



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة والأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de Sécurité Industrielle et Environnement

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Sécurité industrielle

Spécialité : Prévention Intervention

Thème

Etude de fiabilité et de sécurité du poste à poudre ANSUL

Présenté et soutenu publiquement par :

ALI BENNACER Zohra

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
Mme AISSANI Nassima	MCA	Université d'Oran 2	Présidente
Mme LOUNIS Zoubida	Professeur	Université d'Oran 2	Encadreur
Mr BENYOUCEF Ferhat	MA	Université d'Oran 2	Examinateur

Année 2018/2019

REMERCIEMENTS

Je remercie Dieu le tout puissant pour tout ce que ma donnée de savoir, de volonté, de courage, de patience et de persévérance pour accomplir ce travail.

Je tiens à remercier mon encadreur *Madame LOUNIS Zoubida* de m'avoir encouragée, aidée avec ses précieux conseils durant mon cursus universitaire et pendant tout le processus de rédaction. Notamment aux membres du jury que j'ai eu la chance de les avoir comme enseignants **Monsieur BENYOUCEF Ferhat** et **Madame AISSENI Nassima**, d'avoir acceptés d'examiner et juger mon travail mais surtout de partager avec moi la clôture de tout mon cursus universitaire.

Je tiens à remercier particulièrement *Mlle KRISSAT Souilla* mon encadreur lors de mon stage de m'avoir intégrée rapidement au sein du complexe, de m'avoir accordée toute sa confiance et qui m'a formée et accompagnée tout au long de cette expérience professionnelle avec beaucoup de patience et de pédagogie.

Je tiens à remercier particulièrement *Madame AISSENI Nassima* pour son aide, sa précieuse attention, pour ses précieux conseils et son attribution à l'élaboration de ce travail. Permettez-moi Madame de vous témoigner mon respect et mon estime les plus sincères.

Mes vifs remerciements vont également au personnel du département sécurité du complexe GL2Z où j'ai effectué mon stage : à Melle MEGHRAOUI Rahmouna, ZIADI Fatima, KHEITER Fatima, Madame LAIB Hanaa, à ZOUAOUI Mohammed et NAHAL El Hadj pour leurs accueil au sein de l'équipe, pour leurs idées qui m'ont servi de guide et d'orientation à la rédaction de mon mémoire, sachant répondre à toutes mes interrogations avec plaisir et patience. Et enfin à l'ensemble des agents de Quart pour leurs disponibilités et leurs précieux conseils.

Enfin, je remercie ma famille et tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à l'élaboration de ce travail.

DEDICACES

Je dédie ce travail ...

À ma très chère : **DERKAOUI Ouahiba**

Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour toi. Tu m'as comblé avec ta tendresse et affection tout au long de mon parcours. Tu n'as cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études, tu as toujours été présente à mes côtés pour me consoler quand il fallait. En ce jour mémorable, pour moi ainsi que pour toi, reçoit ce travail en signe de ma vive reconnaissance et ma profonde estime. Puisse le tout puissant te donner la santé, le bonheur et longue vie afin que je puisse te combler à mon tour.

À mon cher papa : **ALI BENNACER Djamel**

Autant de phrases et d'expressions aussi éloquentes soient-elles ne sauraient exprimer ma gratitude et ma reconnaissance. Tu as su m'inculquer le sens de la responsabilité, de l'optimisme et de la confiance en soi face aux difficultés de la vie. Tes conseils ont toujours guidé mes pas vers la réussite. Ta patience sans fin, ta compréhension et ton encouragement sont pour moi le soutien indispensable que tu as toujours su m'apporter. Je te dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferai toujours de mon mieux pour rester ta fierté et ne jamais te décevoir. Que Dieu le tout puissant te préserve, t'accorde la santé, le bonheur, la tranquillité de l'esprit et te protège de tout mal.

À mon très cher petit frère **NOUREDDINE**

Mon rayon de soleil, la prunelle de mes yeux et la source de ma bonne humeur celui qui me rend la vie plus pimenter et meilleure, puisse Dieu le tout puissant exhausser tous tes vœux.

À ma *chère grande famille* pour son soutien et ses encouragements, par la solidarité et l'épaulement, de m'avoir transmis ses valeurs et ses principes qui me guident vers le chemin de la réussite.

À MES AMIS DE TOUJOURS : *Ghizlène, Nihel, Randa*

En souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble. Veuillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère.

À tous mes camarades en particulier : **Asmaa, Hanane, Aziz et Kheira**

Pour leurs encouragements et pour l'ambiance agréable tout au long de mon cursus universitaire, pour leurs présences dans les moments difficiles. Et avec qui j'ai passé d'excellents moments et d'inoubliables souvenirs.

Résumé

Notre travail se consacre sur l'intervention sur des systèmes de sécurité et d'extinction fixe au niveau de complexe de la Liquéfaction du Gaz Naturel GL2Z, pour modifier et améliorer leur fiabilité, en évaluant ses facteurs qui sont liées à des probabilités de fonctionnement ou dysfonctionnement.

Dans ce mémoire, nous avons réalisé une étude de comparaison avec les exigences de la norme NPFA17, pour évaluer la conformité de conception des composant de poste à poudre ANSUL et la conformité des actions d'exploitation et de maintenance préventives, suivi par une étude classique d'analyse de modes de défaillances et de leur effets et criticité « AMDEC » et enfin ,l'étude pratique qui se base sur une approche qualitative et quantitative moderne ,telle l'approche bayésienne ,en effectuant un retour d'expérience pour l'exploitation de données réelles historique disponibles qui sont les demandes de travaux « DT» et demandes d'inspection « DI »effectués sur le poste à poudre ANSUL depuis son installation sur site .

Enfin nous avons validé notre travail par une étude pratique réalisé sur le logiciel AGENARISK qui nous a permis de déterminer les composants du poste à poudre les plus critiques et les anomalies les plus récurrentes ainsi la relation et l'influence de ces paramètres avec d'autres de conditions de travaux sur le dysfonctionnement du système, pour pouvoir déterminer et améliorer sa fiabilité.

Cette étude nous a permis de trouver des résultats et de proposer des recommandations en vue d'amélioration qui sont en conformité avec la réalité pratique au niveau de l'entreprise, chose qui aura eu un impact positif sur les recherches au niveau de notre institut.

Mots clés : Poste à poudre ANSUL, Sureté de fonctionnement, fiabilité, disponibilité, efficacité, l'analyse de modes de défaillances de leur effets et criticité AMDEC, la méthode bayésienne, réseau bayésien, AGENARISK, maintenance préventive.

Abstract

Our work focuses on the intervention on security systems and fixed extinguishing at the GL2Z Natural Gas Liquefaction Complex level., to modify and improve their reliability, evaluating its factors that are related to probabilities of functioning or dysfunction.

In this memory, we did a comparison study with the requirements of the NPFA standard, to evaluate the design conformity of the ANSUL powder station components and the conformity of the preventive operations and maintenance actions, followed by a classical study of analysis of failure modes and their effects and criticality "AMDEC" and finally, we finished by the practical study which is based on a modern qualitative and quantitative approach, such as the approach of Bayesian inference, by performing a return of experience in exploiting actual historical data available which are work requests and inspection requests made on the ANSUL powder station since it was installed on site.

Finally we validated our work by a practical study realized on the AGENARISK software which enabled us to determine the most critical components of the powder stations and the most recurrent anomalies thus the relation and the influence of these parameters with others working conditions on the malfunction of the system, to be able to determine and improve its reliability.

This study has allowed us to find results and propose recommendations for improvement that are in line with practical reality at the company level, something that has had a positive impact on future researches at our institute.

Key words: ANSUL powder station, operating reliability, reliability, availability, efficiency, failure mode analysis of their effects and criticality AMDEC, Bayesian method, Bayesian network, AGENARISK, preventive maintenance.

Sommaire

Liste des figures	I
Liste des tableaux	II
Liste des abréviations	III
Glossaire	V

Introduction générale	1
Objectif de mémoire	4

Chapitre I : Généralités sur les systèmes anti-incendie au niveau de GL2/Z

I.1 Introduction	5
I.2 Historique du complexe GL2Z	5
I.3 Situation géographique du complexe GL2/Z	6
I.4 Activité	6
I.5 Capacité de production	6
I.5.1 Capacité totale de stockage	7
I.6 Organisation [2].	7
I.6.1 Organigramme du complexe GL2Z	8
I.7 Fonctionnement	8
I.7.1 Zone des utilités	9
I.7.1.1 Source d'énergie	9
I.7.1.2 Source de refroidissement	9
I.7.1.3 Production d'électricité	10
I.7.2 Unité de dessalement	10
I.7.2.1 Production d'air comprimé	10
I.7.3 Zone de procédé (Procès)	10
I.7.4 Zone de stockage et chargement « TERMINAL »	11
I.7.4.1 Stockage du GNL	11
I.7.4.2 Chargement du GNL	12
I.8 Organisation de la sécurité au niveau du complexe GL2/Z	12
I.8.1 Organisation du département sécurité	12

I.8.1.1 Service prévention	14
I.8.1.2 Service intervention	14
I.8.1.3 Service Environnement	15
I.8.2 Généralités sur les systèmes de sécurité [10]	15
I.8.2.1 Description du réseau eau incendie à GL2/Z	16
I.8.2.2 Le système CO2 [5]	19
I.8.2.3 Les extincteurs	20
I.8.2.4 Les systèmes mousses	22
I.8.2.5 Les systèmes de détection et d'alarme anti-incendie	23
I.8.2.6 Les véhicules et camions d'intervention	24
I.8.2.7 Le système E.S.D	25
I.9 Conclusion	25

Chapitre II : Etude réglementaire sur le fonctionnement des postes à poudre ANSUL et évaluation de leur conformité avec la norme NFPA

II.1 Introduction	26
II.2 Généralités sur le Poste à poudre ANSUL	26
II.2.1 Champs d'application	26
II.2.2 Description d'un poste à poudre ANSUL	27
II.2.2.1 Réservoir à poudre	27
II.2.2.2 Centrale de pressurisation	28
II.2.2.3 Collecteurs de distribution et système pneumatique	31
II.2.2.4 Moyens d'action	31
II.2.2.5 Agent extincteur	32
II.2.3 Emplacement sur site	33
II.2.4 Principe de fonctionnement des postes à poudre ANSUL au niveau complexe GL2/Z	35
II.3 Cadre réglementaire	38
II.3.1 La norme NFPA	38
II.3.1.1 Définition de la NFPA 17	38
II.3.1.2 Exigences de l'inspection, des tests et de la maintenance de la norme NFPA	39
II.3.2 Etude règlementaire du poste à poudre ANSUL et évaluation de sa conformité avec la norme NFPA	40
II.3.3 Procédure de maintenance des postes à poudre ANSUL	47
II.3.3.1 Maintenance préventive actuelle	47
II.3.3.2 Entretien et Maintenance curative actuel	48

II.4.1 Etude réglementaire de l'inspection, entretien et maintenance des postes à poudre ANSUL	48
II.5.1 Gestion des retours d'expérience	51

Chapitre III : Revue de littérature des méthodes utilisées

III.1 Introduction	59
III.2 Principales définitions	60
III.2.1 Risque	60
III.2.2 Fiabilité	60
III.2.3 Défaillance	61
III.2.4 Disponibilité	61
III.2.5 Maintenance	61
III.3 Le besoin d'évaluation de l'efficacité des actions de maintenance	61
III.4 Définition de la sûreté de fonctionnement	62
III.4.1 But de la sûreté de fonctionnement	62
III.4.2 Outils utilisés en sûreté de fonctionnement	63
III.5 Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC)	63
III.5.1 Définition	63
III.5.2 Historique et utilisation	63
III.5.3 Deux aspects de la méthode	64
III.5.4 Les type de l'AMDEC	65
III.5.4.1 AMDEC produit	65
III.5.4.2 AMDEC processus	65
III.5.4.3 AMDEC montage	65
III.5.4.4 AMDEC contrôle	65
III.5.4.5 AMDEC sécurité	65
III.5.4.6 AMDEC machine	66
III.6 Notions utilisées	66
III.7 Déroulement de la méthode AMDEC	68
III.7.1 Choix du sous-système à étudier et les objectifs à atteindre	68
III.7.2 Constitution du groupe de travail	68

III.7.3 Analyse fonctionnelle	68
III.7.4 L'étude qualitative des défaillances	69
III.7.5 L'étude quantitative des défaillances	70
III.7.5.1 Détermination de la gravité	70
III.7.5.2 Détermination de la probabilité ou fréquence	71
III.7.5.3 Moyens de détection	71
III.7.6 La hiérarchisation	71
III.7.7 La recherche des actions préventives et correctives	72
III.8 Objectifs de fiabilité	72
III.9 L'inférence bayésienne	73
III.9.1 Introduction	73
III.9.2 Contexte général	74
III.9.2.1 La probabilité inverse	74
III.9.2.2 Théorème de Bayes	75
III.9.3 Les principes de la démarche bayésienne	76
III.9.3.1 L'approche bayésienne usuelle	76
III.9.3.2 Le mécanisme de l'inférence bayésienne	77
III.9.3.3 Information à priori	78
III.9.3.4 Loi à posteriori	78
III.10 Conclusion	79

Chapitre IV : La mise en œuvre de l'AMDEC et la réalisation du modèle bayésien

IV.1 Etablissement d'une analyse des risques de type AMDEC	80
IV.1.1 Introduction	80
IV.2 Initialisation de l'étude	80
IV.3 Tableau AMDEC adapté au poste à poudre ANSUL	81
IV.3.1 Tableau général AMDEC	81
IV.4 Analyse fonctionnelle du système	82
IV.5 Analyse AMDEC	83
IV.6 Synthèse	91
IV.6.1 Tableau des actions correctives du poste à poudre	91
IV.7 Le tableau actuel des actions de maintenance préventive du poste à poudre ANSUL	92
IV.8 Autres méthodes d'analyse de défaillance	93

IV.8.1 Introduction	93
IV.8.2 Définition de réseau bayésien	94
IV.9 Présentation d'AgenaRisk	95
IV.9.1 Objectif d'utilisation	95
IV.9.2 Domaine d'utilisation	96
IV.9.2.1 Secteur de l'industrie	96
IV.9.2.2 L'approche bayésienne et les problèmes critiques d'entreprise et de sécurité	96
IV.9.3 Le mode d'utilisation d'AgenaRisk	96
IV.9.3.1 propriétés des nœuds	97
IV.9.4 Présentation du réseau	99
IV.10 Analyse de réseau	101
IV.10.1 Premier scénario « Dur mécanique »	102
IV.10.2 Deuxième scénario « Corrosion »	104
IV.10.3 Troisième scénario « Bouchon de remplissage »	106
IV.10.4 Quatrième scénario « Entretien »	107
IV.10.5 Cinquième scénario « Réparation »	109
IV.10.6 Sixième scénario « Année 1998 »	111
IV.10.7 Septième scénario « Année 2018 »	113
IV.8 Interprétation générale	114
IV.9 Conclusion	115
Conclusion générale	116
Bibliographie	118
Annexe A : Grilles de cotation de Fréquence, Gravité, Non détection	119

