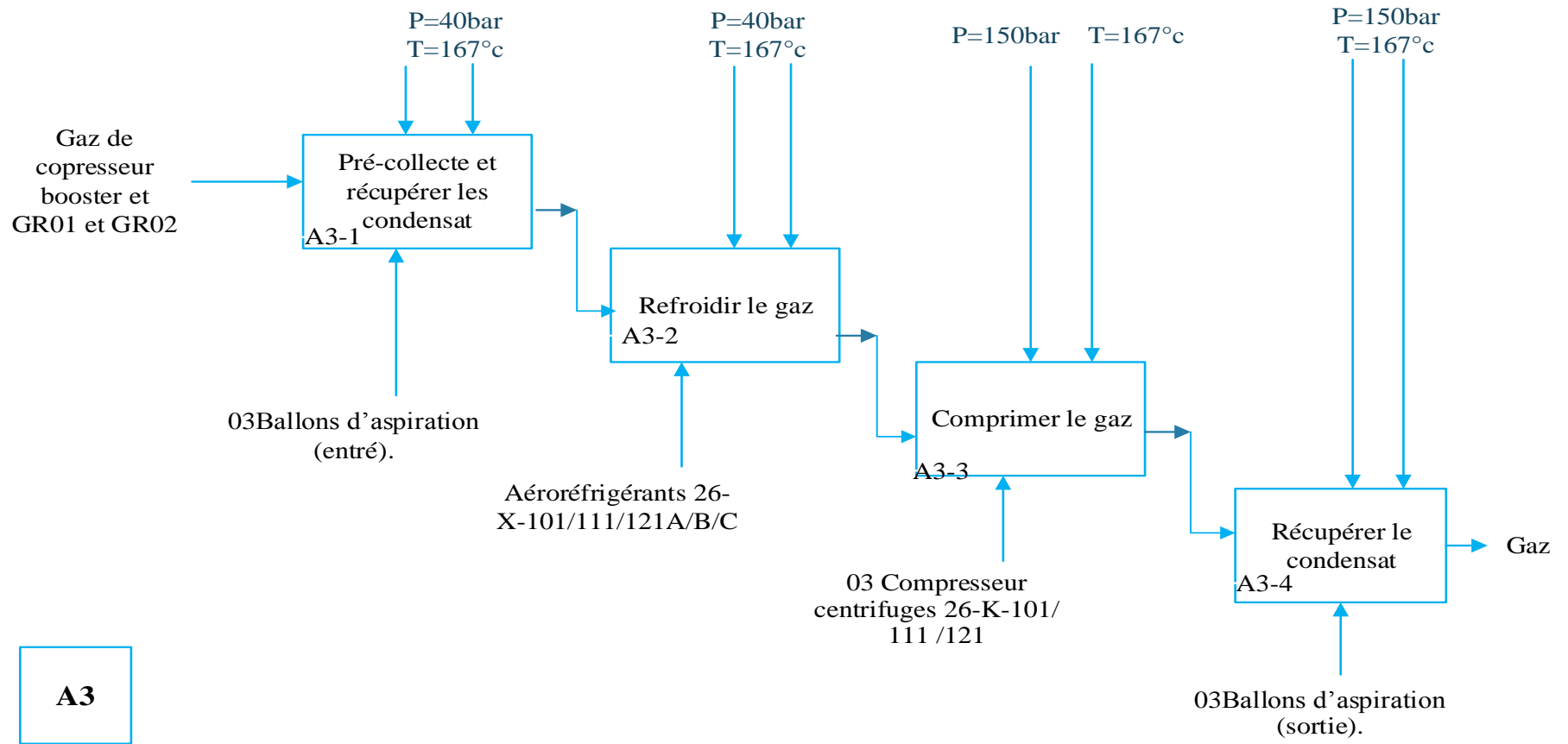


Figure 17 : SADT de L'unité de gaz lift :

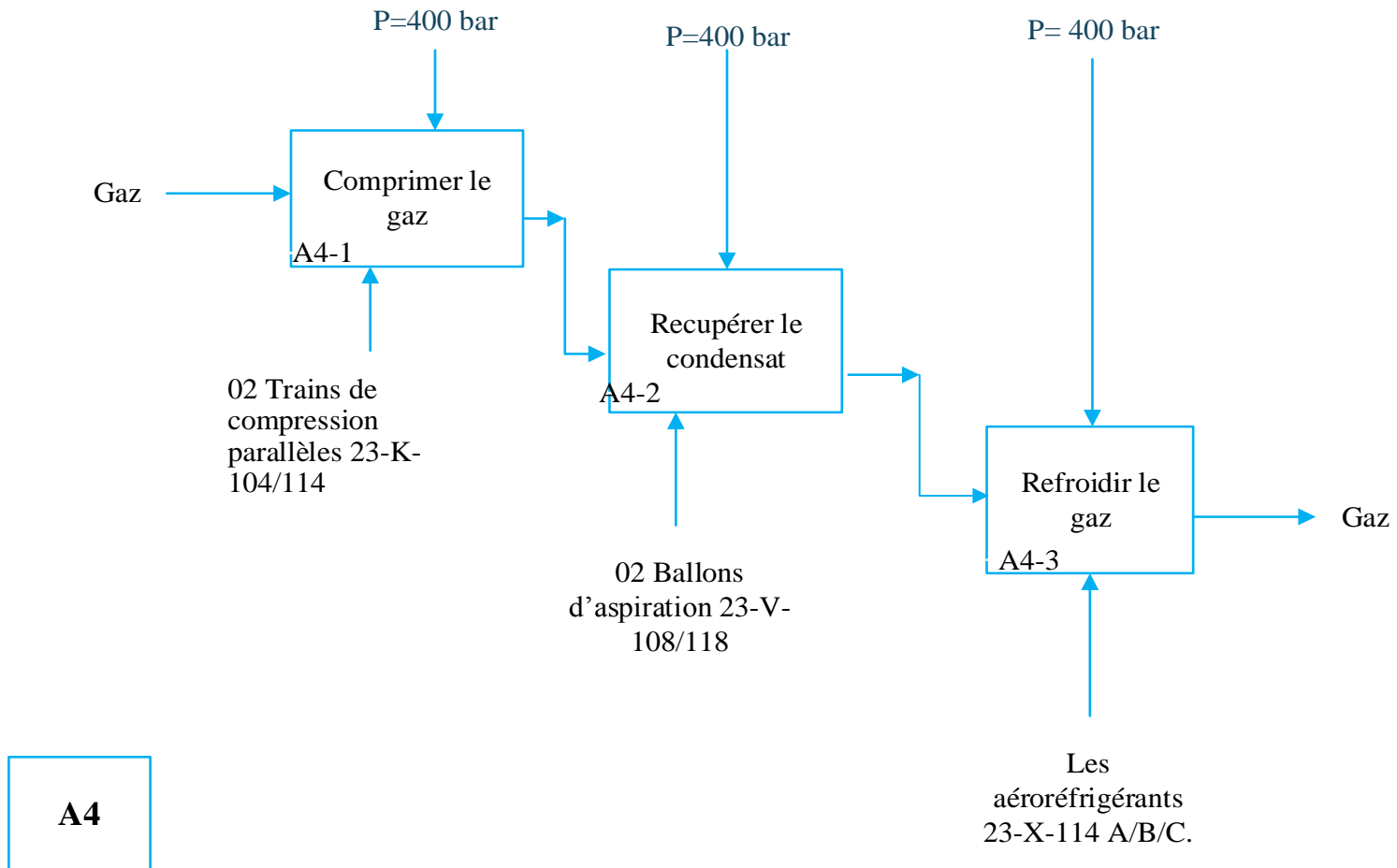


Figure 18 : SADT de L'unité de gaz miscible :

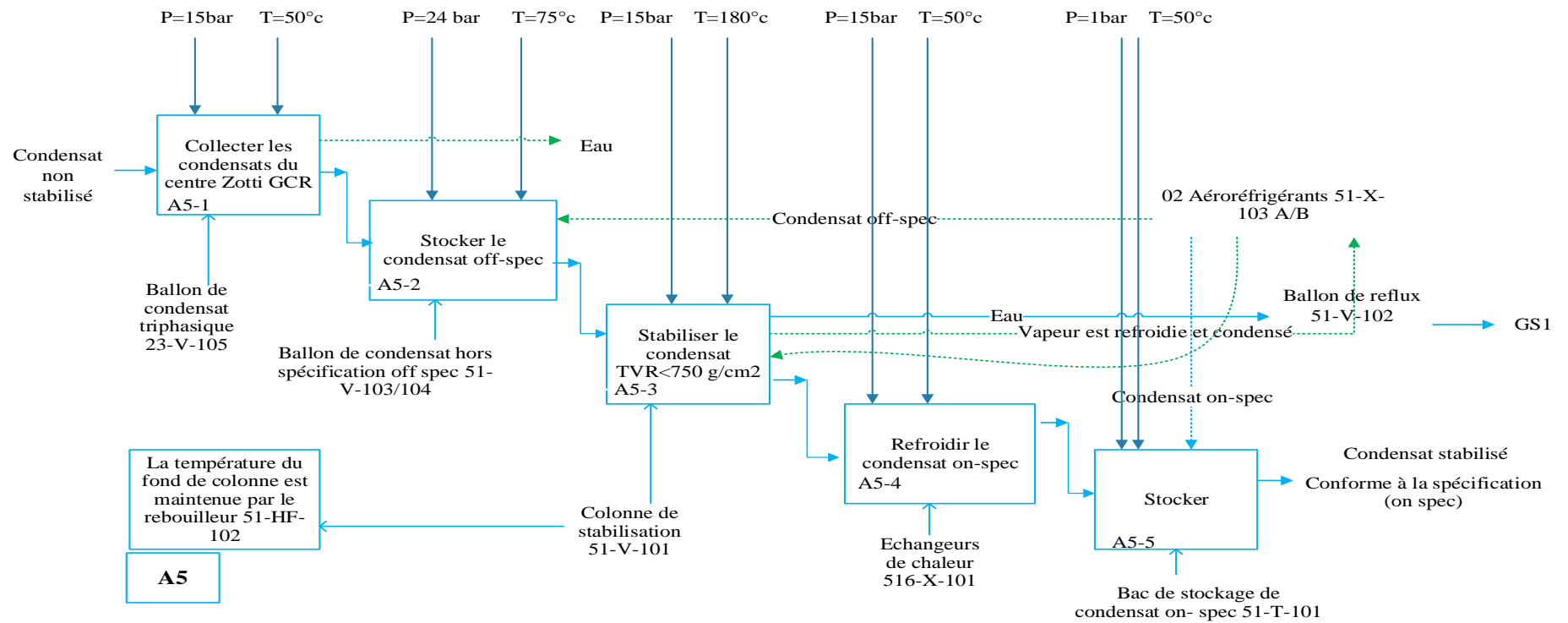


Figure 19 : SADT de l'unité de stabilisation de condensat (U51)

3.2.2 Analyse préliminaire des risques (APR)

Les échelles de cotation en probabilité et en gravité que nous avons utilisées pour le déploiement de l'APR ont été validées avec l'équipe du département HSE de l'entreprise. Les tableaux sont représentés dans l'annexe 8.

Plusieurs grilles de criticité existent dans la littérature scientifique. Nous pouvons les recenser selon les différentes approches : qualitatives, semi quantitatives, quantitatives. Ainsi, l'APR se propose d'utiliser d'avantage l'approche qualitative.

Les tableaux présentent les échelles de cotation en probabilité et gravité que l'équipe de travail a choisie pour l'analyse des risques d'accident majeur. Ce sont, également les échelles utilisées par l'INRIS dans le cadre des études de danger. [20]

1.6.3.3 Hiérarchisation des risques dans la matrice de criticité

Nous avons effectué l'analyse préliminaire des risques à l'état exploitation de toutes les installations, et ce, dans le but de définir les systèmes les plus critiques.

À partir du résultat obtenu dans les tableaux d'APR données dans les annexes (2, 3, 4, 5, 6,7), nous avons pu hiérarchiser les risques de chaque système dans une grille de trois niveaux distincts.

La grille qui représente les niveaux de tous les risques identifiés lors de l'analyse préliminaire du risque (APR) pour les systèmes étudié sont données dans l'annexe9.

1.6.3.4 Résultat de l'APR

Le résultat de cette analyse nous a permis de justifier le choix du l'unité de stabilisation de condensat (système-51) comme étant le système qui présente le plus de risque critique parmi celles présentent dans le centre new zotti en terme de vieillissement.

Les unités étudié sont :

- ✓ Unité de compression booster 1ère étage.
- ✓ Unité de compression booster 2ème étage
- ✓ Unité de déshydratation
- ✓ Unité de gaz lift
- ✓ Unité gaz miscible

- ✓ Unité de stabilisation de condensat

Les pourcentages de chaque niveau de risque relatifs au vieillissement des installations étudiées dans l'APR sont donnés dans le tableau (13). Le résultat nous indique les installations qui présentent des risques critiques engendré par le vieillissement.

Tableau 13 : Répartition des niveaux de risque

	risque totale	risque acceptable	risque critique	risque inacceptable
N° des risques	22	12	10	0
pourcentage des risques%	100	55	45	0

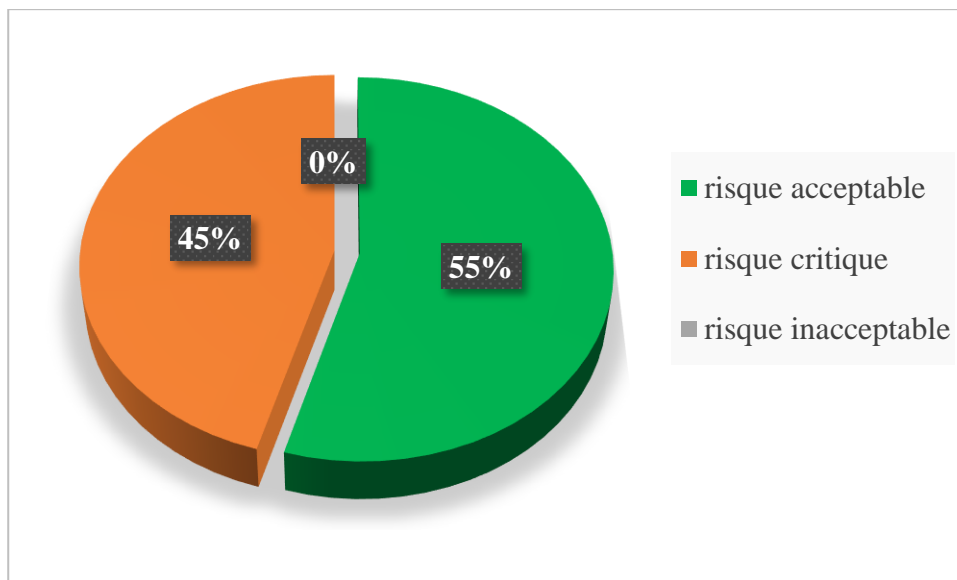


Figure 20 : Répartition des niveaux de risque

D'après les résultats obtenus, nous constatons l'absence de risque inacceptable. Ce résultat explique que le champ GEA n'admet pas l'exploitation d'un système qui admet un risque jugé inacceptable. Nous allons donc nous baser sur les risques critiques dans notre étude puisque ceux-là doivent être sous le seuil d'acceptabilité.

Les risques critiques sont situés dans une zone vulnérable où un simple changement au niveau de la probabilité ou la gravité nous fait remonter dans la zone inacceptable. En effet cette catégorie de risque doit être sous contrôle du moment qu'elle ne soit pas dans la tranche acceptable, des mesures de sécurité et de contrôle de vieillissement doivent être mises en place pour la maîtrise de ces risques.