Liste des figures

N°	Figures	Intitulés	Pages
Chapitre I : Généralités sur les systèmes anti-incendie au niveau de GL2/Z			
01	Figure I.1	Schéma général du complexe GL2Z	9
02	Figure I.2	Schéma du procédé GL2Z	11
Chapitre II : Etude réglementaire sur le fonctionnement des postes à poudre ANSUL et évaluation de leur conformité avec la norme NFPA			
03	FigureII.1	Poste à poudre ANSUL coté fractionnement	27
04	FigureII.2	Réservoir à poudre chimique	28
05	FigureII.3	Bouteilles d'azote	29
06	FigureII.4	Soupape de sécurité du réservoir	30
07	FigureII.5	Vanne pneumatique	31
08	FigureII.6	Vanne de décharge poudre	31
09	FigureII.7	Lance à canon du poste à poudre	32
10	FigureII.8	Dévidoir du poste à poudre	32
11	FigureII.9	Emplacement des postes à poudre ANSUL au niveau du complexe GL2Z	34
12	FigureII.10	Poste à poudre ANSUL de la fosse des pompes	36
13	FigureII.11	Unité d'activation électromécanique Automan II	38
14	FigureII.12	Une boîte d'inhibition HTD /LTD	38
15	FigureII.13	Tuyauterie fixe de refoulement avec un ensemble de diffuseurs	53
Chapitre III : Revue des méthodes utilisées			
14	FigureIII.1	Principe de la démarche bayésienne	77
15	FigureIII.2	Types informations à priori	78
Chapitre IV: La mise en œuvre de l'AMDEC et la réalisation du modèle bayésien			
16	FigureIV.1	L'analyse fonctionnelle du poste à poudre ANSUL	84
17	FigureIV.2	Types de variables d'un réseau bayésien	96
18	FigureIV.3	Exemple d'un réseau bayésien	97
19	FigureIV.4	Exemple d'un réseau bayésien présenté sur AGENARISK	99
20	FigureIV.5	L'accès aux propriétés des nœuds sur AGENARISK	100
21	FigureIV.6	Importation d'un fichier Excel sur AGENARISK	101
22	FigureIV.7	Cas d'étude	102
23	FigureIV.8	Résultat du réseau bayésien	102
24	FigureIV.9	Application des scénarios sur le réseau bayésien	103
25	FigureIV.10	Application du premier scénario « Dur mécanique » sur le réseau bayésien	104
26	FigureIV.11	Application du deuxième scénario « corrosion » sur le réseau bayésien	106
27	FigureIV.12	Application du troisième scénario « Bouchon de remplissage » sur le réseau bayésien	118
28	FigureIV.13	Application du quatrième scénario « Entretien » sur le réseau bayésien	110
29	FigureIV.14	Application du cinquième scénario « Réparation » sur le réseau bayésien	112
30	FigureIV.15	Application du sixième scénario « Année 1998 » sur le réseau bayésien	114
31	FigureIV.16	Application du septième scénario « Année 2018 » sur le réseau bayésien	115

Liste des tableaux

N°	Figures	Intitulés	N° Pages
Chapitre I : Généralités sur les systèmes anti-incendie au niveau de GL2/Z			
01	Tableau I.1	Description système d'extinction CO2	19
02	Tableau I.2	Description des camions de lutte anti-incendie	24
Chapitre II : Etude réglementaire sur le fonctionnement des postes à poudre ANSUL et évaluation de leur conformité avec la norme NFPA			
03	Tableau II.1	Caractéristiques physico-chimique de la poudre extinctrice	33
04	Tableau II.2	Emplacement des systèmes poudre ANSUL au niveau du site GL2Z	34
05	Tableau II.3	Les résultats obtenus pour la partie déclenchement du poste à poudre	40
06	Tableau II.4	Les résultats obtenus pour la partie conception du poste à poudre	42
07	Tableau II.5	Les résultats obtenus pour la partie inspection, entretien et maintenance du poste à poudre	50
08	Tableau II.6	DT sur les réservoirs à poudre	53
09	Tableau II.7	DT sur les socles des postes à poudre	55
10	Tableau II.8	DT sur les bouteilles d'azote	56
11	Tableau II.9	DT de vérification et réparation	56
12	Tableau II.10	DT ligne et tuyauterie	57
Chapitre III : Revue des méthodes utilisées			
13	Tableau III.1	La démarche AMDEC	68
14	Tableau III.2	Les modes de défaillances	69
Chapitre IV : La mise en œuvre de l'AMDEC et la réalisation du modèle bayésien			
15	Tableau IV.1	Résultats de la méthode AMDEC sur les postes à poudre	86
16	Tableau IV.2	Actions corrective	93
17	Tableau IV.3	Actions préventives appliquées	95
18	Tableau IV.4	Résultats du premier scénario	104
19	Tableau IV.5	Résultats du deuxième scénario	106
20	Tableau IV.6	Résultats du troisième scénario	108
21	Tableau IV.7	Résultats du quatrième scénario	110
22	Tableau IV.8	Résultats du cinquième scénario	112
23	Tableau IV.9	Résultats du sixième scénario	114
24	Tableau IV.10	Résultats du septième scénario	115

Liste des abréviations

AFF : Agent formant film flottant
AIT : Fire Alarme
AMDEC : Analyse des modes de défaillances de leurs effets et criticité
C : criticité
DCS : Distributed control system
DI : Demande d'inspection
DT : Demande de travail
DI : Demande d'inspection
EDD : Etude De Danger
ESD : Emergency shut down
F : Fréquence
FD : Fire detector
FMEA : Failure Mode and Effect Analysis
G : Gravité
GC : Gaz chromatography Detector
GMAO : Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur
GL1Z : Gaz Liquéfier Arzew complexe 1
GL2Z : Gaz Liquéfier Arzew complexe 2
GNL : Gaz Naturel Liquéfié
GP1Z : Gaz de pétrole liquéfié complexe 1
HSE : hygiène sécurité environnement
HTD : High Temperature Detector
ISO : International Organization For Standardization
LMBA : Lance monitors à balayage automatique
LTD : low Temperature detector
MC : Maintenance corrective
MP : Maintenance préventive
N : Non détection

NFPA : National Fire Protection Association

PI : poteaux incendies

PS : Premiers secours

REX : Retour d'Expérience

RPN : Risk priority number

SD : détecteur de fumée

SONATRACH : Société National de Transport et Commercialisation des Hydrocarbures

TF : Taux de foisonnement

Glossaire

Terme	Définition
Absence d'étanchéité	Absence de la fonction qui revêt une importance de plus en plus grande en mécanique par suite, d'une part de l'utilisation croissante des fluides pour les commandes (hydrauliques, pneumatiques) et pour les contrôles et, d'autre part, du nombre très important et de la très grande diversité des composants mécaniques dans les réseaux de fluides, pour confiner un gaz ou liquide.
Alarme fugitive	Alarme éphémère qui s'écoule rapidement, ne dure pas, fausse alarme dû à une sur-sensibilisation.
ANSUL	Marque fabricant du poste à poudre.
Bouchon usé	Bouchon endommagé principalement par la corrosion de ses boulons, sinon à cause de la fragilisation de sa garniture d'étanchéité.
Corrosion	La corrosion est le résultat de l'action qu'exerce un réactif liquide ou gazeux sur un métal ou un alliage. Sa forme la plus connue est la rouille du fer exposé à l'air humide. Elle présente une grande importance étant donné les conséquences qu'elle a dans des domaines très variés de l'activité humaine.
Craft	an activity involving skill in making things by hand. Dans le sens d'organisation de l'entreprise ça représente l'équipe ou service sollicité pour intervenir à réaliser l'action.
Défaillance électrique	la suspension de la distribution du courant électrique
Détendeur	Un détendeur est un mécanisme utilisé pour faire passer un gaz stocké dans un étage (bonbonne de gaz, bouteille de plongée, réserve à oxygène, accumulateur, etc.) à une certaine pression, vers un étage de pression inférieure.
Dur mécanique	La non-capacité d'ouverture de vanne
Ecaillage de la peinture	perte d'adhérence totale ou localisée du film de peinture qui se traduit par un détachement du support sous la forme d'écailles. Cette altération du film de peinture est caractérisée par un décollement du film sous forme de particules facilement détachables. Si la peinture s'écaille à plusieurs endroits, il peut y avoir une trop forte humidité. La surface peut ne pas avoir été correctement préparée et la peinture n'a donc pas adhéré. La sous couche utilisée peut ne pas être appropriée. Il est par ailleurs possible que la dilution de la peinture ait été trop excessive. Si la

	peinture a été diluée avec trop de diluant, elle peut ne pas adhérer et s'écailler alors par la suite.
Echantillonnage de poudre	est le prélèvement d'échantillons de l'agent s'extinction selon une procédure spécifiée. Il est utilisé pour faire des déclarations fiables sur la qualité, l'état ou la composition d'une matière particulière. Le processus d'échantillonnage donne des échantillons, mais ces échantillons peuvent être réassemblés en échantillons de collecte ou mélangés ou divisés. L'échantillon peut ensuite être analysé.
Filetage usé	La perte de l'ensemble des filets constituant une vis, un écrou dû aux effets de frottements
Fissure et coupure	propriété du matériau qui peut se traduire par sa résistance à la rupture fragile. Car si les structures sont calculées pour que les contraintes nominales ne dépassent pas, en règle générale, la limite par fatigue ou par corrosion sous contrainte.
Manomètre	Est un instrument servant à mesurer et indiquer la pression.
Poudre agglutinée	La poudre chimique dans un état contenant de grumeaux durs, ces grumeaux rendent l'extincteur à produit chimique inopérable.
Vanne pneumatique	vannes régulatrices de pression qui permet le passage d'azote à une pression basse fixe.
Percuteur	Masse métallique de volume et de forme variables, comportant une partie rectangulaire ou arrondie (la tête) et une partie amincie, parfois pointue (la panne), montée sur un manche fixé en son milieu (l'œil) et destinée à fournir l'énergie nécessaire à une percussion.

Introduction générale

L'analyse de la fiabilité constitue une phase indispensable dans toute étude de sûreté de fonctionnement. Aujourd'hui, la fiabilité est devenue un paramètre clé de la qualité et d'aide à la décision. De nombreux industriels travaillent à l'évaluation et l'amélioration de la fiabilité de leurs produits au cours de leur cycle de développement, de la conception à la mise en service (conception, fabrication et exploitation), afin de développer leurs connaissances sur le rapport Coût/Fiabilité et maîtriser les sources de défaillance et la disponibilité de leurs équipements.

Pour cela, ils doivent disposer de modèles permettant d'une part, d'évaluer l'impact des défaillances d'équipement sur la fiabilité de l'équipement lui-même d'autres part d'estimer l'efficacité et la fiabilité des actions d'exploitation et de maintenance effectuées tout au long sa période d'usage et d'exploitation.

De plus, il est bien souvent impossible de connaître exactement l'état du système avant de prendre une décision, car l'état des composants n'est en général pas directement instantanément observable. La décision va donc porter sur un fonctionnement à venir du système. Cette perception imparfaite est en faveur de l'utilisation d'une évaluation probabiliste de l'état du système. L'ingénieur dispose de quelques outils bien connus pour déterminer les modes de défaillances et leur criticité pour en déterminer l'ordre des actions de maintenances adéquates, notamment la méthode d'analyse des modes de défaillance de leurs effets et leur criticités AMDEC, Les arbres de défaillance etc. mais comme le précise (Boutillier 1999), les outils de l'intelligence artificielle (IA) tels : les réseaux bayésiens (RB) peuvent apporter une aide efficace dans la prise de décisions.

Le projet que j'ai mené en fin de mon master en Sécurité industrielle et environnement spécialité Prévention et Intervention est une étude de fiabilité d'un système d'extinction fixe à poudre chimique, compte tenu de son importance dans la protection et l'extinction des feux de classe B (liquides et gaz inflammables) et de classe C (électriques) au niveau du complexe de liquéfaction du gaz naturel GL2Z .Elle est passée d'abord par une étude approfondie du système et sa mise en marche ensuite sur une étude réglementaire comparatrice à la Norme NFPA17, afin de définir la conformité et la fiabilité de la conception ,en outre une analyse des méthodes probabilistes et aussi nécessaires, en commençants par les plus classiques tel que Analyse des modes de défaillance de leurs effets et de leurs criticité AMDEC en arrivants aux approches basées sur la modélisation

mathématique et l'inférence tel que l'approche bayésienne qui a nécessité des outils spécifiques heureusement disponibles dans notre institut.

Effectivement, AGENARISK est un outil visuel, facile à utiliser, intuitif et puissant pour modéliser le risque et pour faire des prédictions au sujet d'événements incertains. Il nous permet de réaliser le réseau bayésien de calculer facilement les probabilités à partir des données statiques ou des expériences. Il fournit aux chercheurs toutes les conditions pour l'étude du système, la modélisation des connaissances, le diagnostic, l'analyse, la simulation et l'optimisation.

Dans ce mémoire, cet ensemble de méthodes citées auparavant feront l'outil de travail pour notre étude de fiabilité de poste à poudre ANSUL, qui sera appliqué sur le complexe GL2Z « Complexe de la liquéfaction du Gaz Naturel ». Pour ce fait, une partie réglementaire sera réalisée sur son principe de fonctionnement pour vérifier la conformité de ses composants et des procédures de maintenance préventive, une autre partie est dédiée à déterminer ses modes de défaillances et les actions de maintenance adéquates et enfin, une analyse approfondie sera réalisée sur l'ensemble de demandes de travaux « DT » et demandes d'inspection « DI » enregistrées au sein du département tout au long de sa période d'exploitation « 1996- Mai 2019 » à fin de pouvoir réaliser un réseau bayésien et analyser l'impact des résultats pour la détermination de sa fiabilité.

Ce mémoire sera organisé comme suit :

Le premier chapitre, représente dans un premier lieu les étapes du processus de la liquéfaction du gaz naturel et l'organisation du complexe GL2Z et ensuite, il présente le principe de fonctionnement et le rôle des systèmes anti-incendie fixe et les véhicules et camions d'intervention au niveau de GL2/Z pour assurer la sécurité du complexe.

Le deuxième chapitre, a été dédié à la présentation du principe de fonctionnement du poste à poudre suivie par une étude réglementaire sur son fonctionnement et sa procédure de maintenance et une évaluation de conformité avec la norme NFPA17.

Dans le troisième chapitre, une revue exhaustive de la littérature a été réalisée afin de déterminer s'il existe une méthodologie permettant de déterminer les objectifs de fiabilité des postes à poudre ANSUL. Cette démarche a été initiée dans le but de comprendre la théorie des méthodes qui ont pour rôle de déterminer les modes de défaillances pour vérifier sa sûreté de fonctionnement (en utilisant AMDEC et l'inférence bayésienne).

Enfin le dernier chapitre, est consacré pour l'application des méthodes utilisés dans ce mémoire qui sont « AMDEC et approche bayésienne », ce chapitre est achevé par la réalisation du réseau bayésien sur l'outil disponible à notre institut qui est AGENARISK, par la simulation des scénarios et enfin l'analyse des résultats qui permet la compréhension de la relation entre les causes et les effets des événements définissant la fiabilité.

Une conclusion a été faite pour résumer notre simulation et les résultats, qui m'ont permis de proposer un ensemble de recommandations en vue d'amélioration de fiabilité et de sûreté de fonctionnement.

Objectif de mémoire

Les postes à poudre ANSUL (X80Z, 2030Z) existants au niveau du complexe GL2Z dédiés à la protection de la partie fractionnement des 6 trains et de la fosse des pompes, sont installés et exploités depuis 1996. Les normes actuelles ayant évoluées, cette étude a pour objectif d'étudier la fiabilité actuelle de ces postes à poudre afin de proposer une éventuelle mise à niveau technologique, managériale et organisationnelle.

Cette étude a été réalisée en deux parties :

La 1ere partie réalisée au niveau du complexe GL2Z, cette partie comprend

- Une étude comparative de la philosophie de fonctionnement et de procédure de maintenance des postes à poudre ANSUL (X80Z, 2103Z) par rapport à l'exigence de la norme NFPA17.
- Recensements des pannes et défaillances enregistrés sur les postes à poudre ANSUL depuis leurs installations site en 1996 jusqu'à Mai 2019.
- Analyse des modes de défaillances par la méthode AMDEC.

La 2eme partie réalisée au niveau de l'institut :

Les données du retour d'expérience tirées lors de notre étude de la 1ere partie ont été exploités pour réaliser une étude de fiabilité des postes à poudres ANSUL via le logiciel AGENARISK qui se base sur l'approche bayésienne.

Chapitre I :

**Généralités sur les systèmes anti-incendie
au niveau de GL2/Z**

Chapitre I : Généralités sur les systèmes anti-incendie au niveau de GL2/Z

I.1 Introduction

L'état créé par décret du 31 décembre 1963, complété par celui du 21 septembre 1966, la société nationale pour la recherche, la production, le transport, la transformation et la commercialisation des hydrocarbures liquides et gazeux SONATRACH : (Société National de Transport et Commercialisation des Hydrocarbures).

Grâce à la situation géographique privilégiée du pays, la SONATRACH a dû développer son action commerciale vers les Etats Unis et l'Europe de l'ouest et évidemment les pays du Maghreb. La SONATRACH occupe une place capitale dans l'économie du pays.

Parmi ses activités de liquéfaction, raffinage et pétrochimie on distingue la liquéfaction du gaz naturel qui est la source d'énergie fossile qui a connu la plus forte progression depuis les années 70, Cette production s'appuie sur quatre complexes de GNL, dont le complexe GL2Z [9].

I.2 Historique du complexe GL2Z

L'étude du projet, La construction et le démarrage des différentes unités du complexe GL2Z ont été confié à la Société Américaine d'engineering PULLMAN KELLOG.

- Signature du contrat : 09 Février 1976.
- Lancement des travaux d'engineering : 15 Avril 1977.
- Pose de la première pierre : Le 21 février 1978
- Première production de GNL : 11 Février 1981.
- Première expédition de GNL : 20 juillet 1981.
- Rénovation du complexe : 1992 à 1996.
- Certification du complexe ISO 9001-2000 : 05 Novembre 2002[10].

S'étendant sur une superficie de 72 hectares, la capacité de production de GNL du complexe est de 18 000 000 m³/an. Le complexe GL2Z est composé de 6 trains de production tous identiques d'une capacité de production de 3 000 000 m³/an chacun. Le GNL est stocké dans trois Bacs calorifugés d'une capacité de 100 000 m³ chacun. Par un procédé de fractionnement du gaz (Air Product) ; on récupère du propane à 380 000 tonnes/an, du butane 330 000 tonnes/an, de la gazoline 200 000 tonnes/an et de l'hélium.

Le propane et le butane sont acheminés par canalisation vers le complexe GP1Z alors que la gazoline est stockée dans leur bac de stockage de 14 000 tonnes pour être exportée, l'hélium est conditionné et fourni à HELIOS pour sa commercialisation.

GL2Z dispose d'un poste de chargement de GNL pour la réception des méthaniers à réservoir cryogénique M4 et M5.

En 1963, le gaz algérien de HassiR'mel à l'usine de liquéfaction d'Arzew GL4Z puis le GNL en Angleterre à Canvey Island (jusqu'en 1985) et en France à Fos-sur-Mer où il est regazéifié et injecté dans le réseau de canalisation de gaz. Le GNL contient au moins 90% de méthane avec de l'éthane, du propane, du butane et moins de 1% d'azote. L'Espagne reçoit par transport de gazoduc du GN en provenance directement de HassiR'mel. Cette ligne est nommée GME (Grand Maghreb Europe) et compte 550 Km de longueur et 48 pouces de diamètre [10].

I.3 Situation géographique du complexe GL2/Z

Le complexe GL2/Z est situé à BETHIOUA 40 KM à l'ouest d'Oran (à 390 Km d'Alger), son emplacement au bord de la mer Méditerrané lui permet d'utiliser son eau comme source d'alimentation pour le refroidissement des équipements, la production d'eau dessalée et la lutte anti-incendie.

I.4 Activité

Le complexe GL2Z a pour mission de traiter le gaz naturel transporté par gazoduc en provenance des champs gaziers de Hassi R'mel en gaz naturel liquéfié (GNL) avec possibilité d'extraction du propane, du butane et de la gazoline, en vue de faciliter son transport et son stockage (réduction d'environ 600 fois son volume initial). Ce gaz est ensuite transporté dans des méthaniers à destination de l'étranger.

I.5 Capacité de production

Le complexe GL2Z comporte 6 trains ou modules de liquéfaction identiques d'une capacité de production de 9 000 m³ / j conçus pour un fonctionnement autonome. La production de Propane et de Butane est acheminée par canalisation vers le complexe GP1Z pour commercialisation. Pour des raisons de flexibilité maximale, les installations de production, de stockage et de chargement

de GNL des complexes GL1Z et GL2Z sont interconnectées. Ci-dessous un tableau descriptif sur les quantités produites :

17.8 Millions m³ / an (avec extraction).

Propane : 410 000 tonnes / an

Butane : 327 000 tonnes / an

Gazoline : 196 000 tonnes / an

Nombre de trains de liquéfaction : 6

I.5.1 Capacité totale de stockage

3 bacs de GNL : 300 000 m³

2 bacs de gazoline : 28 500 m³

Postes de chargement de GNL

Réception de méthaniers de 50 000 à 125 000 m³

Prise d'eau de mer : 6 x 30 900 m³/heure

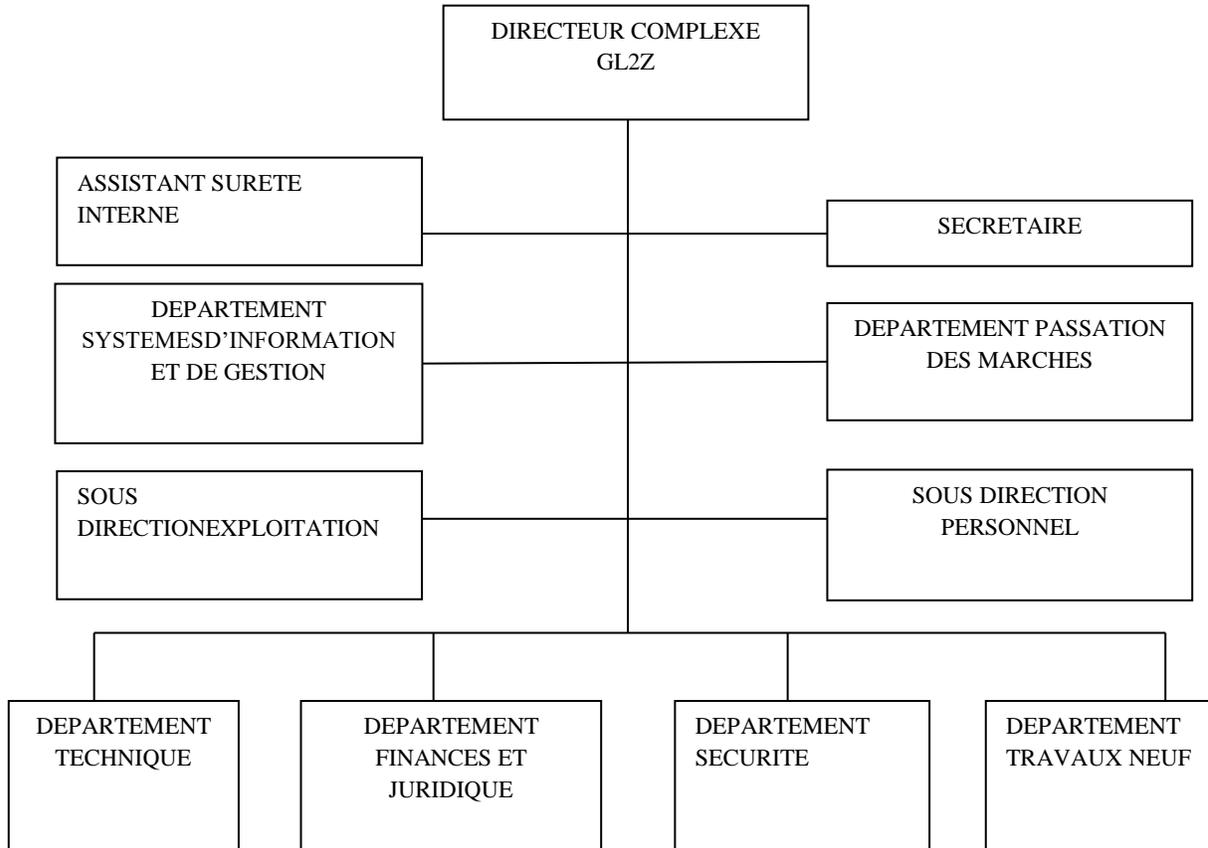
Production d'électricité : 3 x 20 mégawatts (couplée au réseau national).

Production d'eau distillée : 5x 45 m³ / heure

I. 6 Organisation [2].

Les différents départements et cellules existants au sein du complexe ainsi que leurs structures hiérarchiques sont représentées par l'organigramme ci-dessous.

I.6.1 Organigramme du complexe GL2Z



I.7 Fonctionnement

L'usine a été conçue pour permettre d'assurer le transport sous forme liquide du gaz naturel provenant de HassiR'Mel. Ce gaz est acheminé par pipeline vers l'usine : il est traité, liquéfié et stocké. Le gaz naturel liquéfié (GNL) est ensuite chargé à bord de navires méthaniers de haute mer spécialement prévus pour le transport cryogénique et il est livré à l'étranger, comme s'est présenté sur la figure ci-dessous :

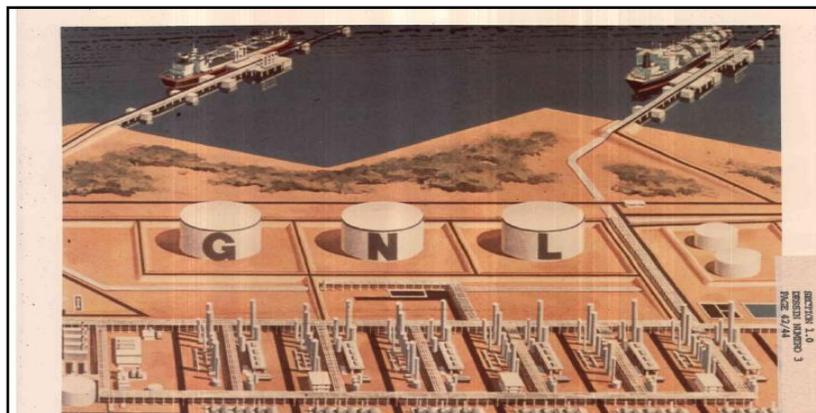


Figure I.1: Schéma général du complexe GL2/Z

L'usine de liquéfaction de gaz naturel d'Arzew GL2Z comprend six trains de liquéfaction indépendants fonctionnant en parallèle. Le gaz naturel d'alimentation est également distribué à chacun des trains par un réseau de canalisations. Le débit de gaz naturel distribué est d'environ 1.500.000 m³/h pour les 6 trains, soit en moyenne .250.000 m³/h/train. Le complexe GL2/Z est constitué de 3 zones différentes :

I.7.1 Zone des utilités

Les utilités constituent une zone importante au sein du complexe. Elle assure les vecteurs d'énergie (vapeur, électricité) pour les deux autres zones.

I.7.1.1 Source d'énergie

La vapeur d'eau est la source d'énergie choisie pour le complexe :

- Trois chaudières haute pression 62 bars de 40 tonnes\heure par train
- Une chaudière basse pression 4.5 bars de 400 tonnes\heure
- 02 chaudières IHI de 400 tonnes\heure chacune
- 12 chaudières procès de 120 tonnes\heure chacune
- 04 chaudières ABB de 400 tonnes\heure chacune

I.7.1.2 Source de refroidissement

L'eau de mer est la source de refroidissement transportée par un ensemble de six (06) pompes de grande puissance de 1750000 m³/h.

I.7.1.3 Production d'électricité

La production d'électricité est assurée par trois alternateurs entraînés par des turbines à vapeurs. Les turbo-alternateurs fournissent l'énergie de 20 MW par générateur.36 MW.

I.7.2 Unité de dessalement

Elle permet de produire de l'eau dessalée (eau distillée) qui alimente les chaudières du complexe. Six unités de dessalement chacune d'une capacité de 45 m³/h assurant la production de cette énergie.

I.7.2.1 Production d'air comprimé

Une grande partie de l'instrumentation du complexe est pneumatique. La production de l'air comprimé est assurée par un ensemble de sept (07) compresseurs de séchage et de liquéfaction des hydrocarbures.

I.7.3 Zone de procédé (Procès)

Cette zone est composée de six trains de liquéfaction indépendants, fonctions en parallèles avec vingt chaudières dont deux nouvelles dites chaudière IHI (400 t/h).