Tableau 14 : Donne la répartition des pourcentages qui illustre le résultat obtenue :

Systeme	Criticité totale	% Pourcentage
Unité de compression booster 1 ^{ère} étage	16	14,00%
Unité de compression booster 2 ^{ème} étage	16	14,00%
Unité de déshydratation	18	16,00%
Unité de gaz lift	16	14,00%
Unité de gaz miscible	13	12,00%
Unité de stabilisation de condensat	33	30,00%

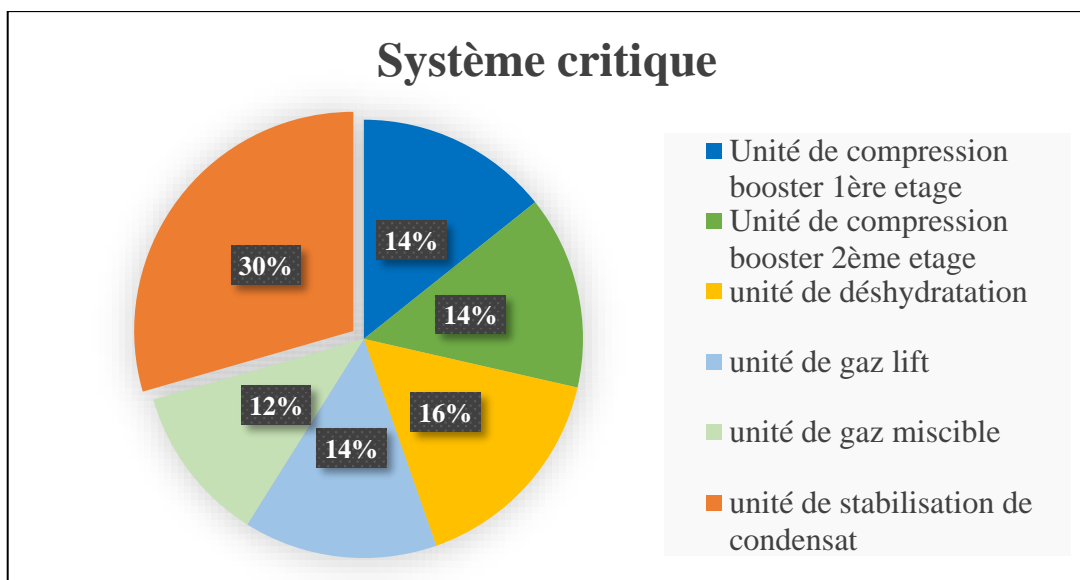


Figure 21 : Répartition des résultats obtenus par unité

1.6.3.5 Interprétation des résultats de l'APR

Selon le résultat de la répartition des risques critiques présents dans chaque installation étudiée par l'APR. Nous remarquons que l'unité de stabilisation (système-51) représente la criticité le plus élevé avec 30%.

Nous avons choisi de traiter le système qui présente le plus de risque critique en terme de vieillissement dans le centre de new zotti. Pour remédier à ces derniers nous avons décidé

d'établir toute une étude complétée par d'autres méthodes dans le but d'analyser les risques critiques au niveau du système-51.

3.3 Identification et estimation des facteurs de risque possibles dus au vieillissement

L'APR ayant montré que l'installation présentant plus de risque critique étant le système-51, l'appel à d'autres méthodes s'avère nécessaire pour compléter l'analyse.

La première phase de l'analyse des risques est l'identification des dangers majeurs possibles, pouvant être à l'origine des dysfonctionnements dus au **vieillissement** des équipements du procédé, conduites, vannes, contacts, et Les déviations de procédé sont des déviations mesurables des paramètres du procédé, se trouvant au-delà des paramètres de sécurité de l'usine.

3.3.1 Analyse des modes de défaillance leurs effets et leurs criticités (AMDEC)

Nous avons déployé une analyse des modes de défaillance leurs effets et leurs criticités au niveau des installations du l'unité de stabilisation de condensat appeler communément système-51 dans le but de :

- ✓ Identifier les modes de défaillance de chaque composant de système ;
- ✓ Identifier les causes de chaque mode de défaillance ainsi que ses conséquences tant au niveau de voisinage de composant que sur tout le système ;
- ✓ Examiner les moyens permettant de détecter, de prévenir de limiter l'effet et l'occurrence de chaque modes de défaillance ;
- ✓ Evaluer la criticité de chaque mode de défaillance en termes de probabilité et gravité ;
- ✓ Prévoir des mesures et des moyens supplémentaires si l'évaluation de risque en montre la nécessité.

Les échelles (probabilité, gravité) et la grille de criticité que nous avons utilisées lors du déploiement de l'AMDEC sont les mêmes de l'APR.

3.3.1.1 Résultats de l'AMDEC

Dans notre cas, nous avons appliqué l'AMDEC pour les risques **critiques** identifiés au préalable dans l'APR pour le système-51, et ce, dans le but de déterminer les modes de défaillance des équipements susceptibles d'être à l'origine de l'apparition de ces évènements non souhaités.

Tableau 15 : Pourcentage de chaque niveau de risque

	Nombres des risques	Pourcentages des risques %
Risque totale	18	100%
Risque acceptable	16	89,00%
Risque acceptable sous condition	2	11,00%
Risque inacceptable	0	0

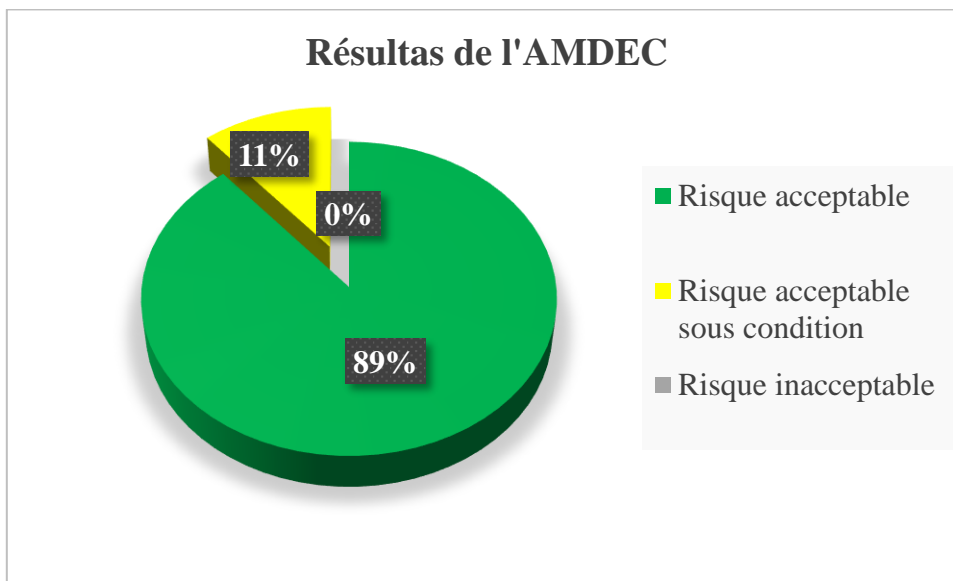


Figure 22 : Typologie des risques

3.3.1.2 Interprétation des résultats de l'AMDEC

L'AMDEC compte que 89% des risques du le système (51) sont acceptables. D'autre part, 11% des risques sont classé dans la tranche acceptable sous contrôle avec une gravité importante, c'est-à-dire qu'il est conseillé de mettre en place des mesures de contrôle pour éviter l'apparition de ces modes de défaillance durant l'exploitation dans l'unité de stabilisation (U51). Doivent être programmés des procédures et des actions de maintien.

Tableau 16 : Les modes de défaillances définies par l'AMDEC

Equipement	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Les scenarios accidentels
Ballon de condensat 23-v-105	Défaillance structurelle	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation de pression • Augmentation de niveau • Augmentation de température 	Perte de confinement
Ballon de condensat OFFSPEC 102/103	Rupture Fuite	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation de pression 	Perte de confinement
Colonne de 51-V-101s	Fuite	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation de pression • Augmentation de température 	Perte de confinement
Rebouiller 51-HF-102	Défaillance structurelle	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation de pression • Augmentation de niveau • Augmentation de température 	Perte de confinement
Echangeur	Défaillance structurelle	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation de température 	Perte de confinement
Bac de stockage ONSPEC 51-T-101	Rupture Fuite	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation de pression • Augmentation de niveau • Augmentation de température 	Perte de confinement

3.3.2 HAZOP

L'application de la méthode HAZOP nous a permis d'identifier les différentes dérivées qui peuvent affecter le système de stabilisation et qui engendrent des accidents plus ou moins graves, qui ont pour origine différentes causes directes ou même indirectes, provoquant des conséquences importantes, dont des pertes humaines, ainsi matériels et économiques, La synthèse des déférentes sessions HAZOP est présentée dans l'annexe 12

sous forme de tableaux recensant les risques associés aux installations ainsi que les moyens de prévention et de protection mis en place

Tableau 17 : Les scénarios définis par l’HAZOP

Equipement	Mot clé	Scénario majeur
Ballon de condensat 23-v-105	Haute température	Perte de confinement
Ballon de condensat OFFSPEC 102/103	Haute pression	VCE Feu de nuage Feu de nappe
Colonne de stabilisation de condensat	Haute pression	Feu de torche VCE Feu de nuage Feu de nappe
Rebouiller	Haute température	Explosion
Bac de stockage ONSPEC 51-T-101	Haute pression	Dispersion de condensat
Echangeur de chaleur 51-X-101 A/B	Haute température	Perte de confinement

3.4 Analyse quantitative des phénomènes dangereux

Cette étude est appliquée aux équipements critiques de système de stabilisation identifier précédemment afin d’évaluer les risques relatifs au vieillissement, leurs conséquences et leurs contributions et d’en juger des barrières, de moyens de sécurité et de réduction des risques existants dans le cas où le risque est jugé inacceptable.

Une perte de confinement peut se produire de différentes manières et donner lieu à des conséquences variées, que l’on appelle scénarios accidentels. La séquence d’événements, de l’événement initiateur au scénario final, est représentée par un schéma appelé Arbre des Conséquences, ou Arbre des Evénements. Les scénarios finaux (conséquences) généralement associés à l’émission de matériel inflammable, sont : feu de nappe, flammes jaillissantes, dispersion de gaz inflammable pouvant donner lieu à une étincelle ou à une explosion.

3.4.1 Probabilités d'occurrence

L'évaluation des probabilités d'occurrence ou les fréquences attendues des scénarios accidentels précédemment identifiés est établie en se basant sur des données historiques fourni par plusieurs bases de données, on cite le rapport OGP avec ses différentes sections relatives aux différents types d'équipements,

Les scénarios identifiés seront évalués par la méthode arbres des évènements, qui consiste en une représentation logique des différents événements qui peuvent avoir lieu suite à une perte de confinement dus au vieillissement. Cette technique utilise des branches pour montrer les différentes possibilités qui peuvent survenir à chaque étape soit le bon fonctionnement soit la défaillance de la fonction de sécurité. Elle est souvent utilisée pour relier un évènement de défaillance à différent conséquences.

- ✓ Fréquences d'occurrences

L'arbre des conséquences donne les probabilités d'occurrence de chaque conséquence liée à l'évènement. Ces fréquences d'occurrences d'évènements sont basées sur les fréquences de fuites et sur les probabilités d'ignition et d'explosion ou inflammation.[21]

La caractérisation des scénarios accidentels plausibles pour les hypothèses accidentelles examinées est effectuée en évaluant la présence de différents facteurs. Ces facteurs sont reconnaissables par :

- La présence(ou non) d'une inflammation immédiate ou retardée,
- L'actionnement de systèmes préventifs et/ou protecteurs susceptibles de réduire la fréquence d'occurrence
- La quantité et la nature de substance dangereuse rejetée,
- L'actionnement de systèmes de détection, de refroidissement, de confinement.
- L'ampleur de la perte de confinement.
- Echelle d'estimations de la probabilité [20]

Tableau 18 : L'échelle des probabilités suivante repose sur 5 classes identifiées par les lettres A à E de la plus élevée à la plus basse :

Classe de probabilité	E	D	C	B	A
Type d'appréciation					
Qualitative (Les définitions entre guillemets ne sont valables que si le nombre d'installations et le retour d'expérience sont suffisants)	« Événement possible mais extrêmement peu probable » N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles, mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années installations ...	« Événement très improbable » : S'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais à fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité.	« Événement improbable » Un événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité.	« Événement probable » : S'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie de l'installation	« Événement courant » S'est produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie de l'installation, malgré d'éventuelles mesures correctives
Quantitative (par unité et par an)	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻²

3.4.2 Scénario N°1

Le phénomène dangereux relatif à la colonne de stabilisation est la dispersion de condensat liquide ou gaz dus à la perte de confinement par des fuites des tailles différents ou par des ruptures.

- ✓ Fréquence de perte de confinement de colonne de stabilisation

Les fréquences de perte de confinements au niveau de la colonne de stabilisation sont déduites des banques de données [23]

Tableau 19 : Fréquence d'échec de colonne stabilisateur 51-V-101

Taille de la brèche (mm)	Fréquence (an ⁻¹)
5	1.52*10 ⁻³
25	3.50*10 ⁻⁴
100	1.10*10 ⁻⁴
Rupture	4.7*10 ⁻⁶

- ✓ Inflammation instantanée du gaz [24]

A la suite de la fuite, le gaz inflammable peut donner naissance à une flamme immédiate qui engendre des flammes jaillissantes. Les fréquences d'inflammation instantanée sont déduites du rapport OGP, la section relative au calcul des probabilités d'inflammation, (la page 11).

Tableau 20 : Probabilités d'ignition instantanée de gaz

Diamètre en mm	Probabilité d'ignition instantanée (an ⁻¹)
5	10 ⁻³
25	1.1*10 ⁻³
100	3.34*10 ⁻³

La probabilité d'ignition immédiate du liquide est la même que celle du gaz.

- ✓ Système d'arrêt d'urgence (ESD) opérationnel (fonctionnel) [1]

La probabilité de la fiabilité du système d'arrêt d'urgence est, **9.95*10⁻¹ an⁻¹**

✓ Inflammation retardée du gaz [23]

La probabilité de l'inflammation retardée dépend de l'inflammabilité de la substance, la source, la direction de dispersion du nuage, la présence de sources, et le type de sources d'inflammation dans les limites d'inflammabilité du nuage.

La probabilité de l'inflammation est estimée à **0.11 an⁻¹** pour un retard estimé de **20** secondes.

✓ Inflammation du nuage de gaz

La probabilité l'inflammation du nuage de gaz est considérée la même que celle de l'inflammation retardée **0.11 an⁻¹**.

✓ Inflammation instantanée du liquide

En ce qui concerne l'inflammation immédiate du liquide en perte pour la colonne de stabilisation, la fréquence est estimée la même que celle d'un bac de stockage : 0.001 par an [2]

✓ Inflammation retardée du liquide [23]

La probabilité de l'inflammation retardée du liquide de perte de confinement de la colonne de stabilisation est calculée de façon similaire ç'est celle d'un bac de stockage de pétrole brut. La probabilité de l'inflammation retardée est la différence de la probabilité de l'inflammation totale et instantanée.

Les probabilités de l'inflammation :

- Probabilité de l'inflammation totale du liquide **0.02**
- Probabilité de l'inflammation instantanée du liquide **0,001**
- Probabilité de l'inflammation retardée du liquide est alors **0.019**

3.4.3 Application de la méthode arbre d'événement AdE sur la colonne de stabilisation

ADE colonne stabilisation 51-V-101 pour un diamètre de brèche de 5mm

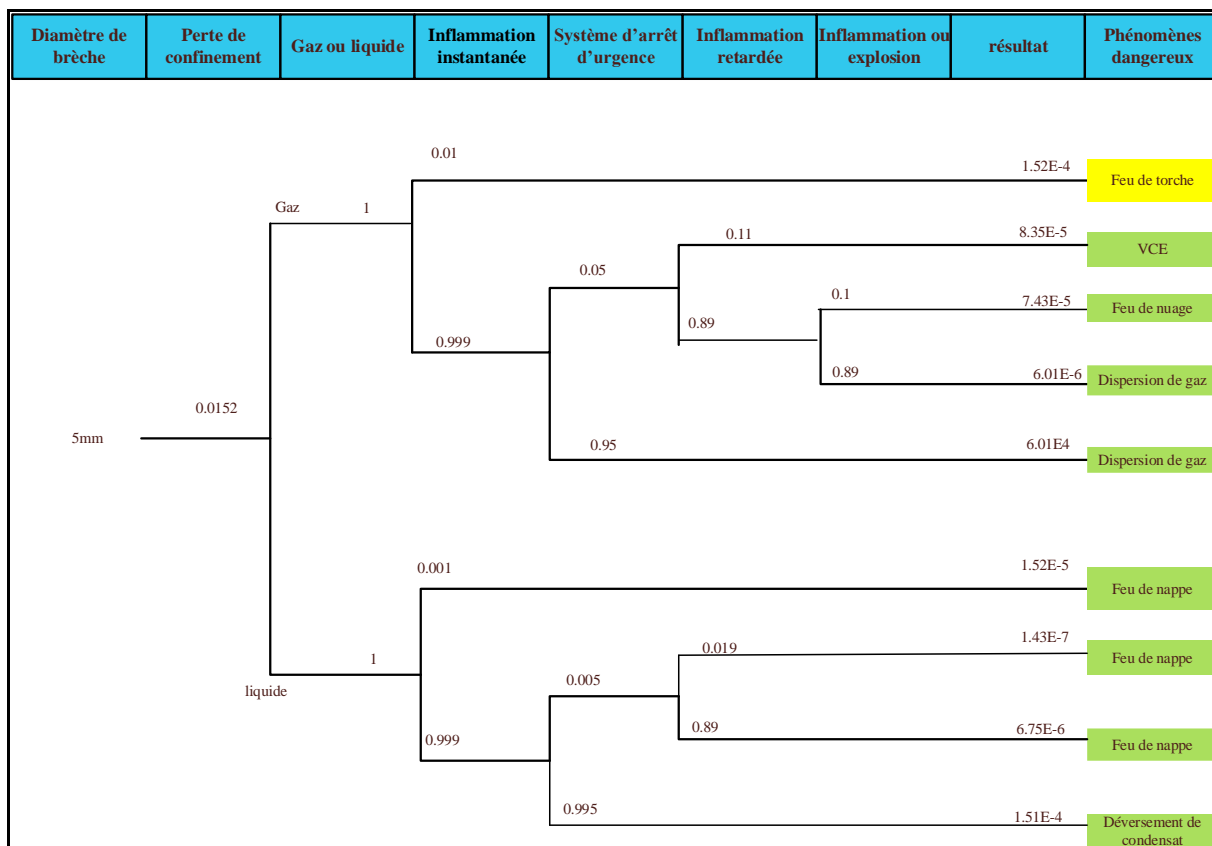


Figure 23 AdE colonne stabilisation 5 mm

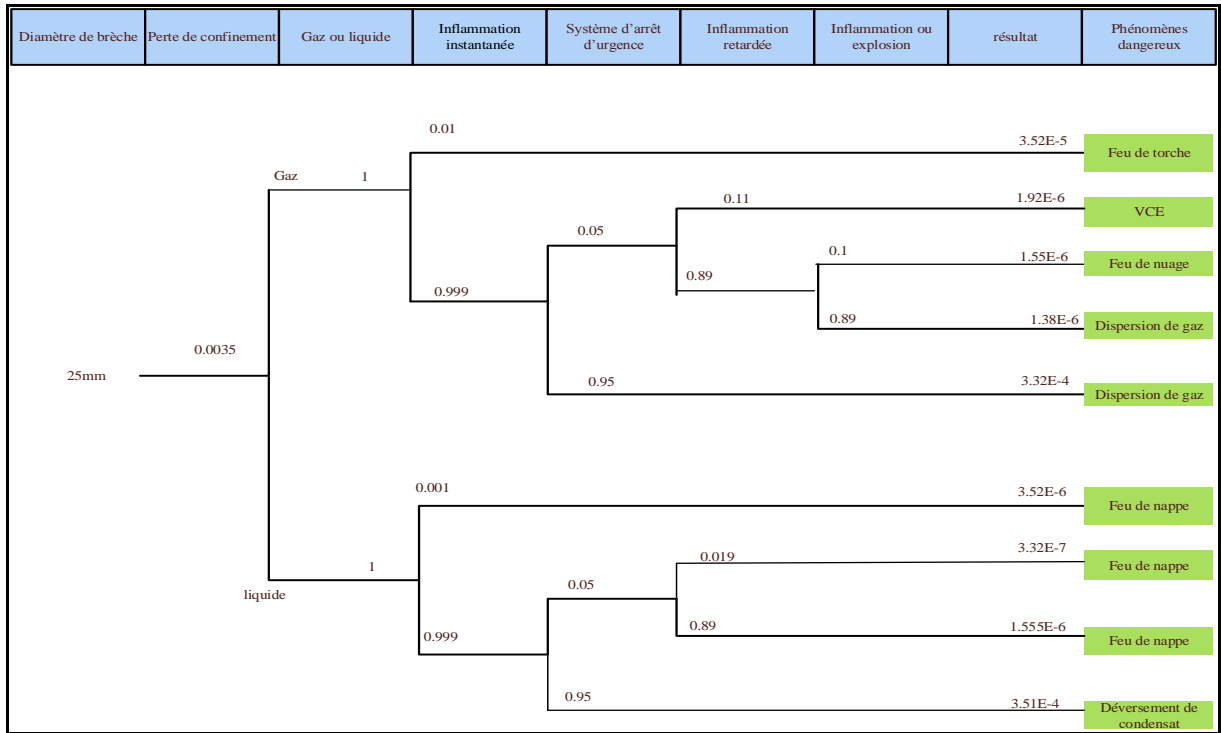


Figure 24 : AdE colonne 25 mm

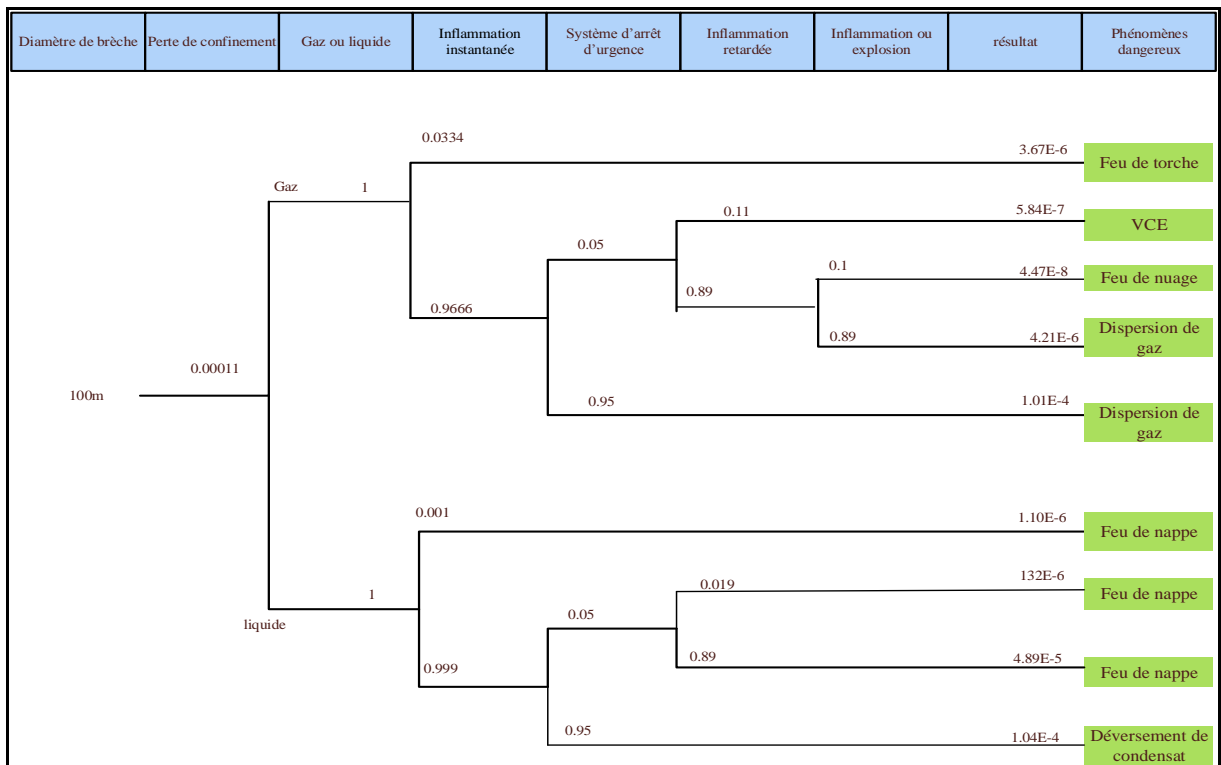


Figure 25 : AdE colonne 100 mm

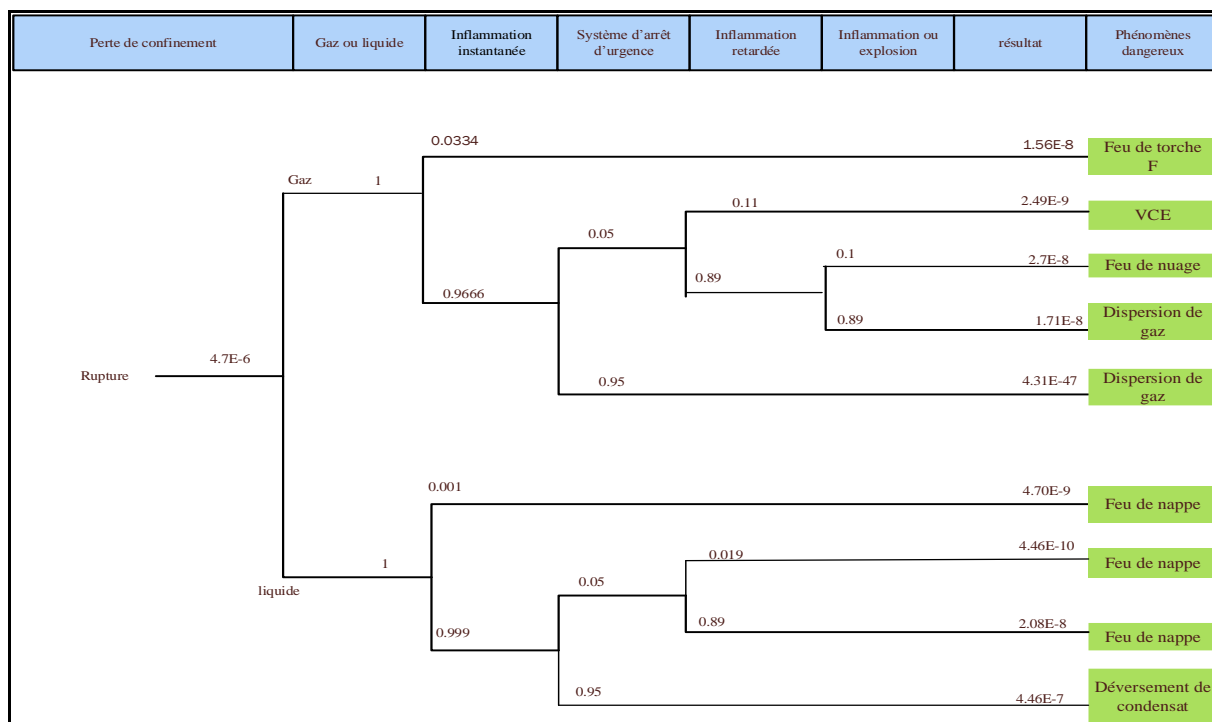


Figure 26 : AdE Rupture de colonne

✓ Fréquence des scenarios

Tableau 21 : La répartition des scénarios la plus probable

Phénomènes dangereux	5mm	25mm	100mm	Rupture	Résultats
Feu de torche	1.52E-4	3.52E-5	3.67E-6	1.56E-8	1.90E-4
VCE	8.35E-5	1.92E-6	5.8E-7	2.49E-9	8.60E-5
Feu de nuage	7.43E-5	1.55E-6	4.47E-8	2.7E-8	7.59E-5
Feu de nappe	5.04E-6	5.41E-6	5.13E-6	2.59E-8	1.59E-5

3.4.4 Scenario N 2 : perte de confinement de ballon 51-V-104

Le phénomène dangereux relatif au ballon de condensat OFF SPEC est la dispersion de condensat liquide suite à une perte de confinement par des fuites des tailles différents ou par des ruptures

- ✓ Fréquence de perte de confinement [22]

Les fréquences de perte de confinement au niveau de du ballon de condensat hors spécifications est considérée comme suivant :

Tableau 22 : Donne la répartition des fréquences de chaque brèche

Taille de la brèche (mm)		Fréquence (an ⁻¹)
Petite fuite	5	2.20*10 ⁻³
Fuite moyenne	25	3.50*10 ⁻⁴
Grande fuite	100	2.9*10 ⁻⁴
Rupture		3*10 ⁻⁵

- ✓ Fréquence d'inflammation instantanée [23]

La fréquence d'inflammation instantanée au niveau de ballon de condensat hors spécifications est assimilée d'après la base de données.

- ✓ Fréquence d'inflammation retardée

La fréquence de l'inflammation retardée au niveau du ballon de condensat hors spécifications est calculée en se basant sur la différence de l'inflammation totale et de l'inflammation instantanée :

- Fréquence de l'inflammation totale : **0.02 an⁻¹**
- Fréquence de l'inflammation instantanée : **0.001 an⁻¹**
- Fréquence de l'inflammation retardée : **0.019 an⁻¹**.