- Dans chaque train, le gaz naturel est traité pour éliminer le gaz carbonique, la vapeur d'eau, et le mercure.
- Après ce traitement, le gaz naturel subit en premier un refroidissement dans les échangeurs de propane qui abaisse sa température à -30°C pour condenser les hydrocarbures lourds.
- Le gaz passant à travers le faisceau bobiné est refroidi, puis liquéfié à contre-courant par un fluide frigorigène appelé MCR (réfrigérant à composant multiple) à la sortie de l'échangeur, sa température est de -148°C, et sa pression de 24 bars effectifs.
- Le GNL obtenu est alors détendu et débarrassé de son azote dans un ballon pour acquies les spécifications définitives pour être acheminé vers le stockage à l'aide de pompes.
- La section de fractionnement qui reçoit les hydrocarbures lourds, extrait l'éthane, le propane, le butane et la gazoline.
- L'éthane est envoyé en appoint dans la boucle de refroidissement MCR et en réinjection dans le GNL pour augmenter son pouvoir calorifique supérieur.
- Le propane est envoyé en appoint dans les boucles de MCR, mais la majeure partie est envoyée au complexe GP1/Z qui le commercialise.

- Le butane est envoyé principalement au GP1/Z pour sa commercialisation.
- La gazoline est acheminée vers les bacs de stockage avant d'être vendue sur le marché libre international.

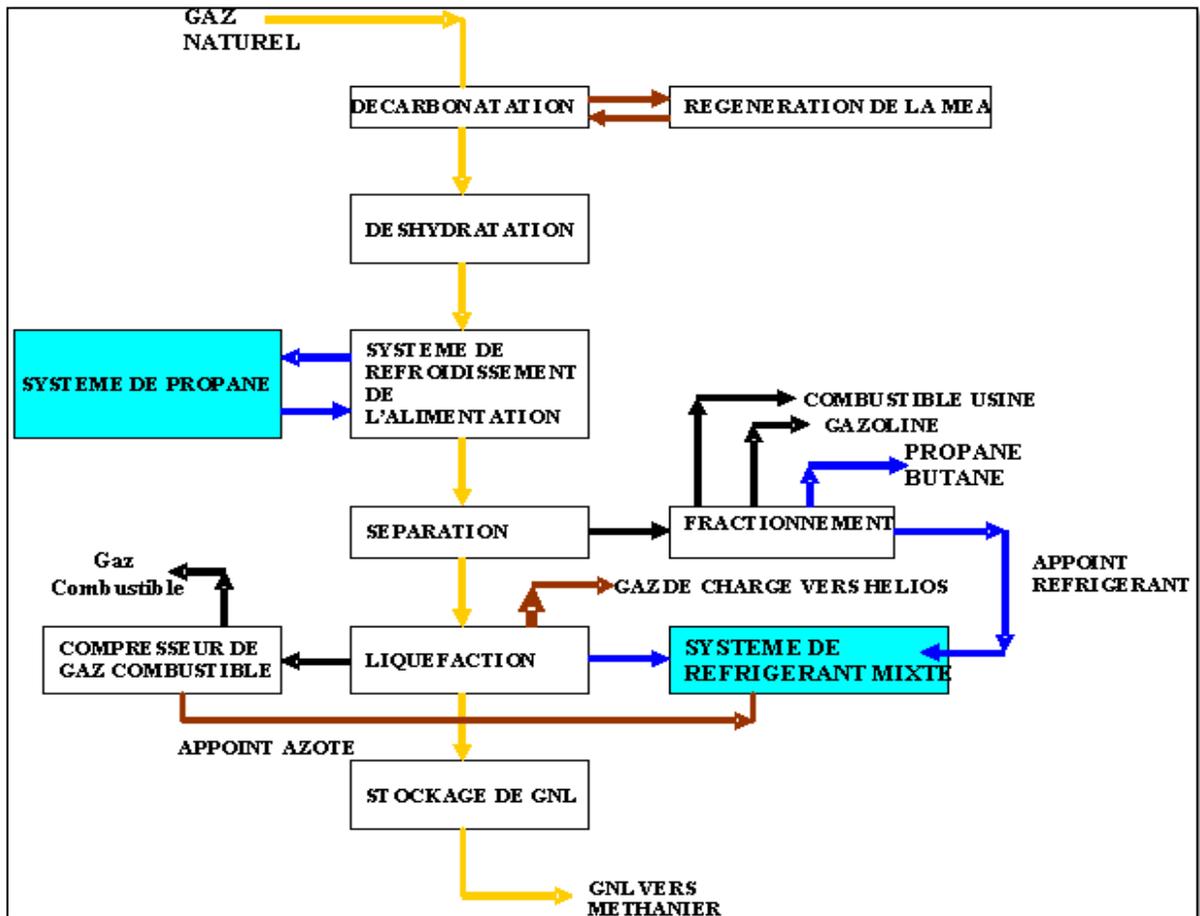


Figure I.2: Schéma de procédé GL2/Z

I.7.4 Zone de stockage et chargement « TERMINAL »

I.7.4.1 Stockage du GNL

Trois réservoirs de GNL assurent le stockage de la totalité de la production de GNL des six trains pendant cinq jours environ. Les réservoirs, d'une capacité unitaire de 100.000 m³ permettent de stocker le GNL à la pression atmosphérique de 1,03 bar et à une température de -162°C.

Lors du remplissage des réservoirs, une certaine quantité du produit se vaporise. Les échanges de chaleur avec l'extérieur dus à conduction sont aussi la cause de vaporisation du produit. Les vapeurs de stockage sont recueillies et comprimées par les compresseurs de vapeur de stockage avant d'être renvoyées dans le collecteur principal de gaz combustible.

Le GNL peut être transféré d'un réservoir à l'autre lorsqu'on ne charge pas, en utilisant la pompe de transfert.

I.7.4.2 Chargement du GNL

Le chargement du GNL à bord du méthanier d'une capacité moyenne de 125.000 m³, peut s'effectuer en 12h30 lorsque le navire est déjà froid, à raison d'un débit de chargement de 10.000 m³/h assuré par les cinq pompes de chargement ; le produit est déversé dans le navire par l'intermédiaire de huit bras de chargement dont quatre sont en service.

Le chargement est précédé du refroidissement de la canalisation de la zone de chargement qui est réalisé par la vaporisation d'une faible quantité de GNL le long des conduites. Pendant le chargement, une partie de GNL se vaporise, ces vapeurs sont renvoyées vers la zone de stockage par les compresseurs de vapeur de retour ou elles se mélangent aux vapeurs de stockage avant d'être acheminées vers le réseau de gaz combustible.

Dans les périodes sans chargement, le maintien en températures des conduites est assuré par une circulation de GNL au moyen d'une pompe.

I.8 Organisation de la sécurité au niveau du complexe GL2/Z

I.8.1 Organisation du département sécurité

Toutes les entreprises industrielles ; de nature pétrolière ou chimique y compris les complexes de liquéfaction sont exposés à des risques d'incendie ou d'explosion puisqu'ils sont chargés de transformer, stocker et distribuer de grandes quantités de matières inflammables.

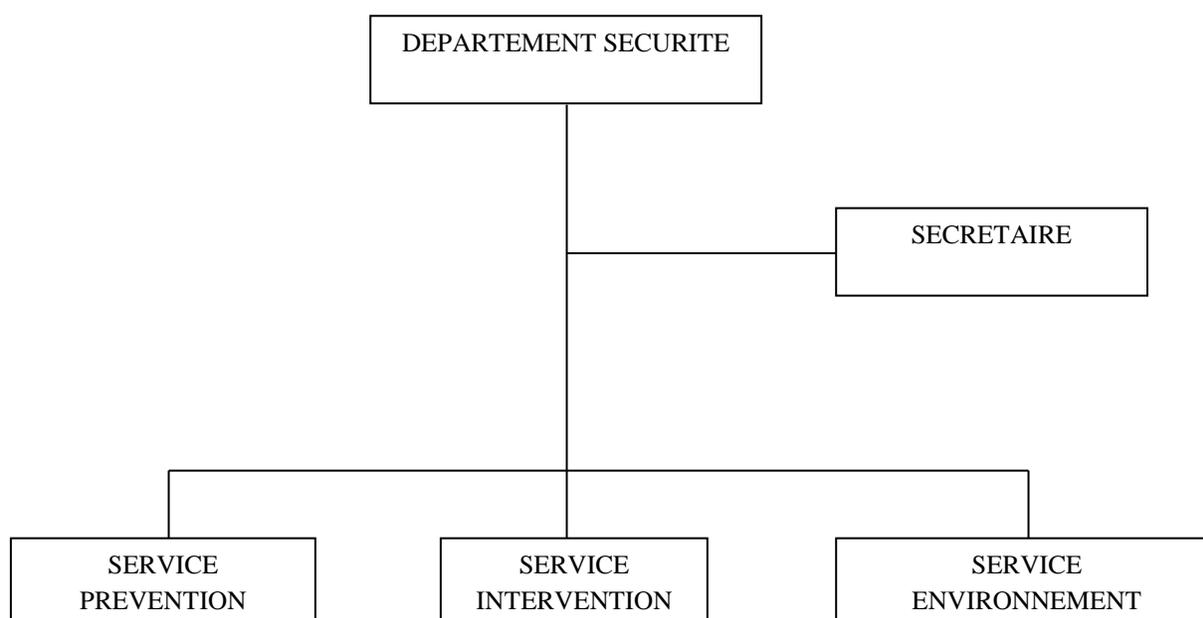
Il est donc d'intérêt vital pour chaque entreprise que la sécurité du personnel, des installations et des équipements soit assurée. Au niveau du complexe G12z cette mission est confiée au département sécurité qui a pour rôle :

- L'application des règles de sécurité pour éviter tout facteur de risque.
- Prévenir les incidents/accidents par le des installations et la détermination des recommandations nécessaires.
- Le suivi des projets de développement en collaboration avec le département technique afin de respecter les normes de sécurité.
- Collaborer avec les différents départements afin de respecter les normes de sécurité.
- L'organisation des mouvements de véhicules et de personnel à l'intérieur du complexe.
- Assurer la disponibilité des systèmes, équipements de sécurité et moyens d'intervention.
- Intervenir en cas d'accident/incident.

- **Organigramme du département sécurité**

L'organigramme ci-dessous représente l'organisation du département sécurité qui est constitué de trois services :

- Service prévention
- Service Intervention
- Service environnement.



I.8.1.1 Service prévention

La prévention consiste à l'intégration de la sécurité le plus en amont possible en analysant et évaluant les risques et en proposant les solutions adaptées.

Le service prévention a donc pour mission de :

- Veiller aux respects des règles et consignes d'hygiène, de sécurité et d'environnement.
- Informer et initier le personnel aux règles et consignes de sécurité, par des campagnes de sensibilisations.
- Inspecter et contrôler les équipements et les installations du complexe.
- Assurer la sécurité des installations et du personnel durant les travaux de maintenance en collaboration avec le département production et maintenance.
- Élaborer et étudier les statistiques d'accidents du travail.
- Réaliser les analyses des risques et contribuer à l'amélioration des conditions de travail.

I.8.1.2 Service intervention

Le service intervention a pour rôle d'assurer la disponibilité en permanence des équipements et moyens de sécurité et d'intervenir en cas incidents/accidents, Il est composé de quatre équipes de quart (A, B, C et D) et une section équipement :

- **Les Equipes de quart sont chargés de :**
 - Faire des rondes d'inspections des installations de production.
 - Contrôler et entretenir les équipements et matériels de sécurité.
 - Effectuer les tests des équipements, matériels et moyens de sécurité
 - Surveiller les installations de production et les équipements de lutte contre l'incendie à partir de la console DCS.
 - Intervenir en cas d'accident/ incident.
 - Evacuer les blessés /malades.
- **Section équipement :**
 - Inspecter et vérifier en permanence les équipements fixes et mobiles de sécurité.
 - Entretien des équipements de sécurité.

- Assurer la maintenance des équipements fixes de sécurité en collaboration avec le département G.
- Assurer la disponibilité des engins et camions d'intervention avec les départements G & M.
- Assurer l'installation des nouveaux équipements de sécurité avec le département T et W.
- Gérer les produits extincteurs (poudre, émulseurs, CO₂).

I.8.1.3 Service Environnement

Le service environnement a pour rôle de :

- Elaborer les procédures et consignes en matière environnement.
- Assurer la veille réglementaire, normative et technologique en matière environnement.
- Développer une banque de données à tout ce qui a attrait à son activité
- Assurer une bonne gestion des déchets industriels
- Participer aux audits internes.
- Tenir à jour les bases de données liées à l'environnement conformément aux chartes.
- Veille à la protection de l'environnement sur les lieux de travail.
- Identifier et évaluer les aspects environnementaux...
- Faire des inspections en matière environnement au niveau du site
- Elaboration des rapports comme : rapport des rejets liquide et rapport lié aux gaz à effet de serre

I.8.2 Généralités sur les systèmes de sécurité [10]

Les systèmes de sécurité installés et mis en place au niveau du site du complexe GL2Z permettant de faire face à toute éventualité d'un phénomène dangereux (fuite, explosion, feu) et pour réduire la probabilité d'occurrence d'un événement majeur sont les suivants :

- Le réseau eau incendie
- Les systèmes d'extinction à poudre
- Les systèmes d'extinction CO₂
- Les extincteurs
- Les systèmes mousses

- Le système de détection et d’alarme anti-incendie
- Les véhicules et camion d’intervention

I.8.2.1 Description du réseau eau incendie à GL2/Z

– Généralités

Le réseau d’eau incendie est un réseau bouclé maillé ; ayant deux direction d’alimentation, et isolable par des vannes de sectionnements. Le système comporte, en cas d’incendie deux pompes principales la **2260 JAM** et la **2260 JAD**, l’une entraînée par moteur électrique et l’autre par moteur diesel. Chaque pompe a un débit de **2920 m3/h** et une pression de **9 bars**.

L’eau incendie est distribuée par un réseau souterrain dont les boucles encerclent les zones à protéger. Chaque boucle est sectionnée par des vannes souterraines qui installées à des points stratégiques permettent le sectionnement des boucles selon la nécessité. Ces boucles souterraines sont reliées au réseau souterrain de GNL I et GP1Z en deux endroits par des vannes motorisées, normalement fermées, situées à la limite des unités, l’une à l’angle nord-ouest et l’autre à l’angle nord-est. Ces deux vannes de liaison motorisées seront ouvertes par mesure d’aide mutuelle en cas d’urgence, entre GNL2/ GNL1 et GNL2Z/GP1Z.14

– Fonctionnement du réseau incendie

Le réseau incendie est maintenu sous pression par une pompe auxiliaire « Jockey » **2261J** entraînée par un moteur électrique d’un débit de **125 m3 /h** à la pression **7 bars**, cette pompe fonctionne de façon continue à fin d’assurer l’alimentation des poteaux incendie.