3.4.5 Application de la méthode arbre d'évènement sur le ballon de condensat 51-V-104

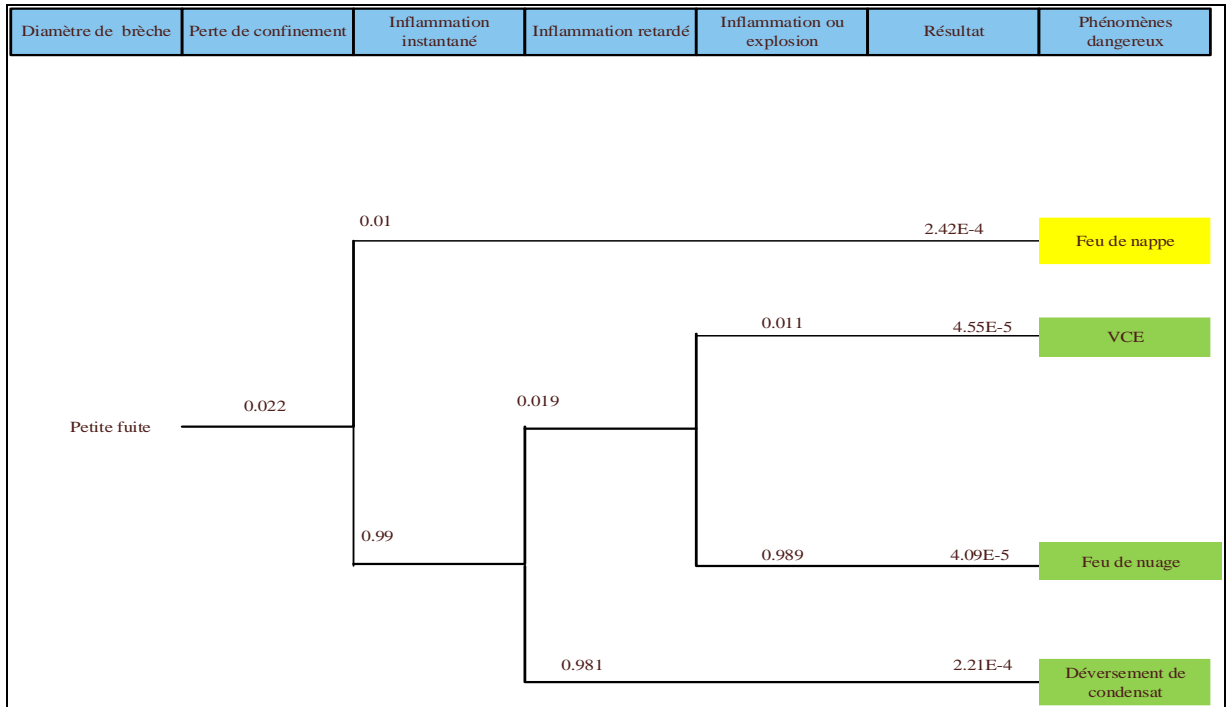


Figure 27 : AdE pour une petite fuite dans le ballon de condensat off-spec

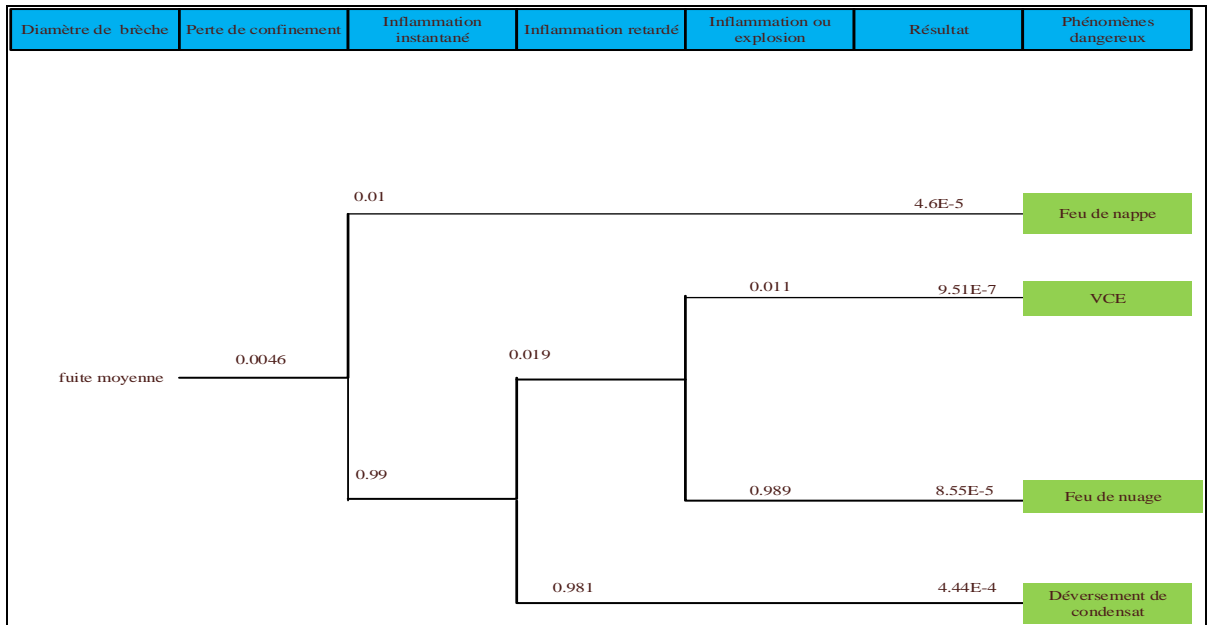


Figure 28 : AdE d'une fuite moyenne dans le ballon off-spec

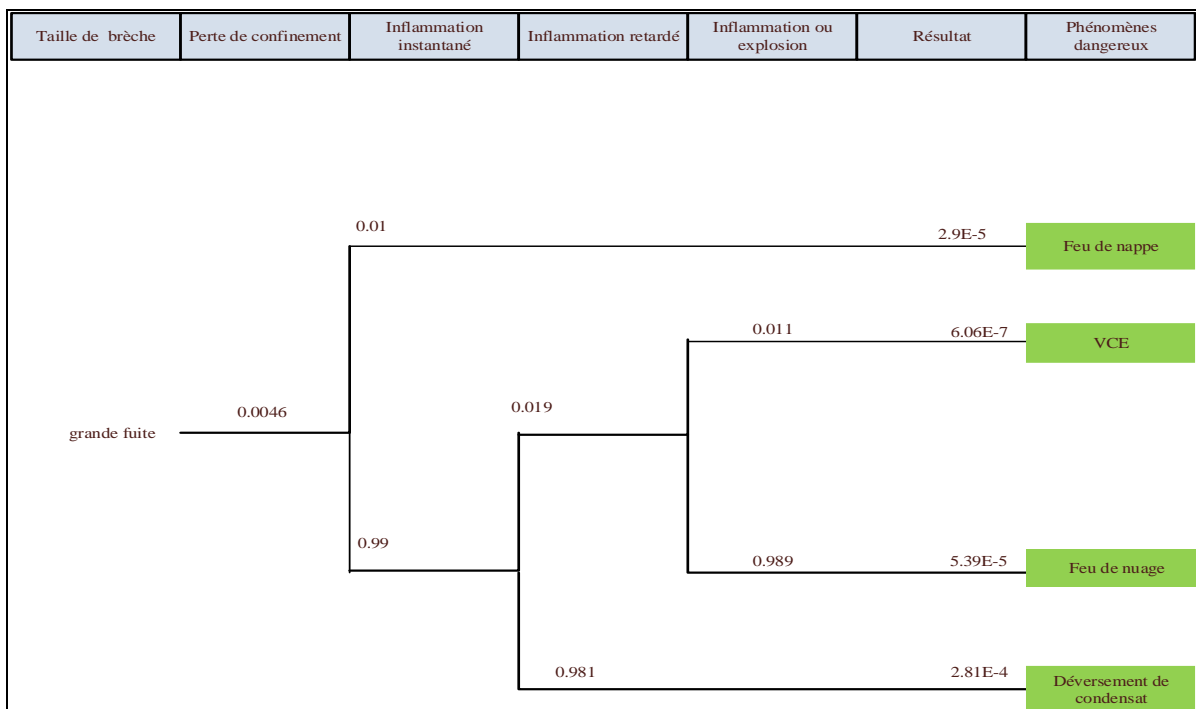


Figure 29 : AdE d'une grande fuite dans le ballon off-spec

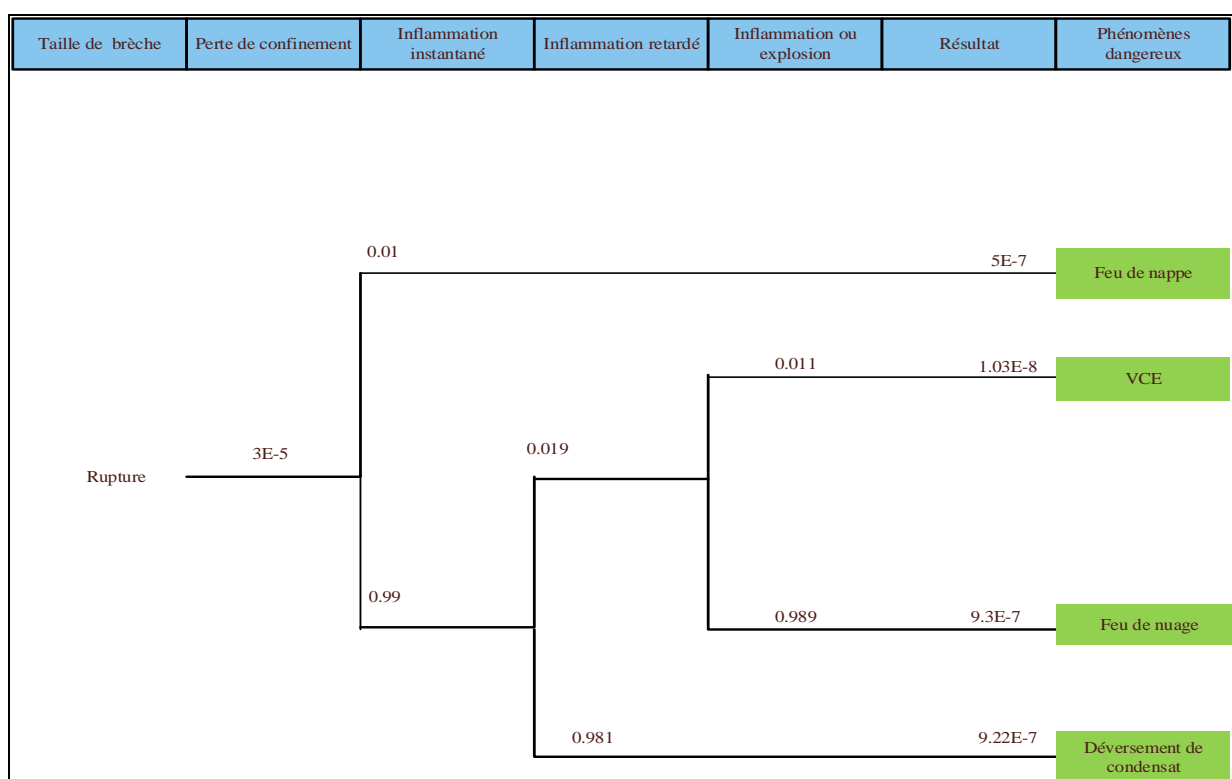


Figure 30 : AdE d'une rupture totale dans le ballon off-spec

Tableau 23 : Synthèse des résultats

Phénomènes dangereux	5mm	25mm	100mm	Rupture	Résultats
VCE	4.55E-5	9.51E-7	6.06E-7	1.03E-8	5.25E-5
Feu de nuage	4.09E-5	8.55E-6	5.39E-	9.3E-7	5.49E-5
Feu de nappe	2.42E-4	4.6E-5	2.29E-5	5.0E-7	3.14E-4

3.4.6 Interprétation des résultats

L'application de la méthode arbre d'événement sur les équipements critiques de système de stabilisation de condensat ; nous a permis d'évaluer les probabilités d'occurrence des scénarios précédemment identifiés

- Les principaux résultats obtenus sont

La probabilité d'occurrence de phénomène dangereux feu de torche dus à la perte de confinement de colonne de stabilisation est **1.90E-4** considéré très improbable selon l'échelle d'estimation de la probabilité mentionné au-dessous

La probabilité d'occurrence de phénomène feu de nappe dus à la perte de confinement de ballon de condensat hors spécifications est **3,14E-4** considéré très improbable selon l'échelle d'estimation de la probabilité.

Par L'analyse fonctionnelle nous avons décomposé le système en cinq unités de compression (booster 1ère étage), compression (booster 2ème étage), déshydratation, unité gaz lift, gaz miscible et une unité de stabilisation ; cette dernière suivie par une analyse préliminaire de risques montre que l'unité de stabilisation de pourcentage 30% de criticité de système est le plus critique.

La méthode AMDEC donne l'effet de mode de défaillance vieillissement sur les équipements d'unité de stabilisation et sur le procédé, la colonne de stabilisation de criticité 9 et le ballon de condensat OFF SPEC de criticité 8 considéré les plus critique, afin d'identifier les scénarios peut présenter par ces deux équipements nous avons appliqué la méthode HAZOP ; et ça donne feu de torche, VCE, feu de nuage, feu de nappe, et dispersion de condensat.

L'estimation de la probabilité de chaque scénarios a était faite par la méthode ADE, une feu de torche de probabilité $1.9E-4$ au niveau de colonne de stabilisation et une feu de nappe de probabilité $3.14E-4$ au niveau de ballon de condensat OFF SPEC sont considérés les plus probables

Ce résultat est insuffisant pour estimer les risques des équipements vieillissants car il nous fournit seulement les fréquences sans aucune information sur les gravités. Le prochain chapitre sera consacré à l'étude de la gravité des phénomènes les plus probables.

**Chapitre 04 : Modélisation, simulation des effets et
maîtrise des risques**

Chapitre 04 Modélisation et simulation des effets et maîtrise des risques

Ce chapitre consiste à faire une modélisation des effets des scénarios par le logiciel PHAST ainsi l'étape de la maîtrise des risques de **vieillessement**, des solutions technique et organisationnelle proposées concernent la réduction de probabilités et de gravités de phénomène.

4.1 Evaluation de gravité des phénomènes dangereux

La prise en compte de la présence de cibles vulnérables, situées à l'extérieur du site et exposées aux effets du phénomène dangereux permet d'évaluer sa gravité selon l'échelle d'appréciation de la gravité des conséquences humaines.

Tableau 24 : Cotation de gravité

Niveau de gravité	Zone délimitée par le seuil des effets létaux significatifs	Zone délimitée par le seuil des effets létaux	Zone délimitée par le seuil des effets irréversibles sur la vie humaine
5. Désastreux	Plus de 10 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1 000 personnes exposées
4. Catastrophique	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1 000 personnes exposées
3. Important	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
2. Sérieux	Aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
1. Modéré	Pas de zone de létalité hors établissement		Présence humaine exposée à des effets irréversibles inférieure à « une personne »

(1) Personnes exposées : personnes exposées à l'extérieur des limites du site, en tenant compte le cas échéant des mesures constructives visant à protéger les personnes contre certains effets et la possibilité de mise à l'abri des personnes en cas d'occurrence d'un phénomène dangereux si la cinétique de ce dernier et la propagation de ses effets le permettent.

4.2 Evaluation des effets

Chaque phénomène dangereux fait l'objet d'une modélisation où sont calculées les distances d'effets l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences

Pour cela nous avons utilisé un logiciel de modélisation PHAST

4.2.1 Généralité sur le logiciel PHAST [26]

✓ Description de l'outil PHAST

PHAST est un logiciel utilisé pour évaluer les situations présentant des risques potentiels pour le personnel, les installations et l'environnement, et pour mesurer la gravité de ses situations. [DNV PHAST .2006] PHAST appartient à une gamme de produits développée par DNV Software, reconnu comme le leader mondial dans le domaine de l'évaluation du risque d'accident industriel majeur. Tout naturellement il a été adopté par de nombreuses entreprises internationales de premier plan et par des gouvernements comme un précieux outil d'aide à la décision en matière de risque industriel et de sécurité publique. PHAST examine la progression d'un incident potentiel de la fuite initiale à la dispersion en champ lointain, incluant la modélisation de l'épandage et de l'évaporation des flaques, ainsi que les effets inflammables et toxiques.

✓ Avantages du PHAST

- Facilite la réduction des coûts en termes de pertes et d'assurances. Permet l'optimisation de la conception de site et de procédés ;
- Aide l'industrie à se conformer à la législation ;
- Permet une réponse plus rapide en cas d'incidents à risques ;
- Améliore la compréhension des dangers potentiels par les ingénieurs ;
- Les mises à jour régulières du logiciel incorporent les expériences et l'expertise les plus récentes dans l'industrie, ainsi que les dernières avancées dans la technologie de modélisation des conséquences.

✓ Industries utilisant actuellement PHAST

- Pétrole et gaz ;
- Entreprises pétrochimiques ;
- Fabricants de produits chimiques ;
- Gouvernements et autorités chargées de la réglementation ;
- Services de conseil et de conception ;
- Compagnies d'assurance et universités.

✓ Application

- Agencement de site ;
- Contrôle des stocks ;
- Contrôle de pollution ;

- Gestion de crise ;
- Préparation d'une étude de danger ;
- Evaluation d'opérations non courantes. [20]
- ✓ Modélisation nécessite les paramètres suivants
 - Le volume ou la masse de condensat contenu dans le réservoir ;
 - La température et la pression du bac ;
 - Les conditions météorologiques : la vitesse de vent et sa direction, la température de la région et l'humidité. [20]

4.2.2 Modélisation des zones d'effet

Application de logiciel PHAST

Dans notre cas, nous avons collecté les données utiles pour l'application sur le logiciel PHAST.

Tableau 25 : Données nécessaires à la réalisation de simulation :

Ballon de condensat off-spec 51-V-104	Colonne de stabilisation 51-V-101
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Capacité de ballon 91.3 m³ ; ▪ Température de la région 31 °C ; ▪ Hauteur élévation de Bac H=3 m. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Capacité de bac 12 m³ ; ▪ Température de la région 31 °C ; ▪ Hauteur élévation de Bac H=15 m.

Les seuils des effets thermiques prise en considération sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau 26 : Seuils des effets thermiques [27]

Niveau de radiation	Pour la vie humaine	Pour les structures
4 kW/m ²	seuil des effets irréversibles (SEL), « zone des dangers significatifs pour la vie humaine ».	Pas d'effet significatif.
12 kW/m ²	seuil des premiers effets létaux (SEL), « zone des dangers graves pour la vie humaine ».	seuil de destruction significative des vitres.
37,5 kW/m ²	seuil des effets létaux significatifs (SELS), « zone des dangers très graves pour la vie humaine ».	seuil des effets dominos, seuil des dégâts graves.

Chapitre 04 Modélisation et simulation des effets et maîtrise des risques

✓ Résultats pour le cas de colonne 51-V-101

Dans ce cas nous avons représenté les conséquences du feu de torche pour le cas de colonne de stabilisation, sans pris en considération la vitesse et la direction de vent (cas des faibles vitesses de vent). Les résultats de la modélisation avec le logiciel PHAST sont représentés par la Figure suivante :



Figure 31 : Catastrophie des effets thermiques d'un feu de torche dans l'unité de stabilisation de condensat

Les résultats des effets thermiques en fonction de la distance sont dans le tableau suivant :

Tableau 27 : Seuils des effets thermiques en fonction de la distance donnée par logiciel PHAST

Effet thermique (kW/m ²)	Distance (m)
4	285
12,5	166
37,5	111

✓ Interprétation des résultats des effets thermique pour le cas de colonne

Les modélisations sont effectuées à l'aide du logiciel PHAST, la substance utilisée pour représenter les effets liés à une libération de condensat brute est de **pentane** (la plus dominante).

Chapitre 04 Modélisation et simulation des effets et maitrise des risques

Les résultats montrent que la zone d'effet pour les seuils de 37,5 kW/m² (111 mètres de rayon), de 12,5 kW/m² (166 mètres de rayon) et de 4 kW/m² (285 mètres de rayon) recouvre l'entièreté du site de la zone de stabilisation étudiée, mais également les équipements voisins du site.

- ✓ Représentation des résultats pour le cas de ballon de condensat hors-spec 51-V-104

Les résultats de modélisation des conséquences pour le scénario de feu de nappe sont représentés dans la figure suivante :



Figure 32 Catastrophie des effets thermiques d'un feu de nappe

Les résultats des effets thermiques en fonction de la distance sont dans le tableau suivant :

Tableau 28 : Seuils des effets thermiques en fonction de la distance donnée par logiciel PHAST.

Effet thermique (kW/m ²)	Distance (m)
4	73
12,5	40

- ✓ Interprétation des résultats des effets thermique pour le cas de ballon off-spec

Les résultats montrent que la zone d'effet pour les seuils de 12,5 kW/m² (73 mètres de rayon) et de 4 kW/m² (40 mètres de rayon) recouvre l'entièreté du site de la zone de stabilisation étudiée, mais également les équipements voisins du site.

Chapitre 04 Modélisation et simulation des effets et maîtrise des risques

Les résultats fournis par l'analyse quantitative des risques dus au **vieillissement** dans le système de stabilisation de condensat montrent que le ballon de condensat hors spécification est l'équipement le plus critique

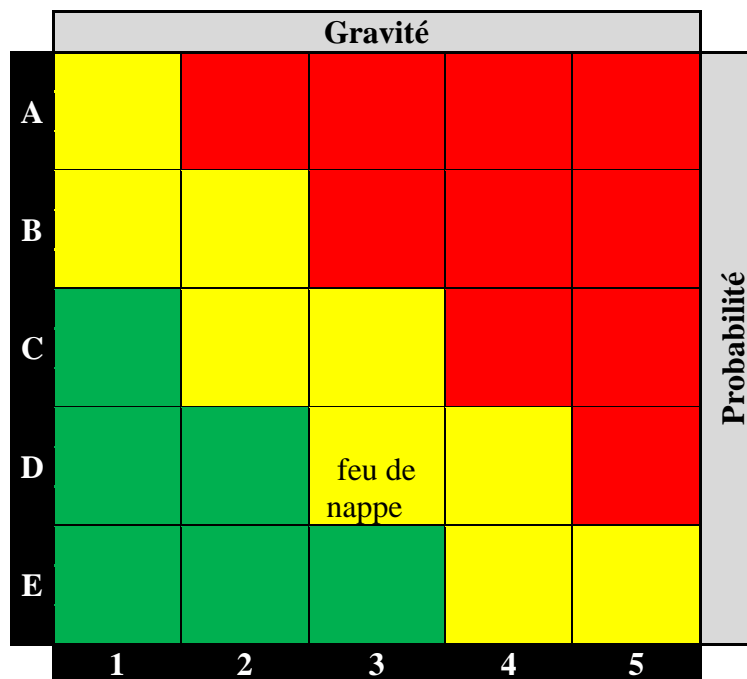


Figure 33 : Scénario Matrice de risque -perte de confinement de bac de condensat hors spécification [1]

L'application de la méthode nœud de papillon nous a permis de présenter l'événement redouté central, ses causes, ses conséquences, et la recommandation des barrières préventive et protectives permettant de réduire les risques relatives à la perte de confinement de l'équipement présentant des signes de **vieillissement**.

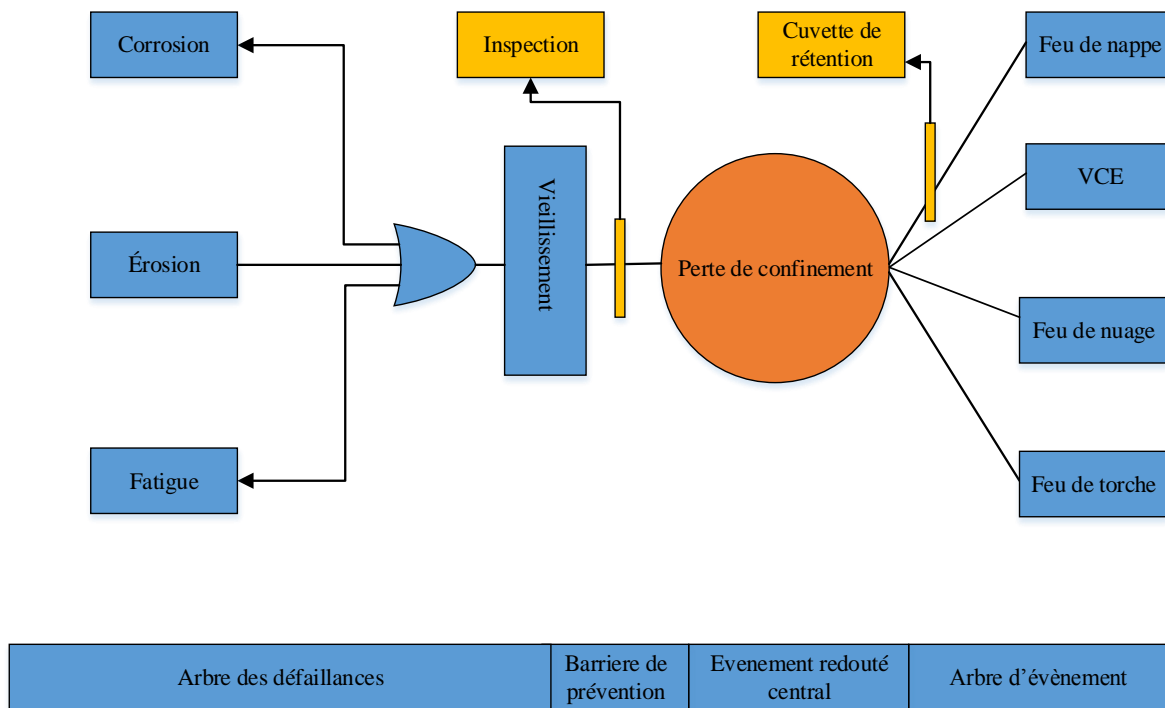


Figure 34 : Nœud papillon

4.3 Barrière préventif

La réduction de la probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux d'origine de vieillissement nécessite la mise en place des barrières préventives pour cela nous avons proposé l'élaboration d'un plans d'inspection suivie par un plans d'action.

Les plans d'inspection, visent à assurer la maîtrise de l'état et la conformité dans le temps des équipements critiques y compris celle de leurs accessoires de sécurité et accessoires sous pression et l'intégrité de structure.

De plus, son application peut être retenue pour l'élaboration des plans d'action et de control des équipements soumis à des spécifications de surveillance, lorsque leur défaillance pourrait avoir des conséquences sur le personnel et l'environnement, ou entraîner des dégâts matériels et des pertes importantes.

4.3.1 Identification d'échéance d'inspection par la méthode RBI [28]

L'inspection basée sur la criticité RBI est un processus dynamique qui doit être fondé sur une démarche d'amélioration continue destinée à optimiser l'inspection des installations industrielles, afin de diminuer au mieux le niveau de risque sans pour autant faire des

inspections inutiles. En effet, outre le coût financier des inspections. Le but de la méthode est d'augmenter la durée d'opération (diminuer les arrêts d'installation) et d'allonger la durée de vie des équipements tout en maintenant un niveau de risque équivalent, voir en le réduisant.

4.3.1.1 L'objectif de la méthode RBI [29]

La mise en œuvre d'une méthodologie RBI est une démarche volontaire. Elle permet d'adapter la fréquence de l'inspection en fonction des risques identifiés (probabilité de défaillance, conséquence des défaillances). En l'absence de mise en œuvre d'une telle méthodologie, les périodicités des inspections hors exploitation sont définies de manière forfaitaire conformément aux dispositions prévues.

4.3.1.2 Principe de la méthode proposé

- ✓ Établissement de la criticité d'un réservoir de stockage en fonction de la combinaison de la probabilité de défaillance et de la gravité des conséquences ;
- ✓ Détermination du plan d'inspection (natures, localisations, étendues et périodicités des actions d'inspection) en fonction de la criticité, du facteur de confiance et de la durée de vie résiduelle estimée.

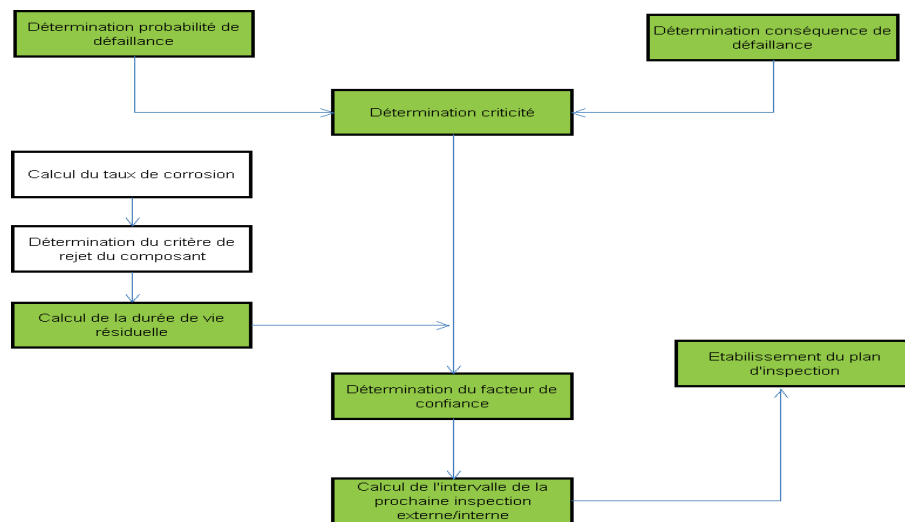


Figure 35 : Logigramme illustre le principe de la méthode.

Chapitre 04 Modélisation et simulation des effets et maîtrise des risques

✓ Détermination de la criticité

La criticité d'une section du réservoir résulte de la combinaison des probabilités et des conséquences d'une défaillance. Cette combinaison s'effectue le plus souvent sous forme matricielle.

La détermination de la criticité devra résulter de la combinaison homogène entre le mode détermination de la probabilité de défaillance et de la gravité des conséquences. C'est-à-dire que les probabilités et conséquences devront être établies en respectant les principes d'un des référentiels cités en remarque

Chaque emplacement dans la matrice présente un facteur de détermination k

Tableau 29 : Degré d'acceptabilité [30]

Emplacement	Valeur de k
Risque négligeable	0.8
Risque acceptable	0.6
Risque inacceptable	0.5

✓ Durée de vie résiduelle

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 ou les mesures de tassement du réservoir.

Dans le cas de corrosion, l'analyse est effectuée en utilisant la vitesse de dégradation et l'épaisseur de retrait (ou surépaisseur pour dégradation/corrosion) pour s'assurer que le réservoir n'est pas remis en service avec une épaisseur inappropriée.

La vitesse de dégradation peut être directement déduite de :

- l'historique des mesures d'épaisseur sur le réservoir concerné
- l'historique des mesures d'épaisseur sur un réservoir témoin

Chapitre 04 Modélisation et simulation des effets et maîtrise des risques

- l'efficacité des mesures de protection contre la corrosion (revêtement interne, liner, protection cathodique ...)
- de valeurs issues de la littérature lorsque les mesures ne sont pas disponibles.

Sauf justification particulière (modifications des conditions d'exploitation et/ou renforcement des mesures de protection) la valeur de la vitesse de dégradation retenue sera la plus pénalisante des valeurs issues des historiques de mesure.

La durée vie résiduelle est définie comme :

Durée de vie résiduelle (**RL**)= $(t_M - t_R) / \text{vitesse de dégradation}$, où :

t_M : dernière épaisseur minimale mesurée

t_R : épaisseur de retrait

L'épaisseur de retrait peut être prédéterminée ou déduite de calculs appropriés contenus dans les codes de conception et de réparation.

- ✓ Facteur de confiance

Le facteur de confiance reflète l'appréciation portée sur la robustesse de l'analyse de la durée de vie résiduelle.

Le facteur de confiance dépend, de façon non exhaustive :

- ✓ du nombre d'inspections précédemment réalisées
- ✓ de l'intervalle d'inspection précédente
- ✓ de la qualité des données issues des inspections précédentes (niveau d'efficacité)
- ✓ de la qualité des méthodes d'inspection (hors exploitation et en service)
- ✓ du résultat des inspections
- ✓ des mesures de maintenance préventive et du type et de l'étendue des réparations
- ✓ des affectations successives du réservoir

Remarque sur la détermination du facteur de confiance : une première détermination peut être obtenue sur la base d'analyses génériques. Cependant sa détermination doit être faite de façon approfondie lors de chaque établissement d'un nouvel intervalle d'inspection.

Chapitre 04 Modélisation et simulation des effets et maîtrise des risques

- ✓ Détermination de la prochaine date d'inspection

Pour chaque section du réservoir, l'intervalle avant la prochaine inspection est fonction de la durée de vie résiduelle, de la criticité et du facteur de confiance. La prochaine date d'inspection sera la plus proche de celles des trois sections considérées.

L'utilisation du facteur de confiance conduit à disposer d'une marge de sécurité par rapport à la durée de vie résiduelle théorique

- ✓ Exploitation de la criticité - Plan d'inspection fonction du risque

Les modalités du plan d'inspection sont adaptées en fonction de la criticité du réservoir. Les natures, localisations, étendues et périodicités des actions d'inspection et atténuation de la criticité (mitigation) sont définies en fonction des modes et cinétiques de dégradation ainsi que du niveau de criticité. Ces actions d'inspection et d'atténuation de la criticité (mitigation) ont pour objet de maîtriser la criticité et de garantir l'intégrité du réservoir.

- ✓ Revue du plan d'inspection

Une revue systématique du plan d'inspection doit être faite en cas d'évolution de la criticité, après chaque inspection interne, ainsi qu'en cas de modification des conditions de stockage (température notamment) et de changement d'affectation du réservoir (nature du produit stocké).