Les pompes de lavage **2201J-JA** sont raccordées par une ligne de **6"** au distributeur d’eau incendie de façon à pouvoir remplacer la pompe Jockey si la pression est arrêtée ou chute momentanément dans le distributeur. La philosophie de fonctionnement des pompes du réseau incendie est la suivante :

- Si la pression dans le réseau descend en dessous de **6,2 bars** pendant au moins **10 secondes** démarrage de la pompe de lavage **2201J-JA** avec un débit additionnel de **113 m3 /h**.

- Si la pression est maintenue 10 secondes en baisse le **PSL 5304** démarrera automatiquement la pompe **2260 JAM**. Si la pression se maintient en baisse pendant **10** secondes de plus la pompe **2260 JAD** entre en service par **PSL 5303**.

– **Distribution de l'eau incendie**

Le réseau de distribution de l'eau alimente les appareils de protections suivants :

- Poteaux incendie « PI »
- Lances monitors à balayage automatique
- Systèmes déluges
- Bâtiments à mousse
- Générateurs à mousse

– **Poteaux incendie « PI »**

Le complexe GL2Z comporte **160** poteaux incendie d'un débit **113m³ /h** et répartis de la façon suivante :

– **ZONE ADM**

- 02 Poteaux incendie avec lance (Ecole de feu).
- 26 Poteaux incendie sans lance (ADM/école de feu).

– **ZONE EXPLOITATION :**

- 115 Poteaux incendie avec lance (Pomperie, Utilités, Trains, Bacs GNL, Bacs Gazoline Chaudière ABB, Quai de chargement)
- 13 Poteaux incendie sans lance (Bacs GNL, fosse de pompes Bacs Gazoline, Quai de chargement)
- 04 Poteaux internationaux au niveau du Quai de chargement

– **Lance monitors à balayage automatiques « LMBA »**

Le réseau eau incendie alimente 10 LMBA d'un débit de **272 m³/h**:

- 02LMBA pour le refroidissement du réservoir diesel de la pompe **2260 JAD** se trouvant au niveau de la pomperie.
- 08 LMBA pour le refroidissement des bacs gazoline (04 LMBA /bac).
- **Systèmes déluges**
- 06 demi-couronnes pour la protection des bacs GNL (02/bac GNL) d'un débit de 345m³/h pour la vanne 25% et de 1135 m³/h pour la vanne **75 %** :
 - Le bac GNL A : une vanne 100% pour la couronne cotée Oust et deux vannes de 25 ou 75% pour la couronne coté Est.
 - Le bac GNL B : deux vannes pneumatiques de 25 ou 75% pour chaque demi-couronne.
 - Le bac GNL C : deux vannes de 25 ou 75% pour la couronne coté Oust et une vanne de 100% pour la couronne coté Est.
- 02 couronnes Bac gazoline d'un débit de **660 m³/h**.
- 01 couronne pour la citerne de gasoil du moteur diesel de la pompe **2260 JAD**, un débit de **113m³/h**.
- Déluge d'un débit de 113m³/h pour la protection des bâtiments suivants :
 - Bâtiment mousse haut foisonnement 2115K.
 - Bâtiment sous station électrique pomperie 2102 K
 - Bâtiment terminal 2101 K
- **Bâtiment à mousse haut foisonnement 2115K :**

Les boucles souterraines alimentent le groupe de production de mousse foisonnante pour la protection de la fosse des pompes. L'émulseur et les installations de mise en pression de la commande sont situés dans ce bâtiment.
- **Bâtiment à mousse bas foisonnement 2117K**

Le réseau d'eau incendie alimente le bâtiment **2117K** avec un débit de **318m³/h** pour la production de la solution moussante.
- **Générateurs à mousse**

Les Générateurs à mousse sont alimentés par une conduite d'eau incendie et une conduite d'émulseur pour la production du mousse haut foisonnement au niveau du pied de chaque générateur.

I.8.2.2 Le système CO₂ [5]

– Généralités

Les systèmes CO₂ sont utilisés depuis des années pour éteindre des incendies de liquides inflammables, de gaz et d'équipement électrique. Le CO₂ agit sur le feu en réduisant la quantité d'oxygène contenu dans l'air jusqu'au point où la combustion ne peut plus avoir lieu.

L'installation de CO₂ comprend les équipements suivants :

- Un stockage de CO₂ (bouteilles **67L** contenant chacune **45 kg** de CO₂)
- Un réseau de tuyauterie permettant d'alimenter un réseau de buses couvrant le risque.

– Localisation des systèmes d'extinction CO₂

Tableau I.1 : Description Système d'extinction CO₂

Désignation	Nombre de cylindres CO₂	Localisation
Système CO ₂ 2070KZ	04	Utilité/ Salle APM /Bt 2070K
Système CO ₂ 201KZ	06	Train 200 /Salle APM/ Bt 201K
Système CO ₂ 401KZ	06	Train 400 /Salle APM / Bt 401K
Système CO ₂ 601KZ	06	Train 600 /Salle APM/Bt 601K
Système CO ₂ 801KZ	44	Train 100/Sous stations électrique et Salle APM/Bt801K
Système CO ₂ 2101KZ	02	Terminal/ Salle APM/ Bt2101K
Système CO ₂ 2910KZ	16	Salle de contrôle DCS
Système CO ₂ TURBOGENERATEUR 2070JAZ/ZB/ZC	12 (04/TG)	Utilité /Turbogénérateurs

– **Principe de fonctionnement**

Les vannes de bouteilles de stockage sont ouvertes, le CO₂ est véhiculé en phase liquide jusqu'aux buses. A ce moment-là le CO₂ se détend sous forme de gaz sur le risque.

La décharge de CO₂ donne l'apparence d'un brouillard qui affecte temporairement la visibilité. L'emploi du CO₂ comme moyen d'extinction est particulièrement valable pour les zones où un moyen inerte non conducteur d'électricité est essentiel, dans les endroits où le nettoyage de la mousse, de la poudre ou de l'eau est problématique.

Ces systèmes CO₂ sont reliés à des détecteurs de fumée installés en diagonale par deux ; si 1 seul des deux détecteurs est activé, une alarme s'affiche au niveau du DCS, ou voyant local et enclenche le carillon de la zone concernée. Mais si 2 d'entre eux (en diagonale) s'activent, les bouteilles de CO₂ se percutent automatiquement

I.8.2.3 Les extincteurs

– **Principe de fonctionnement**

Les extincteurs portatifs sont des appareils d'extinction portatifs actionnés à la main prête à l'emploi, qui libèrent l'agent extincteur sous l'effet d'une pression accumulée ou produite lors de l'utilisation. Ces extincteurs permettent de combattre l'incendie à leur stade initial. Ils doivent être clairement signalés et placés dans des endroits facilement accessibles.

– **Les différents types d'extincteur**

On distingue sur site GL2Z trois types d'extincteurs différents : à poudre, à CO₂, à eau.

– **Les extincteurs à poudres** : les poudres extinctrices BC et ABC, sont constituées d'un produit de base et d'additifs. Elles ont pour effet d'arrêter immédiatement les flammes et pour vocation d'étouffer le feu en rompant sa réaction moléculaire. Elles réalisent un excellent écran contre le rayonnement thermique et permet aux équipes d'interventions de s'approcher du foyer. Il y a deux types de poudre :

– **Les poudres BC** : généralement à base de bicarbonate de sodium ou de potassium et sont efficaces sur les feux de classe B (liquide inflammables) et C (feux de gaz).

– **Les poudres ABC « polyvalentes »** : elles sont utilisées pour les feux de classes A, B et C (feux de solides, liquides et gaz), ce sont des phosphates d'ammoniaque qui ne dégagent aucun composé toxique au contact du feu.

– La poudre BC agit par inhibition alors que la poudre ABC agit par inhibition et étouffement.

– **Les extincteurs à CO₂** : le produit extincteur et un gaz inerte le dioxyde de carbone, contenu dans l'appareil sous forme comprimée liquéfiée et gazeuse il est efficace sur les feux de classe B (feux de liquide inflammable) et ceux d'origine électrique. Le CO₂ agit par étouffement (diminution de la teneur en oxygène) et /ou par refroidissement (dû à la détente du gaz et création de la neige carbonique).

– **Extincteurs à eau** : on distingue trois types d'extincteurs à eau

– **Extincteurs à eau pulvérisée** : il agit par refroidissement sur les feux de **classe A** dû aux fines gouttelettes qui au contact du foyer se vaporisent en absorbant la chaleur dégagée, l'eau pulvérisée est également utilisable sur les feux d'origine électrique, en présence d'une tension inférieure à 1000 Volts, car l'eau est pulvérisée en fines gouttelettes et le jet n'est pas conducteur.

– **Extincteurs à eau pulvérisée avec additif** : Contient de l'eau additionnée d'un additif « **de l'AFFF** (Agent Formant Film Flottant) », efficace sur les feux de classe A par refroidissement dû aux fines gouttelettes et sur les feux de classe B par étouffement, grâce à la formation d'un Film Flottant qui isole les vapeurs du combustible et de l'oxygène de l'air.

– **Extincteurs à eau aseptisée** : Contient de l'eau déminéralisée avec une solution aseptisant sont utilisés pour secourir des victimes de brûlures chimiques ou thermiques par son action antiseptique et refroidissante, ce qui limite l'étendue des brûlures.

I.8.2.4 Les systèmes mousses

– Généralité [6]

Une mousse est un mélange hétérogène d'air et d'eau, obtenu à l'aide d'un agent émulseur.

- L'eau est amenée sous pression à l'aide d'une pompe
- **EAU**
- L'émulseur est mélangé à l'eau
- **EAU + EMULSEUR = SOLUTION MOUSSANTE**
- L'air, troisième élément constituant, est introduit soit à l'aide d'un générateur, soit par une ouverture qui entraîne par dépression l'air extérieur.
- **SOLUTION MOUSSANTE + AIR = MOUSSE**

Le taux de foisonnement (TF) est le rapport du volume de mousse sur le volume de solution moussante (eau + émulseur). On comprend donc aisément que plus TF augmente, plus la mousse est légère et son volume important :

- Si $4 < \mathbf{TF} < 20$, on obtient de mousse à bas foisonnement. C'est une mousse lourde qui peut être projetée à de grandes distances. Elle est employée pour des lances mobiles ou des canons à balayage automatique mais aussi pour des installations fixes sur des réservoirs.

- Si $20 < \mathbf{TF} < 200$, il s'agit de mousse à moyen foisonnement. Elle est aussi principalement utilisée avec des dispositifs de projection et parfois dans des petites enceintes confinées, en particulier pour les feux proches du sol.

- Si $200 < \mathbf{TF}$, il s'agit de mousse à haut foisonnement. Elle permet de "noyer" de grands volumes, mais résiste moins bien au feu que les autres mousses et peut être dispersée par le vent. Elle est donc principalement utilisée en intérieur.

– Système mousse haut foisonnement

La cuvette de rétention des bacs GNL ainsi que la fosse des pompes sont protégées par un système de mousse haut foisonnement, cette mousse est destinée à contrôler les vapeurs de GNL et diminuer l'intensité de la chaleur en cas de feu. 75700 L, 11360L

Deux réservoirs d'émulseur d'une capacité de **75700 L** et **11360 Litre** destinés pour la protection des bacs GNL et fosse des pompes respectivement ainsi que les installations de mise en

pression sont situés un niveau du bâtiment **2115K**. Chaque cuvette de rétention des bacs GNL est protégée par **13 générateurs** à mousse haut foisonnement :

- 4 générateurs du côté sud avec un débit de **850 m³/min**.
- Générateurs de chaque côté Est, Ouest et Nord avec un débit de **625 m³/min**.

La solution moussante est formée un niveau du pied de chaque générateur. La fosse des pompes dispose de 2 générateurs à mousse haut foisonnement située à l'angle Nord-ouest et Sud-est recevant la solution moussante.

- **Système mousse bas foisonnement**

La mousse bas foisonnement sert à éteindre des feux de gazoline, d'huile pour diesel et d'autres hydrocarbures lourds. Les deux bacs gazoline et les cuvettes de rétentions sont protégés par un système fixe de production de mousse bas foisonnement. La solution distribuée dans la tuyauterie du système provient du bâtiment **2117 K**. Ce dernier comporte un réservoir d'émulseurs d'une capacité de **11 mille Litre**, un groupe mélangeur et un panneau de commande La solution moussante est formée par dosage de l'eau incendie à l'émulseur (fluor protéine). Chaque bac gazoline est muni de **4 déversoirs** situés en haut du bac au niveau du quel est produite la mousse bas foisonnement ainsi que **3 lances à Dévidoirs** d'un débit de **23m³/h**.

I.8.2.5 Les systèmes de détection et d'alarme anti-incendie

- **Généralité**

Un système de détection et d'alarme incendie est installé sur le site ayant pour but de déceler automatiquement toute fuite ou feu et d'avertir le personnel, permettant ainsi de prévenir tout risque de danger, il comporte les appareils suivant :

- Détecteurs de gaz « **AIT, GC** »
- Détecteurs haute température « **HTD** »
- Détecteurs basse température « **LTD** »
- Détecteurs de flamme « **FD** »
- Détecteurs de fumée « **SD** »
- Sirènes
- Boites alarmes (**PULL-BOX**)

I.8.2.6 Les véhicules et camions d'intervention

Afin de renforcer sa sécurité, le complexe GL2/ Z dispose de différents véhicules et camions d'intervention regroupés dans le tableau suivant :

Tableau1.2 : Description des camions de lutte anti-incendie

Camion/Véhicule	Agent extincteur	Description
Camion 806	Eau	10 000 L 3 000 L/min
Camion 807	EAU-Mousse	Emulseur : 3000 L Eau : 6000 L
Camion à nacelle 810	Eau-Emulseur	Emulseur : 2000 L Eau : 3000 L 3 000 L/min
Camion 811	Poudre	Réservoir : 1500 kg 2 Réservoirs : 750 kg
Camion 812	Poudre	3000 kg 2*750 kg
Camion 813	Mixte (Eau-Emulseur)	Emulseur : 3000 L Eau : 6000 L
Camion 814	Trivalent (Eau -Emulseur Poudre)	Eau : 1000 L Emulseur : 200 L Poudre : 500Kg
Véhicule premier secours PS1	Poudre	500kg
Véhicule premier secours PS2	Poudre	500kg
Véhicule de liaison NISSAN	/	Simple cabine

De plus, le complexe GL2/Z dispose de :

- Trois ambulances : **I36, I37, I38**
- Clinques motopompes
- Un Groupe électrogène

I.8.2.7 Le système E.S.D

Le système ESD (Emergency shutdown) permet l'arrêt total ou partiel de l'usine en cas de perturbation du procédé, défaut de fonctionnement de l'équipement, panne dans les utilités, fuite, déversement, incendie ou panne hors contrôle au niveau des bacs de GNL, selon un programme logique préétabli de déclenchement (Panne, fuite, Incendie, déversement).