4.3.1.3 Application de la méthodologie RBI

Tableau 30 : Caractéristiques d'équipement

Caractéristiques de réservoir	
Nom	51-V-104
Date de construction	2000
Matière stocke	Condensat
Mode de dégradation	Corrosion
Dernière inspections	2012
Epaisseur de virole	45 mm
Epaisseur fond 1	45 mm

Chapitre 04 Modélisation et simulation des effets et maîtrise des risques

Epaisseur fond 2	45 mm
------------------	-------

Tableau 31 : Calcule la Durée de vie résiduelle

Information sur la mesure d'épaisseur	
Date d'inspection	2006
Epaisseur de virole	40.5 mm
Epaisseur de fond 1	40.6 mm
Epaisseur de fond 2	40.45 mm
Epaisseur de retrait	16 mm

$$\text{Durée de vie (RL)} = (t_m - t_R) / \text{vitesse de dégradation}$$

Tableau 32 : Vitesse de dégradation et durée de vie

Composant	Vitesse de dégradation	Durée de vie (an)
Virole	0.81	31.24
fond 1	0.73	34.69
fond 2	0.75	33.60

- ✓ Détermination de la criticité

La criticité de ballon est déterminée dans le chapitre précédent sa valeur est D3 équivalent au facteur de détermination $k_0=0.6$

- ✓ Détermination du facteur de confiance

Ce facteur est déterminé de la façon suivante :

- Attribution d'une valeur initiale K_0 fonction de la criticité
- Ajout de facteurs correctifs C_{ri} appelés facteurs de crédit qui sont fonction des autres éléments dont dépend K

$$K = K_0 + \sum C_{ri}$$

Chapitre 04 Modélisation et simulation des effets et maîtrise des risques

- La valeur de K ne peut être en aucun cas supérieure à 1
- la valeur de K0 peut être déterminée de la façon suivante
- ✓ La détermination des facteurs de crédit

En fonction du type de contrôle non destructif réalisé en service

- Niveau A : Cr = 0.1
- Niveau B : Cr = 0.05
- Niveau C : Cr = 0

$$K = 0.6 + 0.05 = 0.65$$

- ✓ Calcule l'intervalle de la prochaine inspection

$$\text{Intervalle de la prochaine inspection} = RL \times K$$

Tableau 33 : La date d'inspection de chaque composant

Composant	Intervalle d'inspection an	Date d'inspection
Virole	20	2026
Fond 1	22	2028
Fond 2	21	2027

La détermination d'échéance d'inspection doit être accompagné par un plan d'action afin de réduire la probabilité de défaillance en fonction des résultats de l'application de la méthode RBI sur le réservoir étudié précédemment.

4.4 Plan d'action de maintenance

Le plan d'action touche tous composants de réservoir affecté par le vieillissement

4.4.1 Réparation de la virole de réservoir.

Le mode de réparation des défauts localisés tels que les pertes d'épaisseur, les défauts métalliques en général découverts au cours d'une inspection des viroles est défini au cas par cas :

- ✓ Par rechargement, selon les règles définies dans les normes, en s'appuyant sur des qualifications de soudage adéquates,
- ✓ Par inserts de tôles complètes ou partielles en découpant et en soudant bout à bout parallèlement aux soudures existantes. Pour rappel, les inserts doivent respecter les principes suivants :
 - L'épaisseur minimale des tôles de remplacement devra être égale à l'épaisseur nominale de la plus épaisse des tôles de la même virole et les nuances équivalentes ;
 - Les dimensions, distances entre soudures et formes des inserts sont donnés dans les codes pris en référence ;
 - Avant de souder les nouveaux cordons verticaux, les soudures horizontales doivent être découpées
- ✓ Les soudures verticales doivent être réalisées avant les soudures horizontales

4.4.2 Revêtements

Les systèmes de peintures représentent un moyen de protection contre la corrosion atmosphérique, y compris sous calorifuges et ignifuges. C'est également un moyen efficace de prévention de la corrosion interne. Les spécifications de qualification, d'application et de contrôle doivent être particulièrement étudiées et leur respect vérifié.

En construction, l'emploi de tôles pré-peintes en usine se généralise pour les réservoirs

La majorité des défaillances prématurées d'un revêtement étant due à une mauvaise préparation de la surface, au choix d'un produit inadapté ou à une mauvaise application, la préparation et le contrôle de chaque phase du travail sont essentiels.

Il convient de vérifier le revêtement afin de détecter les bulles, et les zones minces en utilisant un détecteur à étincelles haute tension ou une éponge humide basse tension pour les petites surfaces.

- ✓ Revêtements extérieurs.

Dispositions particulières pour assurer la meilleure performance du revêtement :

- Bonne conception des détails structuraux pour minimiser la corrosion (par ex. soudure d'étanchéité pour les composants soudés par points comme des poutres principales au vent avant de peindre) ;
 - Elimination des angles vifs, des surfaces de cordons de soudures trop irrégulières, des constructions attaches provisoires etc., où les effets de tension de surface conduisent à des zones où l'épaisseur de peinture est insuffisante ;
 - Prescription d'une couche supplémentaire ou primaire, à la brosse sur toutes les soudures, angles et bords afin d'assurer une épaisseur suffisante de revêtement.
- ✓ Revêtements intérieurs

Les revêtements intérieurs sont appliqués pour prévenir les pertes d'épaisseur par corrosion interne ou pour éviter la contamination du produit stocké.

Principaux facteurs guidant le choix

Le choix du type de revêtement intérieur dépend de nombreux facteurs déjà cités pour les revêtements extérieurs et des suivants :

- Compatibilité avec le produit stocké ;
- Atmosphère de travail : en intérieur réservoir et pour limiter le port d'EPI spécifiques, on utilisera des peintures sans solvant qui changeront de couleur sur les parties de viroles exposées à l'atmosphère et à la lumière ;
- Pour les fonds de réservoirs, l'épaisseur du revêtement dépend principalement de l'état d'enroulement de la tôle ;
- Pour les revêtements de virole : une certaine résistance à l'abrasion est nécessaire.
- Le contrôle final du revêtement intérieur est nécessaire pour s'assurer que le revêtement est entièrement polymérisé avant de remettre le réservoir en service ;
- Des dispositions particulières comme la reprise de l'intégralité de la couche de fermeture après réparation permettent de réobtenir une garantie sur plusieurs années.

4.4.3 Vannes

- ✓ Les vannes d'isolation (51-PSV1173)

Sont des équipements faisant partie des systèmes spéciaux de sûreté. Il s'agit de vannes pneumatiques qui sont en position fermée en attente. Elles doivent ouvrir sur un signal afin de créer une pression suffisante à l'aspiration de réservoir permettant d'éviter qu'elles cavité.

Les vannes doivent refermer afin d'éviter de laisser pénétrer de l'air dans le système ce qui aurait pour conséquence une perte de réservoir présentement aucun entretien préventif ni inspection périodique n'est réalisé sur ces vannes.

Cependant, il y a la ronde d'inspection au début du quart qui vise à identifier la présence déduites d'air et/ou d'eau, des bruits anormaux.

- ✓ Vannes de régulation des niveaux

Les vannes de régulation des niveaux et sont des équipements faisant partie des systèmes importants de procédés. Il s'agit de vannes pneumatiques à soupape elles servent à garder constant, en fonction de réservoir, le niveau de fluide en contrôlant l'ouverture des vannes de régulation.

- Entretien, inspection et essai

Présentement, il existe un entretien préventif, sur les vannes des 2 parités, qui consiste à vérifier la présence de fuites d'air sur toute la tubulure de la vanne. De plus, aucune inspection périodique ni aucun essai n'est réalisé sur ces vannes. Cependant, une ronde d'inspection visuelle et auditive est exécutée au début du quart et vise à identifier la présence de fuites d'air et/ou d'eau, des bruits anormaux.

4.5 Barrière protective

Pour diminuer la gravité de scénarios et pouvoir le protéger contre les risques de feu de nappe, nous proposons la mise en place d'une cuvette de rétention pour assurer la collection des rejets de matières dangereuses et par conséquent limiter le risque de formation ou de propagation de phénomènes dangereux.

4.5.1 Dimensionnement de la cuvette

Les principaux effets des feux de nappes se sont les effets thermiques pour lesquelles ils présentent un très graves danger pour l'homme et la structure selon leur densité du flux qui est en KW/m^2 .

4.5.1.1 Longueur de la cuvette

Pour bien mettre en évidence la fonction principale d'une cuvette de rétention qui est de collecter les déversements, nous devons choisit une longueur qui doit être supérieur à la longueur du réservoir Une valeur de **12 m** a été choisi pour d' définir la longueur.

4.5.1.2 Largeur de la cuvette

Le réservoir a un diamètre nominal

Égale 3.2 m. La largeur de la cuvette doit être supérieur à celui-ci. Une valeur de **5 m** à été choisi pour définir la largeur.

La première fonction d'une cuvette de rétention est de collecter les écoulements des stockages .A cet effet la rétention doit être conçu et dimensionnée par rapport à la quantité de matière susceptible de s'écouler et au volume de mousse nécessaire pour l'extinction. La relation entre ces paramètres est donnée par l'équation : [31]

Cuvette = Réservoir + Mousse

V de réservoir est $92.4 m^3$

La législation Algérienne à l'instar de là l' législation Française exige que l'épaisseur de la mousse dans le cas de l'extinction d'un feu d'hydrocarbure doit être supérieur à 15 cm, quel que soit le foisonnement de la mousse.

Le volume de la mousse est donné par l'équation suivante :

Mousse = $S_{cuvette} \times ep$

Mousse=9 m³

D'ou :

$S_{cuvette}$: surface de la cuvette(L.l) est = $60m^2$

L : Longueur de la cuvette (12m) l : largeur de la cuvette (5m)

Ep : épaisseur de la mousse 0.15m

Le volume de la cuvette est donné par l'équation suivante :

Cuvette = V réservoir + V Mousse

Cuvette = 101m³

La hauteur de la cuvette est calculée par l'équation suivante :

$$H = V_{\text{cuvette}} / LI$$

$$H = 1.68\text{m}$$

4.5.2 Extinction de feu de nappe

Pour l'extinction du feu de nappe nous recommandons d'utiliser la mousse comme agent extincteur. La mousse permet d'étouffer le feu, en empêchant l'apport de l'O₂ au liquide en feu, et isoler les vapeurs et les gaz inflammables. Elle permet aussi de refroidir le feu et constitue un écran contre la chaleur rayonnante.

Le tableau représente les caractéristiques de la mousse utilisée [2].

Tableau 34 : Caractéristiques de la mousse

Type émulsion	Coefficient de foisonnement	Taux Foisonnement	Concentration
Synthétique	5	bas foisonnement	3 %

✓ Solution moussante

Pour produire de la mousse, il est nécessaire de mélanger, grâce à un brassage énergétique, les trois composants suivants :

- ✓ eau sous pression
- ✓ émulseur
- ✓ gaz (CO₂ pour les mousses chimiques et l'air ambiant pour les mousses physiques)

Chapitre 04 Modélisation et simulation des effets et maîtrise des risques

Le taux de foisonnement est donné par l'équation suivante :

Volume de mousse

$TF = \text{volume de mousse} / \text{volume de solution moussante}$

Volume de la solution moussante = $V_{\text{MOUSSE}} / TF = 1.8 \text{ m}^3$

✓ Volume emulsion

Le volume d'émulseur est donné par l'équation suivante :

$V_{\text{émulseur}} = V_{\text{S.moussante}} \times \text{concentration}$

$V_{\text{émulseur}} = 0.27 \text{ m}^3$

✓ Volume d'eau nécessaire

$V_{\text{eau}} = V_{\text{S.moussante}} - V_{\text{émulseur}}$

$V_{\text{eau}} = 1.8 - 0.27 = 1.53 \text{ m}^3$

Un réservoir de 2000L avec 270L d'émulseur permet d'étouffer le feu de nappe dans la cuvette.

Pour la maîtrise de vieillissement et ses risques associés nous avons proposé des périmètres de sécurité organisationnel et technique, il s'agit d'une procédure de contrôle et de maintenance en terme de prévention de risque, et une cuvette de rétention suit par les calculs des quantités de mousse, d'émulseur et la quantité d'eau nécessaire pour l'extinction de feu de nappe.

Dans la première partie de ce chapitre nous avons réalisé une modélisation des effets des scénarios identifiés et évalué leurs gravités. Le scénario feu de nappe au niveau de ballon de condensat **OFF SPEC** de criticité **D3** est considéré le plus probable et le plus grave que un feu de torche de colonne de stabilisation.

Dans la deuxième partie des mesures de réduction des risques a été proposée et schématisé par la méthode nœud papillon, une barrière préventif organisationnel consiste à élaborer un plan d'inspection, l'estimation de temps d'inspection qui est calculé selon la méthode **RBI**, pour l'équipement étudié est **2026**, accompli par un autre plans d'action et de maintenance **0.27 m³** volume de **1.53 m³** ;

Pour la maîtrise de risque feu de nappe une cuvette de rétention a été proposée avec des calculs des dimensions qui est de longueur **12 mètre**, largeur supérieur à **5 m**, hauteur **1.68 m**,

Chapitre 04 Modélisation et simulation des effets et maîtrise des risques

volume **101 m³**, des volumes des agents d'extinctions qui sont volume de la mousse **9 m³**
volume d'émulseur **0.27 m³** et volume d'eau **1.53m³**.

Conclusion générale

L'objectif de ce travail est d'évaluer et maîtriser les risques causés par le vieillissement au niveau du centre New Zotti champ El Gassi. Pour atteindre cet objectif, nous avons tracé une méthodologie avec des outils adaptés en alignant notre démarche sur le processus de maîtrise des risques de la norme ISO 31000.

Une analyse critique de l'EDD et une analyse statistique de l'accidentologie, nous a montré l'absence d'un système de management de vieillissement des équipements de centre, un déploiement d'une APR pour tous les systèmes de centre de traitement montre que le sous-système de stabilisation de condensat présente le plus de risques critique avec un pourcentage de **30%**. Ensuite nous avons appliqué la méthode AMDEC pour ce système celle-ci nous a permis de déterminer les équipements présentent des signes de vieillissement, les modifications sur les paramètres mesurés de procédé et la criticités de chaque équipement qui est **11%** des risques inacceptable et **89%** des risques acceptables.

Les scénarios possibles provoqués par des déviations des paramétrés de procédé et identifier par la méthode HAZOP sont feu de torche, feu de nappe, VCE, feu de nuage.

Le calcul de probabilités d'occurrence de chaque scénarios est réalisé selon la méthode arbre d'événement, les résultats montrent que le ballon de condensat présente un scénario de feu de nappe de probabilité **$3.14 \cdot 10^{-4}$** considéré très improbable que celle de colonne de stabilisation qui est **$1.9 \cdot 10^{-4}$** .

La modélisation des effets du phénomène le plus probable à l'aide du logiciel PHAST a conduit à la détermination de la zone critique qui entoure le danger. Elle a également permis de connaître les cibles visées afin d'estimer la gravité et effectuer l'emplacement final de scénarios critiques dans une matrice de criticité.

La combinaison entre les causes et les conséquences est aboutie à une présentation d'un nœud de papillon contenant des barrières de sécurité pour réduire la probabilité de survenance des phénomènes dangereux dus au vieillissement.

La mise en place de la méthode **RBI** sur l'équipement critique donne une optimisation de temps, des coûts d'inspection par la détermination d'échéance des inspections qui est en **2026** suivie par un plan d'action ; d'intervention et de maintenance

pour diminuer la gravité de scénario feu de nappe des solutions techniques proposés, s'agit d'une cuvette de rétention avec des calculs des dimensions qui est de longueur **12 mètre**, largeur supérieur à **5 m**, hauteur **1.68 m**, volume **101 m³**, des volumes des agents d'extinctions qui sont volume de mousse **9 m³** volume d'émulseur **0.27 m³** et volume d'eau **1.53m³**.

Et enfin, nous proposons comme perspectives, d'une part, l'application de ces solutions pour des installations similaires de centre. Et d'autre part, une étude globale de maîtrise de risques causés par le vieillissement pour les autres centres de champ dans l'optique d'améliorer la sécurité des personnes et des installations.

Bibliographie

- [1] (Champ GEA)
- [2]. (La base ARIA du BARPI).
- [3]. La norme ISO 31000
- [4]. DRA71 – final - Benchmark international sur les réglementations et pratiques de maîtrise du vieillissement des installations industrielles
- [5]. DRA 71 - Opération A1.2 DRA 73 - Opération C2.1 Maîtrise du vieillissement des installations industrielles Benchmark stockage en raffinerie
- [6] La norme ISO 8044
- [7]. ISO/CEI Guide 73, 2002).
- [8]. NF X 50-150
- [9], [10.] La norme CEI-300-3-9 (CEI 300-3-9, 1995
- [11]. ISET Nabeul A.U. : 2013-2014
- [12]. (CEI 61882, Mai 2001), (CEI 60812, Janvier 2006) (CEI 300-3-9, 1995) (RE. Aéro 701 [11], Novembre 1986) (Lievens, 1976), (Villemeur, 1988), (Laurant, 2003)
- [13]. La norme CEI : 61882
- [14]. (CEI 60812, Janvier 2006) (CEI 300-3-9, 1995) (RE. Aéro 701 11, Novembre 1986) (Lievens, 1976), (Villemeur, 1988), (Laurant, 2003)
- [15] (INERIS-DRA, 2003) (Joly & Vallee, 2004).
- [16.] Norme EN 292-1
- [17] Norme EN 1050
- [18] Norme EN 292-1

-
- [19] ISO/CEI, 2002
- [20] Journal officiel
- [21] Analyse critique d'une étude de dangers d'une Installation Classée.Ω-18
- [22] MERAD.M.M, 16 mars 2004, INRIS-DRA 38- appui technique aux comités nationaux d'harmonisation des pratiques des études de dangers et des expertises- analyse de l'état de l'art sur les grilles de criticité.)
- [23] OGP 434-06 probabilité d'ignition
- [24] OGP 434-03 probabilité de défaillance
- [25] Agrégation semi-quantitative des probabilités dans les études de dangers des installations classées OMEGA 25
- [26], [27]= <http://www.ineris.fr/fr/evaluation-des-version-60-et-61-de-phast> date et heure de consultation 20/06/2019 à 10h : 54.
- [28] API 580 RBI RECOMMENDED PRACTICE 580 SECOND EDITION, NOVEMBER 2009
- [29]. RAPPORT D'ÉTUDE 28/05/2018 N° DRA-18-160224-01606B BENCHMARK ET ANALYSE SUR LES MÉTHODOLOGIES RBI APPLIQUÉES AUX ÉQUIPEMENTS SOUS PRESSION
- [30] EEMUA 159: Maintenance and inspection of above ground vertical cylindrical steel storage tanks □ Préconisation de travaux selon NF EN 14015
- [31]. M.J. Hurley. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, volume 3493. Society of Fire Protection Engineers, springer édition, 2016.

Annexes

Annexe 1 : Décomposition fonctionnelle

N° de S	Système			Sous système				
	Nom	Entrée	Sortie	N° de S	Nom	Entrée	Sortie	Equipement
A5	Stabilisation du condensat	Condensat	Condensat	A-5-1	<ul style="list-style-type: none"> 01 Ballon de condensat 23-V-105 	Condensat	Condensat	<ul style="list-style-type: none"> Ballon de condensat <ul style="list-style-type: none"> 02 pompes 23-P-102 A/B Valves : (23-SDV-1007 ; 23-SDV-1006 ; 23-FCV-1001 ; 23-LCV-1011 ; 23-LCV-1009 ; 23-PCV-1011). Pipeline Canalisations
				A-5-2	<ul style="list-style-type: none"> 02 ballons de condensat OFFSPEC 51-V-103/104 	Condensat	Condensat	<ul style="list-style-type: none"> Ballon off-spec 103 Ballon off-spec 104 02 pompes 51-P-105 A/B <ul style="list-style-type: none"> Valves: 51SDV1002 ; 51SDV1005 ; 51FCV1005 ; 51FCV1006 ; 02 NC, 02 PREG-1006 Pipline

Annexes

				A-5-3	01 Colonne de stabilisation 51-V-101	Condensat	Condensat	<ul style="list-style-type: none"> • Une colonne de stabilisation • 02 pompes 51-P-102 A/B <ul style="list-style-type: none"> • Valves : (51-FCV-1103 ; 51-PCV-1101 ; 51-LCV-1101) • Pipeline
				A-5-3	Rebouilleur 51-HF-102	Condensat	Condensat	<ul style="list-style-type: none"> • Rebouilleur • Valves : (51-SDV-1115 ; 51-SDV-1112). • Pipeline
				A-5-4	Echangeurs de chaleur 51-X-101 A/B	Condensat	Condensat	<ul style="list-style-type: none"> • Echangeur A/B • 02 filtre 51-F-101 A/B • Valve 51-SDV-1106 • Pipeline
				A-5-5	Bac de condensat ONSPEC 51-T-101	Condensat	Condensat	<ul style="list-style-type: none"> • Bac de stockage • 02 pompes 51-P-103 A/B • Valves : (51-SDV-1004 ; 51-SDV-1003 ; 51-FCV-1004 ; 51-FCV-1003) • Pipeline

Annexe 2 : APR Unité de compression (booster 1ère étage)

Système : Unité de compression (booster 1ère étage)					Fonction : compression de gaz					
SS	Equipements	Evènements redoutés	Causes	Conséquences	P	G	C	Mesures de prévention	mesures de protection	N° de R
A-1-1-1	Séparateur (un slug catcher 23-V-106)	Fuite externe	vieillessement/ défaillance de régulation les joints d'étanchéité abîmer	VCE/ chute de pression/flux instable et inflammable	2	3	6	Soupape de sécurité Capteur de pression Disque de rupture Surveillance périodique Arrêt d'urgence (AU), Détecteur de gaz Protection cathodique des, inhibiteur de corrosion	Protection incendie, Moyens fixe d'extinction - système détection - surveillance (camera) Vanne d'isolation	R1
A-1-1-2	Compresseur centrifuges (en première phase d'exploitation, deux en fonctionnement et un en réserve 23-K-101/111/121)	Surpression	Augmentation de la T° défaut de régulateur/ vieillessement	VCE/explosion incendie	2	4	8	Soupape de sécurité Capteur de pression Disque de rupture Surveillance périodique Arrêt d'urgence (AU), Détecteur de gaz Protection cathodique des, inhibiteur de corrosion	Protection incendie, Moyens fixe d'extinction - système détection - surveillance (camera) Vanne d'isolation	R2
A-1-1-3	Ballons d'aspirations	Perte de confinement	vieillessement/ défaillance de régulation	VCE/ explosion incendie	1	2	2	Soupape de sécurité Capteur de pression Disque de rupture Surveillance périodique , Détecteur de gaz Protection cathodique, injection d'inhibiteur de corrosion	Protection incendie, Moyens fixe d'extinction - système détection - surveillance (camera) Vanne d'isolation	R3

Annexes 3 : APR Unité de compression (booster 2ème étage)

Système : Unité de compression (booster 2ème étage)					Fonction : compression de gaz					
SS	Equipements	Evènements redoutés	Causes	Conséquences	P	G	C	mesures de prévention	mesures de protection	N° de R
A-1-2-1	Séparateur (un slug catcher 23-V-107/104)	Fuite externe	Vieillessement/défaillance de régulation les joints d'étanchéité abîmé	VCE/ chute de pression/flux instable et inflammable	2	3	6	Soupape de sécurité Capteur de pression Disque de rupture Surveillance périodique Arrêt d'urgence (AU), Détecteur de gaz Protection cathodique des, inhibiteur de corrosion	Protection incendie, Moyens fixe d'extinction - système détection - surveillance (camera) Vanne d'isolation	R4
A-1-2-2	Compresseur centrifuges (en première phase d'exploitation, deux en fonction et un en réserve 23-K-102/112/122)	Surpression	Augmentation de la T° défaut de régulateur/vieillessement	VCE/explosion incendie	2	4	8	Soupape de sécurité Capteur de pression Disque de rupture Surveillance périodique Arrêt d'urgence (AU), Détecteur de gaz Protection cathodique des, inhibiteur de corrosion	Protection incendie, Moyens fixe d'extinction - système détection - surveillance (camera) Vanne d'isolation	R5
A-1-2-3	Ballons De détente	Perte de confinement	Vieillessement/défaillance de régulation	VCE/ explosion incendie	1	2	2	Soupape de sécurité Capteur de pression Disque de rupture Surveillance périodique , Détecteur de gaz Protection cathodique, injection d'inhibiteur de corrosion	Protection incendie, Moyens fixe d'extinction - système détection - surveillance (camera) Vanne d'isolation	R6

Annexes 4 : APR Unité de déshydratation

Système : Unité de déshydratation					Fonction : séchage					
SS	Equipement	Evènement redouté	Causes	Conséquence	P	G	C	Mesures de prévention	Mesures de protection	N° de R
A-2-1	Sécheurs (tamis moléculaires) 25-Y-101	Surchauffe	vieillessement/défaut de régulation*	Incendie /explosion	2	3	6	<p>Détecteur de température</p> <p>La maintenance régulière</p> <p>Inspection et vérification de des équipements critiques.</p> <p>L'entretien et l'inspection régulière des alarmes et des systèmes de détection de feu de chaleur et de gaz.</p> <p>La veille à la robustesse des procédures et des plans d'urgence</p>	<p>Protection incendie, Moyens fixe d'extinction</p> <p>Système détection</p> <p>Surveillance (camera)</p> <p>Vanne d'isolation</p>	R7

Annexes

A-2-2	Unité de conditionnement de fuel gaz, 28-Y-101	Perte de confinement	Vieillessement	Incendie/ explosion	2	2	4	<p>Détecteur de pression</p> <p>La maintenance régulière</p> <p>Inspection et vérification des équipements critiques</p> <p>L'entretien et l'inspection régulière des alarmes et des systèmes de</p> <p>Détection de feu de chaleur et de gaz</p> <p>La veille à la robustesse des procédures et des plans d'urgence</p>	<p>Protection incendie, Moyens fixe d'extinction - système détection - surveillance (camera)</p> <p>Vanne d'isolation</p>	R8
A-2-2	Réchauffeur électrique 25-HF-105	Surchauffe	Défaut de régulation	Explosion /incendie	2	2	4	<p>Détecteur de pression</p> <p>La maintenance régulière</p> <p>Inspection et vérification des équipements critiques</p> <p>L'entretien et l'inspection régulière des alarmes et des systèmes de détection de feu de chaleur et de gaz</p> <p>La veille à la robustesse des procédures et des plans d'urgence</p>	<p>Protection incendie, Moyens fixe d'extinction - système détection - surveillance (camera)</p> <p>Vanne d'isolation</p>	R9

Annexes

A-2-2	Ballon de séparation KOD	Perte de confinement	Fuite externe	dispersion de condensat	2	2	4	<p>Soupape de sécurité</p> <p>Capteur de pression</p> <p>Disque de rupture</p> <p>Surveillance périodique</p> <p>Arrêt d'urgence (AU), Détecteur de gaz</p> <p>Protection cathodique injection des inhibiteurs de corrosion</p>	<p>Protection incendie, Moyens fixe d'extinction - système détection - surveillance (camera)</p> <p>Vanne d'isolation</p>	R10
-------	--------------------------	----------------------	---------------	-------------------------	---	---	---	---	---	-----

Annexes 5 : APR Unité de gaz lift

Système : Unité de gaz lift					Fonction : compression				N° de R	
SS	Equipement	Evènement redouté	Causes	Conséquences	P	G	C	Mesures de prévention		Mesures de protection
A-3-1	Ballon de détente (d'aspiration)	Perte de confinement	Vieillessement/défaut de régulation	Feu de nappe	2	2	4	Soupape de sécurité Capteur de pression Disque de rupture Surveillance périodique Arrêt d'urgence (AU), Détecteur de gaz Protection cathodique des, inhibiteur de corrosion	Protection incendie, Moyens fixe d'extinction - système détection - surveillance (camera)	R11
A-3-2	Aéroréfrigérants	Fuite externe	Vieillessement/	Feu de nappe	2	2	4	Soupape de sécurité Capteur de pression Disque de rupture Surveillance périodique Arrêt d'urgence (AU), Détecteur de gaz Protection cathodique des, inhibiteur de corrosion	Protection incendie, Moyens fixe d'extinction - système détection - surveillance (camera)	R12
A-3-3	Compresseur centrifuge	Surpression	Défaut de régulateur de P/ vieillissement Des vibrations de hautes fréquences Défaillance de la vanne d'aspiration	Incendie/ explosion	2	4	8	Soupape de sécurité Capteur de pression Surveillance périodique Arrêt d'urgence (AU), Détecteur de gaz Protection cathodique des, inhibiteur de corrosion	Protection incendie, Moyens fixe d'extinction - système détection - surveillance (camera)	R13

Annexes 6 : APR Unité de gaz miscible

Système : Unité de gaz miscible					Fonction : compression					N° de R
SS	Equipement	Evènement redouté	Causes	Conséquences	P	G	C	mesures de prévention	mesures de protection	
A-4-1	Ballon de détente (d'aspiration)	Perte de confinement	Vieillessement/défaut de régulation	Feu de nappe	2	2	4	Soupape de sécurité Capteur de pression Disque de rupture Surveillance périodique Arrêt d'urgence (AU), Détecteur de gaz Protection cathodique des, inhibiteur de corrosion	Protection incendie, Moyens fixe d'extinction - système détection - surveillance (camera)	R14
A-4-2	Aéroréfrigérants	Fuite externe	Vieillessement	Feu de nappe	2	2	4	Soupape de sécurité Capteur de pression Disque de rupture Surveillance périodique Arrêt d'urgence (AU), Détecteur de gaz Protection cathodique des, inhibiteur de corrosion	Protection incendie, Moyens fixe d'extinction - système détection - surveillance (camera)	R15
A-4-3	Compresseur centrifuge	Surpression	Défaut de régulateur de P/ vieillessement Des vibrations de hautes fréquences Défaillance de la vanne d'aspiration	Explosion/ incendie	1	5	5	Soupape de sécurité Capteur de pression Surveillance périodique Arrêt d'urgence (AU), Détecteur de gaz Protection cathodique des, inhibiteur de corrosion	Protection incendie, Moyens fixe d'extinction - système détection - surveillance (camera)	R16

Annexes 7 : Unité de stabilisation

Système : Unité de stabilisation					Fonction : stabilisation des condensats					
SS	ED	Evènement redouté	Cause	Conséquence	P	G	C	Mesure de prévention	Mesure de protection	N° de R
A-5-1	Ballon de condensat 23-V-105	Perte de confinement	Vieillessement	Nappe de feu, UVCE, incendie, pollution	2	2	4	Ronde régulière, AU, Système de surveillance (caméra), Détecteur de gaz et feu, Inhibition de la corrosion, Inspection annuelle, Protection cathodique du bac condensat, anticorrosion	Protection incendie, Moyens fixe d'extinction - système détection - surveillance (camera)	R17
A-5-2	ballons de condensat OFFSPEC 51-V-103/104	Perte de confinement	Vieillessement, défaillance de régulateur de pression	Incendie, UVCE	2	4	8	Ronde régulière, AU, Système de surveillance (caméra), Détecteur de gaz et feu, Inhibition de la corrosion, Inspection annuelle, Protection cathodique du bac condensat, anticorrosion	Moyens fixes d'extinction, Système automatique de déluge	R18

Annexes

A-5-3	Colonne de stabilisation	Perte de confinement	Surpression, surchauffe, VEILLISSEMENT.	Feu de nappe, éclatement, feu de torche, VCE, pollution	3	3	9	Mise à la terre des équipements et protection cathodique des, inhibiteur de corrosion canalisations enterrées, Matériel ATEX, Maitrise des sources d'allumage, Ronde régulière, Arrêt d'urgence (AU), Détecteur de gaz, Système de surveillance	Protection incendie, Moyens fixe d'extinction - système détection - surveillance (camera)	R19
A-5-3	Rebouilleur à gaz	Surchauffe	Défaillance de régulation(T°)	Incendie, UVCE, explosion.	2	2	4	La maintenance régulière Inspection et vérification de des équipements critiques L'entretien et l'inspection régulière des alarmes et des systèmes de détection de feu de chaleur et de gaz La veille à la robustesse des procédures et des plans d'urgence	Protection incendie, Moyens fixe d'extinction - système détection - surveillance (camera)	R20
A-5-4	Echangeurs de chaleur 51-X-101 A/B	Surchauffe	Défaillance des pompes - fatigue thermique- vieillissement	Incendie	1	2	2	La maintenance régulière Inspection et vérification de des équipements critiques L'entretien et l'inspection régulière des alarmes et des systèmes de détection de feu de chaleur et de gaz	Protection incendie, Moyens fixe d'extinction - système détection - surveillance (camera)	R21