I.9 Conclusion

La prévention des incidents et accidents en milieu industriel a toujours constitué, l'intérêt capital des chefs d'entreprises, d'une part pour faire fonctionner leurs usines sans incidents ni accidents pour des considérations multiples, d'autres parts ils sont tenus de se conformer aux lois et règlements régissant ces activités en matière de HSE.

Les équipements et les instruments de sécurité et de protection contre l'incendie restent fiables à conditions qu'ils soient entretenus comme il faut et fassent l'objet de vérification continue

Chapitre II :

**Etude réglementaire sur le fonctionnement
des postes à poudre ANSUL et évaluation
de leurs conformité avec la norme
NFPA17**

Chapitre II : Etude réglementaire sur le fonctionnement des postes à poudre ANSUL et évaluation de leur conformité avec la norme NFPA

II.1 Introduction

La politique de prévention des accidents majeurs repose d'une part sur la réalisation de l'analyse de risques, établie dans l'étude de dangers sous la responsabilité de l'exploitant, où sont identifiés les différents accidents majeurs portant atteinte à la sécurité des biens et des personnes et de l'environnement. Et d'autre part, elle repose sur la maîtrise de ces risques par la barrière de protection de ces derniers éléments par la mise en place des dispositifs de sécurité fixes pouvant assurer le control des incidents possibles.

Dans ce chapitre nous allons faire une étude comparative de la philosophie de fonctionnement actuelle des postes à poudre objet de notre étude par rapport aux exigences de la norme NFPA.

II.2 Généralités sur le Poste à poudre ANSUL

II.2.1 Champs d'application

Le système fixe à poudre chimique est conçu pour fournir une protection incendie pour les zones à risque telles que les plates-formes offshore, les rampes de chargement, les installations pétrochimiques, les zones de stockage de combustible et les opérations d'industrie lourde. Combine la flexibilité d'un extincteur portatif avec une capacité d'extinction accrue nécessaire pour combattre les importants incendies de classe B (gaz et liquides inflammables) et de classe C (les feux de gaz) et Feu d'équipements électriques (cette classification existe toujours dans le système américain sous la classe C).

Les postes à poudre objet de notre étude ont été installés au niveau du complexe GL2/Z en 1996.



Figure II.1 Poste à poudre ANSUL coté fractionnement

II.2.2 Description d'un poste à poudre ANSUL

L'ensemble du poste à poudre anti -incendie est constitué de :

- Réservoir à poudre
- Agent d'extinction
- Centrale de pressurisation (Cylindres/bouteilles d'azote « N2 », Flexibles, détendeur, soupape).
- Collecteur de distribution
- Système de commande pneumatique
- Moyens d'action (des lances à poudre fixe et dévidoirs avec lance manuelle).

II.2.2.1 Réservoir à poudre

Le réservoir de poudre chimique équipé d'une conduite de gaz d'azote « N2 » permettant de fluidifier correctement la poudre chimique, pressuriser le réservoir et maintenir une pression nominalement constante soit 14 bars dans le réservoir pendant la décharge. Le haut du réservoir de

poudre comporte une ouverture de remplissage appelé « une trappe ou un bouchon de remplissage » et équipé d'un conduit d'écoulement adapté à l'établissement de tuyaux. Le poste à poudre ANSUL comporte 2 réservoirs à poudre de 1000 kg chacun de poudre (GRANITO) propulsée par l'azote (N₂), la conduite de gaz comporte un clapet anti-retour pour empêcher le blocage de la poudre chimique.



Figure II.2 Réservoir à poudre chimique

II.2.2.2 Centrale de pressurisation

– Cylindres d'azote

On trouve 8 bouteilles de pressurisation d'une capacité de 50 litres chacune est chargées à une pression de 150 bars. Chaque bouteille est équipée d'un robinet à pression différentielle et d'un manomètre permettant de lire et contrôler à chaque instant la pression de la bouteille.

Le déclenchement peut être fait pneumatiquement par récupération de pression dans le poste à poudre à une pression supérieure à 9 bars.

Les bouteilles sont raccordées par de 2 types de flexibles « haute pression et basse pression » raccordé avec un détendeur de pression en plus de deux collecteurs, alimentant chacun un régulateur de pression d'azote « détendeur », compensé par la pression du réservoir.



Figure II.3 Bouteilles d'azote

– **Flexible**

Un tuyau en caoutchouc permet le passage d'azote de la bouteille vers le réservoir, composé de 3 éléments constitutifs :

1. Le tube intérieur destiné à l'étanchéité du tuyau est réalisé dans un polymère homogène présentant une excellente résistance au produit véhiculé. Celui-ci doit posséder le meilleur état de surface possible.
2. Le renforcement confère au tuyau ses propriétés physiques et mécaniques :
 - Tenue à la pression
 - A la dépression
 - Résistance au craquage
 - A la traction.

Ce renforcement pourra combiner plusieurs solutions techniques pour s'adapter aux conditions d'utilisation :

- Tresses ou nappes textiles ou métalliques

De plus, il garantit le maintien dimensionnel du tube interne et contribue donc à l'étanchéité du tuyau.

3. Le revêtement est constitué d'un polymère homogène et destiné à isoler l'armature de son environnement d'utilisation.

– **Embout**

L'embout est constitué d'un douil et un nipple en acier, résiste à la fois aux haute pressions et aux températures élevées, caractérisé par leur filetage et leur type de terminaison qui doivent assurer la liaison mécanique et une parfaite étanchéité.

– **Soupape de sécurité**

Elle est placée sur le réservoir à poudre afin de protéger le système de la surpression.



Figure II.4 *Soupape de sécurité réservoir*

– **Détendeur « régulateur de pression »**

Le système à poudre est équipé de trois détendeurs de pression :

1. Détendeurs bouteilles d'azote
2. Détendeurs de vanne pneumatique
3. Détendeur de la vanne pneumatique de lance à canon

II.2.2. 3 Collecteurs de distribution et système pneumatique

A la sortie de la poudre le réservoir sera munie d'une vanne de décharge principale, cette dernière s'ouvrira à la mise sous pression du poste et alimentera le collecteur.

Le collecteur est muni de vannes à opérateur pneumatique pour alimenter les canons fixes, disposées de manière à ce que seule la vanne raccordée au canon utilisé s'ouvre.



Figure II.5 Vanne pneumatique



Figure II.6 Vanne de décharge poudre

II.2.2.4 Moyens d'action

– Dévidoirs

Deux dévidoirs équipés de lances manuelles alimentées par le biais de flexibles semi rigides DN 25 de 30 mètres de longueur.

– Lances

Sont actionnées par les petites cylindres d'azote (31) fixée sur la lance qui permet la percussion des bouteilles et l'ouverture des vannes pneumatiques, la cylindre d'actionnement contrôle aussi la position "ouverte/fermée" de l'instrument de control.



Figure II.7 Dévidoir du poste à poudre



Figure II.8 Lance à canon du poste à poudre

II.2.2.5 Agent extincteur

Les poudres utilisées par le complexe GL2Z comme agent extincteur est à base de Bicarbonate de Soude (NaHCO_3). A l'air libre et au-dessus de 50°C , le Bicarbonate de Soude se décompose en Dioxyde de Carbone (CO_2), en Eau (H_2O) et en Carbonate de Sodium (Na_2CO_3). Le Dioxyde de Carbone obtenu aura le même effet que celui de l'extincteur à CO_2 (Inhibition). Les poudres agissent par Etouffement et/ou Inhibition.

Le tableau suivant illustre les caractéristiques de la poudre :

Tableau II.1 : Caractéristique physico-chimique de la poudre extinctrice

Caractéristique physico-chimique de la poudre extinctrice	
Identification de la substance	Poudre extinctrice
Nom de la matière	Bicarbonate de sodium
Formule chimique	NaHCO ₃
Identification de danger	Légèrement irritant pour les yeux et les voies respiratoires, n'est pas classée comme substance dangereuse
Forme	Poudre
Couleur	Blanche
Masse volumique	2.2 gr/cm ³
Solubilité	Insoluble en eau
Valeur pH	8,6 en eau à 20°C
Température de décomposition	A partir de 60°C
Stabilité et réactivité	-Le produit est stable, risque de décomposition à la chaleur/action de chaleur - A 50°C on aura la formation du CO ₂ + carbonate de Na - Substance à éviter : Acide fort
Indication toxicologique	Toxicité orale aigue DL _{50rat} = 4220 mg/kg

II.2.3 Emplacement sur site

Les postes à poudre sont installés dans des endroits sensibles sur le site du complexe GL2Z ; le tableau suivant présente l'emplacement des postes à poudre ANSUL :

Tableau II.2 : Emplacement des systèmes poudre ANSUL au niveau du site GL2Z

Localisation	Nombre	Description
Train (fractionnement)	06 (1/Train)	02 réservoirs de 1000 kg de poudre chacun 08 bouteilles d'azote 02 lances à canon 02 dévidoirs
Fosse des pompes	01	02 réservoirs de 1000 kg chacun de poudre 06 bouteilles N2 36 diffuseurs 02 dévidoirs

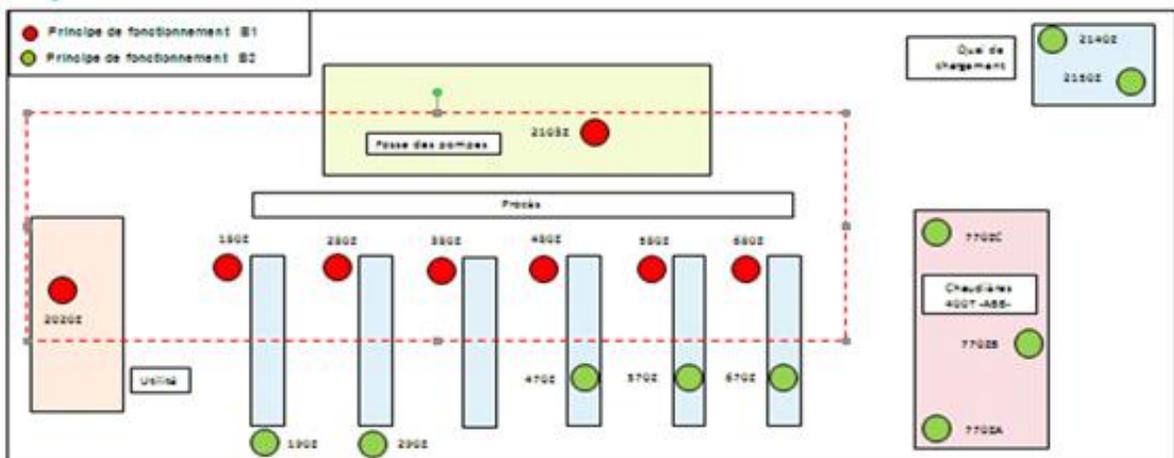


Figure II.9 Emplacement des postes à poudre ANSUL au niveau du complexe GL2Z

II.2.4 Principe de fonctionnement des postes à poudre ANSUL au niveau complexe GL2/Z

A. ANSUL X80Z ” la zone Fractionnement”

Le fonctionnement d'un poste à poudre ANSUL consiste à mettre sous pression manuellement le réservoir de poudre en une seule phase semblant le détassage et la compensation de la poudre en même temps.

Autrement dit lorsqu'on percute nos huit (08) bouteilles d'azote le gaz va jouer les deux rôles : Qui est le détassage et la pressurisation de la poudre.

Il existe deux modes de percussion du poste à poudre :

– Manuel

Soit par la bouteille starter de N₂ : Après la percussion de cette dernière l'azote sort à 150 bars et percute les bouteilles compensatrice d'azote, ou par percussion manuel de chaque bouteille compensatrice d'azote. Lorsqu'on percute la bouteille starter une partie d'azote va passer par un détendeur qui va réduire la pression jusqu'à 7 bars, nécessaire pour l'ouverture des vannes pneumatiques de décharge.

– A distance (délocalisé)

Au niveau des lances canon à poudre on percute la bouteille starter d'azote, cette dernière va percuter les grandes bouteilles N₂ et permet l'ouverture de la vanne pneumatique de décharge.

B. ANSUL 2103Z dans la zone de la fosse des pompes

La particularité de ce poste à poudre se résume dans la partie automatique qui est l'Unité d'activation électromécanique AUTOMAN II- C intégrée pour sa mise en marche et la détection LTD /HTD.

Les pompes cryogéniques sont installées dans une fosse afin de leur donner une hauteur pratique d'aspiration suffisante à vider les bacs de stockage jusqu'au niveau minimal pendant le chargement d'un méthanier.

Au niveau de la fosse des pompes plusieurs systèmes de sécurité sont installés notant ainsi le système de détection et de surveillance, système mousse, système d'eau anti incendie et enfin système d'extinction à poudre.



Figure II.10 Poste à poudre ANSUL de la fosse des pompes

Le poste à poudre ANSUL 2103Z se compose de :

- (08) Cylindres de nitrogène (N₂) de pressurisation d'une pression 158.5 bars et d'une capacité de 11.33m³
- (02) réservoirs d'agent chimique sec d'une capacité total 2x1000 Kg et Pression de service 17.2 bar
- (02) dévidoirs avec lance manuelle alimentées par le biais de flexibles semi rigides DN 30m
- Unité d'activation électromécanique AUTOMAN II- C composée d'une électrovanne, d'une bouteille d'azote avec mécanisme d'activation manuelle et réarmement

- Prise d'alimentation extérieure DN 4 " Clapet anti retour 8 "Élargissement 6 " à 8 "vanne guillotine
- Une boîte d'inhibition HTD/LTD
- Flexibles haute et basse pression des bouteilles d'azotes
- Détendeur de pression
- Collecteur commun
- Soupape de sécurité de réservoir
- Tuyauterie fixe de refoulement avec un ensemble de diffuseurs « 36 »



Figure II.11 Unité d'activation électromécanique AUTOMAN II



Figure II.12 Une boîte d'inhibition HTD/LTD



Figure II.13 Tuyauterie fixe de refoulement avec un ensemble de diffuseurs

II.3 Cadre réglementaire

II.3.1 La norme NFPA

La National Fire Protection Association (NFPA) a été créée en 1896. Sa fonction première est de définir et de réglementer les normes de sécurité.

L'objectif principal de la NFPA est la protection contre l'incendie, mais il porte aussi sur les autres dangers du bâtiment et environnementaux.