Annexes

								La veille à la robustesse des procédures et des plans d'urgence	
A-5-5	Bac de condensat ONSPEC 51-T-101	Perte de confinement	Vieillessement	Incendie / explosion	2	3	6	Cuvette de rétention, Ronde régulière, AU, Détecteur de gaz et feu, Système de surveillance (caméra), Inhibition de la corrosion, Inspection annuelle. La maintenance régulière	Moyens fixes d'extinction, Système automatique de déluge
									R22

Annexes 8 : Echelle de cotation APR

Echelle de probabilités :

Niveau de probabilité	Définition	Fréquence (/an)
1- Extrêmement rare	Scénario physiquement vraisemblable mais non rencontré au niveau mondial	$<10^{-5}$ (moins de 1 fois tous les 100 000 ans)
2- Rare	Scénario s'étant déjà produit dans ce secteur d'activité mais restant très improbable compte tenu des mesures correctives	$10^{-4} - 10^{-5}$ (entre 1 fois tous les 10 000 ans et 1 fois tous les 100 000 ans)
3- Peu fréquent	Scénario qui pourrait se produire dans ce secteur d'activité	$10^{-3} - 10^{-4}$ (entre 1 fois tous les 1 000 ans et 1 fois tous les 10 000 ans)
4- Occasionnel	Scénario pouvant se produire dans ce secteur d'activité et pour une installation similaire	$10^{-2} - 10^{-3}$ (entre 1 fois tous les 100 ans et 1 fois tous les 1 000 ans)
5- Fréquent	Scénario s'étant déjà produit dans ce secteur d'activité et pour une installation similaire ou scénario pouvant se produire plusieurs fois pendant la durée de vie de l'installation	$>10^{-2}$ (supérieur à 1 fois tous les 100 ans)

Echelle de gravités :

Niveau de gravité	Sécurité des personnes		Environnement	Perte de production	Image de marque/ Réaction du public
	Interne	Externe			
1- Mineur	Pas d'effet irréversible (<1 personne dans SEI)	SER ne sort pas SEI ne sort pas SEL ne sort pas SELS ne sort pas	Impact mineur (ne nécessitant pas de mesures)	< 4 heures d'arrêt	Pas d'impact
2- Modéré	Effets irréversibles (<10 personnes dans SEI)	SER sort SEI ne sort pas SEL ne sort pas SELS ne sort pas	Impact modéré (nécessitant des mesures de réhabilitation, durée <1 semaine et pas d'impacts sur la chaîne alimentaire et la vie terrestre)	< 1 jour d'arrêt	Réaction défavorable du public possible
3- Majeur	Possible effet léthal sur une personne et invalidités permanentes (<100 p dans SEI, <10 p dans SEL, <2 p dans SELS)	SEI sort (<10 p dans SEI) SEL ne sort pas	Impact significatif (externe au site et nécessitant d'importantes mesures de réhabilitation, durée <1 mois et impacts mineurs sur la chaîne alimentaire et la vie terrestre)	< 1 semaine d'arrêt	Réaction défavorable du public

4- Catastrophique	Effet létal sur une personne et plusieurs invalidités permanentes (<1000 p dans SEI, <100 p dans SEL, <20 p dans SELS)	Possible effet létal sur une personne et invalidités permanentes (<100 p dans SEI, <10 p dans SEL, <2 p dans SELS)	Impact important externe au site avec conséquences réversibles (mesures de réhabilitation durant entre 3 et 6 mois et impacts modérés sur la chaîne alimentaire et la vie terrestre)	< 1 mois d'arrêt	Réaction et inquiétude importante du public
5- Désastreux	Nombreux décès (>1000 p dans SEI, >100 p dans SEL, >20 p dans SELS)	Effet létal et invalidités permanentes (>100 p dans SEI, >10 p dans SEL, <2 p dans SELS)	Impact majeur externe au site avec conséquences durables (mesures de réhabilitation durant plus de 6 mois, impact important sur la vie terrestre et conséquences incertaines sur la chaîne alimentaire)	>1 mois d'arrêt	Vive réaction du public menaçant l'activité du site

SER Zone définie par le seuil des effets réversibles
SEI Zone définie par le seuil des effets irréversibles
SEL Zone définie par le seuil des effets létaux
SELS Zone définie par le seuil des effets létaux significatifs

Annexes 9 : Grille de criticité

		Probabilité					Gravité
Gravité	5	R16					
	4		R2-R13-R18				
3		R1-R4-R5-R7-R22	R19				
2	R3-R6-R21	R8-R9-R10-R11-R12-R14-R15-R17-R20					
1							
		1	2	3	4	5	

Annexes 10 : AMDEC système 51 stabilisation de condensat

Sous système	Ballon de condensat 23-V-105							N° de risque	
Composant	Fonction	mode de défaillance	Causes	Effets	P	G	C	Prévention	
Pompes 23-P-102 A	Diffusion de condensat (remplissage)	Ne s'arrête pas	Défaut de commande	Augmentation de débit	1	2	2	Surveillance périodique Entretien périodique Maintenance préventive	R1-1
Vanne d'entrée	Permet admission de condensat au ballon	Ne se ferme pas	Défaillance mécanique	Augmentation de pression	2	2	4	Surveillance périodique Inhibiteur de corrosion Maintenance préventive	R1-2
Ballon de condensat	Stockage de condensat non stabilisé	Défaillance structurelle	Augmentation de pression Augmentation de niveau	Fuite	2	2	4	Surveillance périodique Inhibiteur de corrosion Maintenance préventive	R1-3

			Augmentation de température						
Sous système	Ballon de condensat Off-SPEC 51-T-102								
Pompes 51-	Diffusion de condensat non stabilisé	Ne s'arrête pas	Défaut de commande	Augmentation de débit	1	2	2	Surveillance périodique Entretien périodique Maintenance préventive	R2-1
Vanne d'entrée	permet la rentrée de condensat non stabilisé	Ne ferme pas	Défaillance mécanique	Admission d'une grande quantité de condensat surpression	2	2	4	Surveillance périodique Inhibiteur de corrosion Maintenance préventive	R2-2
Ballon de condensat OFFSPEC	stockage de condensat non stable	Rupture Fuite	Augmentation de pression	Perte de confinement	2	4	8	Surveillance périodique Inhibiteur de corrosion Maintenance préventive	R2-3
Sous système	Colonne de stabilisation 51-V-101								
Pompes	Diffusion de condensat	Ne s'arrête pas	Défaut de commande	Augmentation de débit	1	3	3	Surveillance périodique Entretien périodique Maintenance préventive	R3-1

Annexes

Vanne	Admission de condensat non stabilisé	Ne ferme pas	Défaillance mécanique	Augmentation de la pression	2	2	4	Surveillance périodique Inhibiteur de corrosion Maintenance préventive	R3-2
Colonne de stabilisation	Stabiliser le condensat	Fuite	Augmentation de pression Augmentation de température	Perte de confinement	3	3	9	Surveillance périodique Entretien périodique Maintenance préventive	R3-3
Sous système	Rebouilleur 51-HF-102								
Vanne d'entrée	Permet l'admission de gaz à l'intérieur	Ne ferme pas	Défaillance mécanique	Admission d'une grande quantité du gaz qui pourrait provoquer une augmentation de pression	1	2	2	Surveillance périodique Inhibiteur de corrosion Maintenance préventive Maintenance préventive	R4-1
Canalisations	Transport de gaz	Défaillance structurelle	Augmentation de pression Augmentation de température	Fuite de gaz / Mélange gaz air pourrait provoquer une explosion	2	3	6	Surveillance périodique Inhibiteur de corrosion Maintenance préventive	R4-2
Rebouiller	Chauffé le gaz	Défaillance structurelle	Augmentation de pression Augmentation de niveau	Perte de confinement	2	2	4	Surveillance périodique Inhibiteur de corrosion Maintenance préventive	R4-3

			Augmentation de température						
Sous système	Echangeur de chaleur 51-X-101 A/B								
Pompe	Diffusion de condensat stabilisé	Ne s'arrête pas	Défaut de commande	Augmentation de température	2	2	4	Surveillance périodique Inhibiteur de corrosion Maintenance préventive	R5-1
Vanne	Admission de condensat stabilisé	Ne ferme pas	Défaut mécanique	Surpression	1	2	2	Surveillance périodique Inhibiteur de corrosion Maintenance préventive	R5-2
Echangeur	Refroidir le condensat	Fuite	Augmentation de température	Perte de confinement	2	2	4	Surveillance périodique Inhibiteur de corrosion Maintenance préventive	R5-3
Sous système	Bac de condensat ONSPEC 51-T-101								
Pompes	Diffusion de condensat stabilisé	Ne s'arrête pas	Défaut de commande	Augmentation de débit	1	3	3	Surveillance périodique Entretien périodique Maintenance préventive	R6-1
Vanne	Admission de condensat stabilisé	Ne ferme pas	Défaut mécanique	Augmentation de la pression	2	2	4	Surveillance périodique Inhibiteur de corrosion Maintenance préventive	R6-2
Bac de condensat	Stockage de condensat Stable	Rupture Fuite	Augmentation de pression Augmentation de niveau Augmentation de température	Perte de confinement	2	3	6	Surveillance périodique Inhibiteur de corrosion Maintenance préventive	R6-3

Annexes 11 : Grille de criticité AMDEC

		Probabilité					Gravité
		1	2	3	4	5	
5							
4			R4-3				
3		R3-1, R5-1	R2-2, R5-3	R3-3			
2		R15, R1-1, R2-1, R4-1	R1-2, R1-3, R2-3, R3-2, R4-2, R5-2				
1							
		1	2	3	4	5	

Annexes 12 : HAZOP de l'unité de stabilisation de condensat

Systeme	Systeme 51 stabilisation de condensat				
S systeme	Ballon de Condensat 23-V-105				
Parametre	Deviation	Mot cle	Causes	Conséquences	Prevention /protection
Pression	Plus de	Haute pression	Fermeture accidentel de la vanne de sortie Refus de fermeture de la vanne d'entré Fermeture accidentel de la vanne de sécurité Rupture de ballon	Risque d'éclatement Risque d'arrêt de production Dispersion de condensat	By-pass de vanne Soupape de sécurité By-pass Transmetteur de pression
	Moins de	Basse pression	Rupture de canalisation Défaillance de la pompe diffusion Ouverture accidentelle de la vanne de sécurité	La perte de production	Alarme au niveau de salle Ligne direct vers le réseau de torche

Annexes

Température	Plus de	Haute température	Augmentation de la pression	Fragilisation de ballon la perte de confinement	Transmetteur de température Décteur de température
Niveau	Plus de	Haut niveau	Fermeture accidentelle de la vanne de sortie Fermeture accidentelle de la vanne de sécurité Ouverture accidentelle de la vanne d'entrée	Montée en niveau dans le ballon risque d'éclatement Risque d'arrêt de la production Augmentation de pression	Alarme de haut niveau Transmetteur de niveau Indicateur de niveau
	Moins de	Bas niveau	fuite /rupture de ballon défaillance de la pompe diffusion Ouverture accidentelle de la vanne de sortie Fermeture accidentelle de la vanne d'entré	Arrêt de production	Alarme de bas niveau Transmetteur de niveau Indicateur de niveau

Systeme	Systeme 51 stabilisation de condensat				
Sous systeme	Ballon de Condensat off pec 23-V-102/103				
Parametre	Deviation	Mot cle	Causes	Conséquences	Prevention /protection
Pression	Plus de	Haute pression	Fermeture accidentel de la vanne de sortie Refus de fermeture de la vanne d'entré Fermeture accidentel de la vanne de sécurité	Risque d'éclatement Rupture fragilisation Risque d'arrêt de production Dispersion de condensat Rupture de ballon	By-pass de vanne Soupape de sécurité By-pass Transmetteur de pression
	Moins de	Basse Pression	Rupture de canalisation Défaillance de la pompe diffusion Ouverture accidentelle de la vanne de sécurité	Condensat liquide La perte de production	Alarme au niveau de salle Ligne direct vers le reseau de torche

Température	Plus de	Haute température	Augmentation de la pression	Fragilisation de ballon la perte de confinement	Transmetteur de température Déecteur de température
Niveau	Plus de	Haut niveau	Fermeture accidentelle de la vanne de sortie Fermeture accidentelle de la vanne de sécurité Ouverture accidentelle de la vanne d'entrée Fuite /rupture de ballon Perte de confinement Défaillance de la pompe diffusion	Montée en niveau dans le ballon risque d'éclatement Risque d'arrêt de la production la perte de confinement Déversement du condensat Risque d'explosion perte de production	Alarme de haut niveau Transmetteur de niveau Indicateur de niveau
	Moins de	Bas niveau	Ouverture accidentelle de la vanne de sortie Fermeture accidentelle de la vanne d'entré	Arrêt de production	Alarme de bas niveau Transmetteur de niveau Indicateur de niveau

Systeme	Systeme 51 stabilisation de condensat				
Sous systeme	Colonne de stabilisation de condensat				
Parametre	Deviation	Mot cle	Causes	Conséquences	prevention
Pression	Plus de	Haute pression	Fermeture accidentelle de la vanne de sortie Ouverture accidentelle de la vanne d'entrée Défaillance de la vanne de sécurité	La perte de confinement Feu de torche VCE Feu de nappe	By-pass de vanne Soupape de sécurité By-pass Transmetteur de pression Décteur de pression avec alarme
Pression	Moins de	Basse pression	Pas assez de niveau Défaillance de la pompe de diffusion Fermeture accidentelle de la vanne d'entré Ouverture accidentelle de la vanne de sortie Fuite interne ou externe Rupture	La perte de confinement Augmentation de pression Feu de torche Feu de torche VCE Feu de nuage Feu de nappe	By-pass de vanne Soupape de sécurité By-pass Transmetteur de pression Décteur de pression avec alarme
Température	Plus de	Haute température	Augmentation de niveau Augmentation de pression Défaillance de refroidisseur	Explosion Fragilisation Perte de confinement	Systeme de Refroidissement Décteur de Température Systeme d'arrêt d'urgence

Annexes

Niveau	Plus de	Haute niveau	Fermeture accidentelle de la vanne de sortie Ouverture accidentelle de la vanne d'entrée Défaillance de la vanne de sécurité défaillance de pompe de sécurité	La perte de confinement Augmentation de pression Feu de torche Feu de torche Vce Feu de nuage Feu de nappe	Détecteur de niveau avec alarme détecteur de gaz
	Moins de	Bas niveau	Fuite Rupture Perte de confinement Défaillance de la pompe Diffusion Ouverture accidentelle de la vanne de sortie Fermeture accidentelle de la vanne d'entrée	Déversement du condensat Risque d'explosion perte de production	Détecteur de niveau avec alarme détecteur de gaz

Système	Système 51-stabilisation de condensat				
Sous système	Rebouilleur 51-HF-102				
Paramétré	Déviation	Mot clé	Causes	Conséquences	Prévention/ protection
Pression	Plus	Haute pression	Fermeture accidentelle de la vanne de sortie Ouverture accidentelle de la vanne d'entrée Défaillance de la vanne de sécurité Augmentation de pression Augmentation de température	Perte de confinement Feu de torche Vce Feu de nuage Feu de nappe	By-pass de vanne Soupape de sécurité By-pass Transmetteur de pression Détecteur de pression avec alarme

Annexes

	Moins de	Basse pression	<p>Fermeture accidentelle de la vanne d'entrée</p> <p>ouverture accidentelle de la vanne de sortie</p> <p>fuite interne ou externe</p> <p>Rupture</p> <p>Défaillance de la pompe</p> <p>De la pompe de diffusion</p>	<p>Perte de confinement</p> <p>Feu de torche</p> <p>Vce</p> <p>Feu de nuage</p> <p>Feu de nappe</p>	<p>Détecteur de niveau avec alarme</p> <p>détecteur de gaz</p>
Température	Plus de	Haute température	<p>Augmentation de la pression</p> <p>surchauffe</p>	<p>Explosion</p> <p>Fragilisation</p> <p>Perte de confinement</p>	<p>Système de Refroidissement</p> <p>Détecteur de Température</p> <p>Système d'arrêt d'urgence</p>