Cet ensemble de normes sont élaborés dans le cadre d'un processus d'élaboration de normes consensuelles approuvées par l'Institut national de normalisation. Ce processus réunit des volontaires représentant des points de vue et des intérêts variés pour parvenir à un consensus sur les incendies et autres questions de sécurité. Alors que la NFPA administre le processus et établit des règles pour promouvoir l'équité dans le développement du consensus.

II.3.1.1 Définition de la NFPA 17

La présente édition de NFPA17, sur les systèmes d'extinction en poudre, a été préparée par le Comité technique sur les systèmes d'extinction par voie sèche et humide. Il a été émis par le Conseil de normalisation du 27 novembre 2012, avec effet au 17 décembre 2012, et remplace toutes les éditions précédentes. Cette édition de NFPA17 a été approuvée comme norme nationale américaine le 17 décembre 2012.

Cette norme est préparée pour respecter le bon usage de l'équipement concerné et conseiller des personnes chargées de l'achat, de la conception, de l'installation, mettre à l'essai, de l'inspection, d'extinction d'incendie et d'approuver, de répertorier d'exploiter ou entretenir par produits chimiques secs et de clarifier les exigences en matière d'inspection et de maintenance afin que l'équipement fonctionnera comme prévu tout au long de sa vie.

Elle inclut les exigences minimales relatives aux systèmes d'extinction d'incendie utilisant des produits chimiques secs, qui déchargent des produits chimiques secs à partir de buses fixes ou de flexibles à main au moyen d'un gaz expulsant. Le but de la norme est de présenter les considérations de conception applicables à ces systèmes. Il ne contient que les exigences essentielles

et les recommandations nécessaires pour rendre la norme opérationnelle entre les mains de l'homme de métier. Parce que le flux de produit chimique sec (particules solides en suspension dans un milieu gazeux) ne suit pas les théories hydrauliques générales, la plupart des principes de flux ont été déterminés expérimentalement.

II.3.1.2 Exigences de l'inspection, des tests et de la maintenance de la norme NFPA

La responsabilité de l'inspection, test, maintenance et recharge du poste à poudre est finalement transférée au personnel du complexe GL2Z « agentes de quart, techniciens de la section équipement du département de sécurité en collaboration avec le département de maintenance ». Elle concerne tous les composants du poste à poudre ainsi les critères du personnel chargé de l'inspection, les tests et la maintenance de cet équipement.

II.3.2 Etude réglementaire du poste à poudre ANSUL et évaluation de sa conformité avec la norme NFPA

L'étude réglementaire comparative du poste à poudre a été élaboré comme suite :

- Revue de la norme NFPA 17 et recensement des critères réglementaires .
- Evaluation de la conformité des postes à poudres par rapport aux critères réglementaires de la norme NFPA 17.
- Analyse du résultat obtenu .

Tableau II. 3 : les résultats obtenus pour la partie déclenchement du poste à poudre

Mode de fonctionnement	Critere	Conforme	Non conforme
Déclenchement	Lorsque deux systèmes ou plus sont utilisés pour protéger un système commun, ils doivent être conçus pour fonctionner simultanément. Opération d'un seul actionneur doit entraîner le fonctionnement de tous les systèmes.		
	Un système de déclenchement pneumatique utilisant une cartouche d'azote doit être fournie pour ouvrir le réservoir d'azote et déclencher une vanne directionnelle au niveau du réservoir ou à distance et alimenter le système d'extinction à la buse.		
	Le dispositif de déclenchement à cartouche doit comprendre une goupille de déclenchement et un bouton coup de poing, offrant un déclenchement en deux étapes.		
Méthode d'actionnement	Les systèmes doivent être équipés à la fois un mode de fonctionnement automatique et manuel.		
	Les moyens automatiques et manuels du système mécanique actionnement, externe à la tête de commande ou dispositif de libération, doivent être séparés et indépendants les uns des autres, de sorte que la défaillance de l'un n'empêchera pas le fonctionnement de l'autre.		
	Au moins un actionneur manuel doit être prévu pour chaque système.		
	Tous les dispositifs de commande doivent être conçus, situés, installés et ou protégés de sorte qu'ils ne soient pas soumis à des conditions environnementales ou autres qui pourraient les rendre inopérantes ou provoquer un dysfonctionnement.		
	Un moyen facilement accessible pour la commande manuelle doit être situé dans un chemin accessible.		

Indication,detection et alarmes	Un indicateur sonore ou visuel doit être fourni pour montrer que le système a fonctionné. Dans notre cas « le manomètre »		
	La détection automatique et l'activation du système doivent être en conformément à la présente norme et à la conception du fabricant.		
	Le système d'extinction doit être raccordé au système d'alarme incendie, le cas échéant, conformément aux exigences de la norme NFPA 72, National Fire de sorte que l'actionnement du système chimique sec déclenchera l'alarme incendie et fournira la fonction du système d'extinction.		

L'évaluation de la conformité du mode de fonctionnement du poste à poudre X80Z par rapport aux exigences de la norme NFPA17, révèle que les critères de déclenchement du poste à poudre sont vérifiés et respectés, cependant on constate le non-respect de certaines exigences des méthodes d'actionnement ainsi que celles des indications de détection et d'alarmes.

Sur les 11 critères étudiés 05 exigences primordiales ne sont pas respectées soit un taux de 45% de « non-conformité du mode de fonctionnement ».

Ces non-conformités sont dues à l'absence d'un système de détection incendie ainsi que l'inexistence d'un mode d'extinction automatique

Dans une vision d'amélioration de la fiabilité et le temps de réponse du système d'extinction poudre X80Z, ces non-conformités doivent être prises en charge en optant pour le remplacement de ce système par des postes à poudre à déclenchement automatique relié à un système de détection.

Tableau II.4 : les résultats obtenus pour la partie conception des composants du poste à poudre

Composants du poste à poudre	Critère	Conforme	Non conforme
Reservoir poudre chimique	Le réservoir de poudre chimique doit être en acier soudé.		
	Comporte deux fonds elliptiques en anse de panier (d'une pièce ou segmentés) et des soudures circonférentielles.		
	Sa pression de service de 250 psi (17,2 bars).		
	Il doit être équipé d'une conduite de gaz permettant de fluidifier correctement la poudre chimique.		
	Le réservoir doit maintenir une pression nominale constante dans le réservoir pendant la décharge.		
	Le haut du réservoir de poudre chimique doit comporter une ouverture de remplissage d'un diamètre intérieur de 4 pouces (10,2 cm) et doit être équipé d'un conduit d'écoulement adapté à l'établissement de tuyaux.		
	Le conteneur de stockage d'agent doit être marqué pour indiquer les limites de température minimale et maximale indiquées.		
Vannes , tuyaux et raccords	Les vannes et tuyaux doivent être installés de façon à ce qu'en fonctionnement normal, l'azote du réservoir passe à travers le régulateur et les tuyaux dans le réservoir d'agent pour fluidifier et pressuriser de façon adéquate le réservoir.		
	Le débit d'agent du réservoir au système de distribution doit être contrôlé par un robinet à bille manuel normalement ouvert.		
	Des vannes et tuyaux doivent être fournis de façon à ce qu'après l'utilisation de l'extincteur, tout résidu d'agent puisse être retiré de l'établissement de tuyaux en libérant la pression depuis le haut du réservoir à travers les vannes et tuyaux, et la pression du réservoir d'azote soit dirigée à		

	travers les établissements de tuyaux à des fins de maintenance.		
	Toutes les vannes doivent être répertoriées pour l'usage auquel elles sont destinées, en particulier, en ce qui concerne la capacité d'écoulement et le fonctionnement.		
	Les vannes de sélection doivent permettre le libre passage de la poudre chimique.		
	Tous les dispositifs d'arrêt doivent fonctionner avec le fonctionnement du système et le gaz expulsant utilisé pour le fonctionnement pneumatique.		
	Le tuyau, les raccords et les joints de raccordement doivent résister à la pression maximale attendue dans le système de tuyauterie.		
	Les tuyaux et les raccords doivent être en acier galvanisé, inoxydable acier, cuivre ou laiton. Matériaux spéciaux résistant à la corrosion ou des revêtements sont nécessaires dans les atmosphères extrêmement corrosives.		
Tuyaux de distribution	Toute la tuyauterie doit être aménagée de manière à produire le débit chimique aux buses.		
	La taille des tuyaux et les buses doivent être sélectionnées, sur la base de calculs, pour fournir le débit de produit chimique sec à chaque buse.		
	Un tuyau doit avoir une quantité suffisante de produit chimique sec pour permettre son utilisation pendant au moins 30 secondes.		
Tuyaux flexibles de poudre chimique	Le tuyau flexible doit être tressé horizontalement avec un diamètre interne maximum de (0,25 mm) sous une pression de 200 psi (13,8 bar).		
	Le tuyau flexible de poudre chimique doit être relié entre le tuyau de distribution allant du réservoir de poudre chimique et la buse pour le contrôle et la direction du jet de poudre chimique.		
La poudre chimique	Le type de poudre chimique utilisé dans le système ne doit pas être changé sauf si indiqué pour ce système.		
	Les systèmes doivent être conçus sur la base du flux et caractéristiques d'extinction d'une marque et d'un type de produit sec chimique. « notre cas GRANITO ».		

	Elle doit être conditionnée dans des seaux en plastique munis de couvercles étanches remplaçables.		
Bouteille d'azote	L'azote utilisé comme gaz expulsant doit être standard qualité industrielle avec un point de rosée de « $-52,2^{\circ}\text{C}$ » ou moins.		
	La conduite de gaz doit comporter un clapet anti-retour pour empêcher le blocage de la poudre chimique.		
	Pouvant être ouverte manuellement depuis un emplacement distant au moyen d'un déclencheur pneumatique.		
	Pouvant être ouverte manuellement au niveau de la vanne par le biais d'un levier d'ouverture rapide, d'un volant traditionnel.		
	Les trois méthodes d'ouverture doivent être indépendantes et ne pas interférer les unes avec les autres.		
	La vanne doit être équipée d'un manomètre intégré d'une capacité de lecture de 0 à 3000 psi (206,8 bar), et indiquant la plage de pression utilisable.		
	La vanne doit être fabriquée à partir de matériaux hautement résistants à la corrosion.		
	Le régulateur doit être conçu pour une pression d'entrée de 3000 psi (206,8 bar) et doit être réglé pour fournir de l'azote à une pression réduite de 195 à 215 psi (13,4-14,8 bar).		
	L'alimentation en azote doit être dirigée à travers un régulateur pour le réservoir.		
	Un système de déclenchement pneumatique utilisant une cartouche d'azote doit être fournie pour ouvrir le réservoir d'azote et déclencher une vanne directionnelle au niveau du réservoir ou à distance et alimenter le système d'extinction à la buse.		
Le dispositif de déclenchement à cartouche doit comprendre une goupille de déclenchement et un bouton coup de poing, offrant un déclenchement en deux étapes.			
Sortie decharge poudre (Devidoirs ,	Les dangers doivent être protégés par l'un des éléments suivants : Systèmes individuels installés pour fonctionner		

lance canon, buses)	simultanément et un système unique conçu pour protéger tous les dangers pouvant être simultanément impliqués.		
	Le dévidoir en métal et le rembobinage manuel doivent être spécifiquement conçus pour leur utilisation avec le flexible de poudre chimique.		
	Le dévidoir repose sur un socle haut en métal pour un accès facile et peint en rouge. Un dispositif de verrouillage doit être intégré au dévidoir afin d'empêcher tout mouvement lors du transport.		
	Chaque tourelle et dévidoir doivent être munis d'un robinet d'arrêt ou vanne de régulation de débit.		
	Les buses à tourelle doivent être munies de capuchons ou autres dispositifs appropriés pour empêcher la pénétration de l'humidité ou des corps étrangers dans la tourelle ou la tuyauterie.		
Bouchon de remplissage	Le bouchon doit comprendre un corps en aluminium anodisé moulé équipé de deux poignées de chaque côté du bouchon permettant de le serrer à la main afin d'éviter toute fuite sous pression de fonctionnement normale.		
	Il doit être équipé d'un joint en caoutchouc épais de 5/32" (4 mm) inséré dans une rainure usinée.		
	Un trou de purge d'air de sécurité doit être présent dans le bouchon de remplissage afin qu'il puisse aérer la pression lorsqu'au moins 3,5 filetages sont encore engagés.		
Sécurité du personnel	Suite au risques de décharge de poudre chimique sur le personnel, les éléments de sécurité à prendre en compte doivent inclure, mais ne doivent pas être limité à ce qui suit : Formation du personnel.		
	Suite au risqué de décharge de poudre chimique sur le personnel, les éléments de sécurité à prendre en compte doivent inclure, mais ne doivent pas être limité à ce qui suit : alarmes de pré-décharge.		
	Suite aux risques liés à la décharge de poudre chimique sur le personnel, les éléments de sécurité à prendre en compte doivent inclure, mais ne doivent pas être limité à ce qui suit : Alarmes de décharge.		
	Les moyens automatiques et manuels du système mécanique actionnement, externe à la tête de commande		

	ou dispositif de libération, doivent être séparés et indépendants les uns des autres, de sorte que la défaillance de l'un n'empêchera pas le fonctionnement de l'autre.		
	Au moins un actionneur manuel doit être prévu pour chaque système.		
	Tous les dispositifs de commande doivent être conçus, situés, installés et ou protégés de sorte qu'ils ne soient pas soumis à des conditions environnementales ou autres qui pourraient les rendre inopérantes ou provoquer un fonctionnement par inadvertance du système.		
	Un moyen facilement accessible pour la commande manuelle doit être situé dans un chemin de sortie ou de sortie.		
	La détection automatique et l'activation du système doivent être en conformité à la présente norme et à la conception du fabricant.		
	Le système d'extinction doit être raccordé au système d'alarme incendie, le cas échéant, conformément aux exigences de la norme NFPA 72, National Fire de sorte que l'actionnement du système chimique sec déclenchera l'alarme incendie et fournira la fonction du système d'extinction.		
Buses	Toutes les buses de décharge doivent être conçues et ensuite situés, installés et protégés de sorte qu'ils ne soient pas soumis à des conditions mécaniques, environnementales ou autres qui pourraient les rendre inopérants.		
	Lance à poudre doit être conçue de manière à peut être manipulé par une personne.		
	Le tuyau flexible doit comporter un dispositif d'arrêt contrôler le flux de produit chimique sec.		
	Pour les incendies de liquides inflammables, les buses doivent être placées côté réservoir ou en hauteur, ou une combinaison de côté réservoir et de volume dans les limites de la liste, et situé pour empêcher éclaboussures pendant la décharge.		

Soupape de sécurité	Une soupape de sécurité doit être fournie pour éviter que la pression dans le réservoir n'excède 10 % de la pression de service maximum du réservoir.		
Barre de levage	Une barre de levage en acier solide doit être fournie avec le poste à poudre et doit être boulonnée à la base de la structure pour un retrait aisé sur site		
Finition et peinture	L'unité finale assemblée est protégée de la corrosion par des traitements de surface spéciaux, notamment le décapage, une couche d'apprêt et un revêtement époxy rouge.		

L'évaluation de la conformité critères de conception du poste à poudre X80Z par rapport aux exigences de la norme NFPA17, nous a permis de constater que sur un ensemble de 57 critères étudiés seuls 12 sont non respectés soit un taux de 21% de non-conformité.

Ces non-conformité sont considérées comme minime et confirme que la conception des postes à poudre X80Z assurent la protection anti-incendie de la zone de fractionnement mais nécessite amélioration en vue de son ancienneté (1996).

II. 3.3 Procédure de maintenance des postes à poudre ANSUL

Pour contrôler et assurer les coûts, la fiabilité et la sécurité des équipements d'extinction fixe sur le long terme en mettant en œuvre et en gérant un programme de maintenance préventive. L'entretien est important pour réduire au minimum d'éventuels problèmes imprévus entraînant des coûts plus élevés pour les pannes et réparations. Une maintenance proactive des postes à poudre nécessite des inspections, un entretien préventif et la planification des tests d'anomalies des réparations et des opérations de maintenance. Une maintenance réactive, curative, est, elle, généralement liée à des pannes. Celles-ci peuvent être coûteuses en réparations,

II. 3.3.1 Maintenance préventive actuelle

Le plan de maintenance actuel des postes à poudre du complexe GL2Z comprend les tâches suivantes :

- Vérification des commandes pneumatiques et régulatrices de pression

- Vérification des disques d'éclatement
- Graissage des bagues
- Vérification de la charge de la bouteille d'azote par manomètre (pression) et l'état générale du réservoir une fois par an
- Changement du filtre de déclenchement tous les deux ans.

Il est à noter que parmi ces tâches, seules la tâche graissage est prise en charge par la maintenance « MP » le reste est sous la responsabilité du département sécurité section équipement.

II.3.3.2 Entretien et Maintenance curative actuel

Additivement au MPE1, le service intervention réalise d'autres tâches afin de garantir la disponibilité de postes à poudre à savoir, des entretiens mensuels, un suivi des rée-preuves réglementaires, des vérifications et tests périodiques, et initier des inspection et travaux par DI/DT pour prise en charge des anomalies découlant de contrôles mensuels.

II.4.1 Etude réglementaire de l'inspection, entretien et maintenance des postes à poudre ANSUL

En se référant à la NFPA 17 et la situation actuelle des SKID ANSUL ,on a pu élaborer un tableau de comparaison entre la procédure réglementaire de la maintenance l'entretien et l'inspection et ceux de la situation actuelle .

Tableau II.5 : les résultats obtenus pour la partie inspection ,entretien et maintenance du poste à poudre

Composant ou acteur concerné	Texte reglemantaire	Conforme	Non conforme
Technicien chargé de maintenance	Un technicien de maintenance effectuant la maintenance d'un système d'extinction doit être formé.		
	L'inspection se fait au moins une fois par mois, la date à laquelle l'inspection est effectuée et les initiales de la personne effectuant l'inspection doivent être enregistrées. Les dossiers doivent être conservés jusqu'au prochain semestre.		
Systeme d'extinctin	Tous les systèmes d'extinction à poudre doivent être inspectés conformément au manuel du propriétaire et entretenu et rechargé conformément à la conception, à l'installation, au manuel d'entretien et bulletins de service.		
	Une inspection mensuelle doit être effectuée conformément à la conception, à l'installation et au manuel de maintenance ou le manuel du propriétaire.		
	Les actionneurs manuels ne doivent pas obstrués.		
	Les manomètres doivent être inspectés physiquement pour s'assurer qu'il se trouve dans la plage de fonctionnement.		
	Si des anomalies sont constatées des mesures correctives appropriées doivent être prises immédiatement.		
	L'inspection doit inclure la vérification de l'étiquette ou le certificat de maintenance est en place.		
	Inspecter l'obstruction de la tuyauterie de distribution d'agent.		
	Examen du produit chimique sec (s'il existe des preuves d'agglomération, le produit chimique sec doit être jeté et le système doit être rechargé conformément aux instructions du fabricant).		

	<p>Les conteneurs de produits chimiques secs doivent avoir les informations de maintenance enregistrées sur une étiquette résistante aux intempéries qui est une taille minimale de 51 mm × 89 mm (2 po. × 3 1/2 po.).</p> <p>La nouvelle étiquette doit être apposée sur le conteneur par un procédé sans chaleur, et toutes les anciennes étiquettes doivent être enlevées.</p>		
	<p>L'étiquette doit contenir les informations suivantes :</p> <p>Mois et année où l'entretien a été effectué, indiqué par une perforation telle que faite par un coup de poing</p> <p>Nom ou initiales de la personne effectuant la maintenance et le nom de l'agence effectuant la maintenance.</p>		
	<p>Lorsque l'entretien de tout conteneur de poudre chimique sèche révèle des conditions telles que, sans toutefois s'y limiter, la corrosion ou piqûres au-delà des limites du fabricant ; dommages structurels ; dégâts du feu ; ou des réparations par brasage, soudage le conteneur concerné doit être remplacé ou hydro-statiquement testé conformément aux recommandations du fabricant ou l'agence de cotation.</p>		
	<p>Lorsque la maintenance de tout composant du système de poudre chimique révèle des conditions telles que, la corrosion ou des piqûres dépassant les limites du fabricant, des dommages structurels, ou dommages causés par le feu, alors les parties affectées doivent être remplacées.</p> <p>Lorsque la maintenance du ou des systèmes s'avère défectueuse, les pièces pouvant causer une dégradation ou une défaillance de bon fonctionnement du ou des systèmes, les pièces défectueuses doivent être remplacés ou réparés conformément aux instructions du fabricant jusqu'à ce que ces réparations soient effectuées, le système doit être étiqueté comme non conformes</p>		
Détendeurs	<p>Les détendeurs doivent être contrôlés du point de vue du fonctionnement au moins une fois par an pour s'assurer qu'ils respectent les pressions statiques et débit minimum recommandés.</p>		
Régulateur	<p>Les régulateurs défectueux ne doivent pas être ajustés mais doit être remplacé ou envoyé à un organisme de réglementation agréé par l'usine.</p>		
Les vannes	<p>La pression doit être vérifiée au moins une fois par an avec un dispositif permettant de vérifier que la pression de la bouteille et les spécifications de tolérance du fabricant de l'équipement.</p>		

Le rapport de maintenance	Le rapport de maintenance, y compris les recommandations éventuelles, doit être déposé auprès du propriétaire ou de son représentant		
---------------------------	--	---	--

L'évaluation de la conformité critères de la procédure réglementaire d'inspection, d'entretien et de maintenance du poste à poudre X80Z par rapport aux exigences de la norme NFPA17, nous a permis de constater que sur un ensemble de 19 critères étudiés seuls 7 sont non respectés soit un taux de 36.84% de non-conformité.

Ces non-conformité sont considérées comme minime et confirme que la procédure de maintenance des postes à poudre X80Z subit une amélioration depuis l'installation du système au niveau du complexe pour assurer leur disponibilité et efficacité au cours de l'année

II.5.1 Gestion des retours d'expérience

La Direction HSE a initié et concrétisé un projet en 2013 de mise en place de base de données des postes à poudre SKID : Intégration de **la majorité des SKID** « matériels » dans le GATIOR en priorité A « INDISPONIBILITE REMET EN CAUSE LA SECURITE » Formalisation de la totalité des écrans des SKID du GATIOR relatifs aux dossiers DT & DI préventifs.

Les postes à disposent d'un REX via la base de données GATIOR, La figure ci-dessous est un exemple d'écran de GATIOR qui illustre l'historique des actions d'entretien, d'inspection et de contrôle réalisés sur les postes à poudre :

Chapitre II : Etude réglementaire sur le fonctionnement des postes à poudre ANSUL et évaluation de leur conformité avec la norme NFPA17

Paramètre	PREVENTIVE				CURRATIVE			TOTALS	
	Nbr Prévu	Nbr Lancé	Nbr Réalisé	% Réalisé/Prévu	Nbr Lancé	Nbr Réalisé	Nbr Lancé	Nbr Réalisé	
CONTROLE				.00			0	0	
ENTRETIEN	47	42	31	65.96	166	148	208	179	
INSPECTION	1	0	0	.00	19	19	19	19	
Total	48	42	31	64.58	185	167			

Figure II.13: Gestion des SKID dans le GATIOR

Les tableaux ci-dessous représentent l'historique des actions d'entretien, d'inspection et de contrôles réalisés sur les postes à poudre ANSUL :

Tableau II.6: DT sur les vannes du poste à poudre ANSUL

Date	Repère équipement	Description anomalie
08-06-1996	280 Z	Réparer vanne décharge principale SKID Train 200
10-10-1998	580 Z	Réparer ou changer les vannes de décharge secondaire « lances SKID à poudre Train 500 »
18-11-1998	580 Z	Réparer vanne secondaire « lances du SKID train500 fuyarde »
18-11-1998	680 Z	Réparer vanne secondaire « lances du SKID train600 fuyarde »
29-01-2000	170Z	Réparer la vanne de décharge principale SKID à poudre train 100
29-01-2000	170Z	Réparer vanne de décharge secondaire vers lance « dur mécanique »

29-01-2000	170Z	Réparer vanne de décharge secondaire vers lance « dur mécanique » train 200
12-03-2005	580Z	Dégripper les vannes de décharge du SKID à poudre du train 500
12-03-2005	480Z	Dégripper les vannes de décharge du SKID à poudre du train 400
12-03-2005	380Z	Dégripper les vannes de décharge du SKID à poudre du train 300
12-03-2005	280Z	Dégripper les vannes de décharge du SKID à poudre du train 200
12-03-2005	180Z	Dégripper les vannes de décharge du SKID à poudre du train 100
25-03-2007	2103Z	Démonter les vannes pneumatiques du SKID à poudre de la fosse des pompes et pose de joints plein
08-06-2008	580Z	Changer la vanne de décharge poudre vers lance du SKID Train 500
14-07 -2011	180Z	Réparer ou changer la vanne de garde du dévidoir du SKID à poudre train 500 « vanne a boisseau »
11-08-2013	480Z	Réparer dur mécanique de la vanne de garde du SKID à poudre 480Z
04-08-2014	370Z	Enlèvement vanne pneumatique SKID train 300 pour réparation filtrage entrée air
07-10-2014	680Z	Enlèvement vanne pneumatique SKID train 600 pour réparation filtrage entrée air.
12-12-2018	480Z	Enlèvement de la vanne pneumatique pour entretien
18-12-2018	480Z	Entretien de la vanne pneumatique de décharge poudre
23-04-2019	580Z	Entretien de la vanne pneumatique de la lance canon côté sud
24-04-2019	580 Z	Vérification et entretien de la vanne pneumatique de la lance canon

Tableau II.7: DT sur les réservoirs à poudre

Date	Repère équipement	Description anomalie
08-06-2008	580Z	Assister la sécurité pour ouverture de la trappe de remplissage des réservoirs à poudre des SKIDS 500 /600
08-06-2008	580Z	Vérification des joints prise d'échantillon de poudre
07-06-2010	680Z	Assister la sécurité pour l'ouverture des trappes de remplissage poudre du SKID train 600. bouchon de la trappe bloqué.
15-07-2010	680Z	Confection de 10 bouchons pour réservoir poudre SKID Ansul
07-06-2010	580Z	Assister la sécurité pour l'ouverture de la trappe de remplissage poudre du SKID train 500. bouchon de la trappe bloqué.
07-06-2010	480Z	Assister la sécurité pour l'ouverture des 02 trappes de remplissage poudre du SKID train 400. bouchon de la trappe bloqué.
10-10-2018	380Z	Confection de 5 couvercles de la trappe de réservoir
21-10-2018	380Z	Enlèvement d'un bouchon bloqué
21-10-2018	380Z	Enlèvement de 9 bouchons des réservoirs
21-04-2019	2140Z	Inspecter état des réservoirs poudre

Tableau II.8: DT sur les socles des postes à poudre

Date	Repère équipement	Description anomalie
06-09-2016	180Z	Dégradation de la plateforme « intempéries »
06-09-2016	380Z	Dégradation de la plateforme « intempéries »
06-09-2016	480Z	Dégradation de la plateforme « intempéries »
06-09-2016	580Z	Dégradation de la plateforme « intempéries »
06-09-2016	680Z	Dégradation de la plateforme « intempéries »
06-09-2016	480Z	Réfection du socle du SKID à poudre ANSUL train 400 coté fractionnement
06-09-2016	380Z	Réfection du socle du SKID à poudre ANSUL train 300 coté fractionnement
06-09-2016	180Z	Réfection du socle du SKID à poudre ANSUL train 100 coté fractionnement
06-09-2016	680Z	Réfection du socle du SKID à poudre ANSUL train 600 coté fractionnement
06-09-2016	580Z	Réfection du socle du SKID à poudre ANSUL train 500 coté fractionnement

Tableau II.9: DT sur les bouteilles d'azote

Date	Repère équipement	Description anomalie
01-03-2017	380Z	Confection et installation d'un toit de protection pour bouteille azote
01-03-2017	280Z	Confection et installation d'un toit de protection pour bouteille azote
01-03-2017	180Z	Confection et installation d'un toit de protection pour bouteille azote
24-04-2019	680Z	Entretien des 8 percuteurs des bouteilles d'azote
24-04-2019	580Z	Entretien des 8 percuteurs des bouteilles d'azote
24-04-2019	480Z	Entretien des 8 percuteurs des bouteilles d'azote
24-04-2019	380Z	Entretien des 8 percuteurs des bouteilles d'azote
24-04-2019	280Z	Entretien des 8 percuteurs des bouteilles d'azote
24-04-2019	180Z	Entretien des 8 percuteurs des bouteilles d'azote

Tableau II.10: DT de vérification et réparation

Date	Repère équipement	Description anomalie
26-08-2007	2103Z	Vérifier tous les détendeurs du SKID
25-11-2008	Equipement de sécurité	Réparer ou changer le HS 5333 ressort défectueux lieu: près du SKID fosse des pompes.
16-06-2009	Equipement de sécurité	Changer le sélecteur du HS LIEU : SKID fosse des pompes.
21-09-2011	Equipement de sécurité	test d'étanchéité des manomètres des bouteilles azote SKID Ansul
04-08-2013	Equipement de sécurité	Tarage de 40 détendeurs des SKIDS ANSUL : 30 détendeurs à 7 bars. 10 détendeurs à 17 bars.
30-10-2013	Equipement de sécurité	Réparer PSH 3981 du SKID à poudre fosse des pompes. alarme fugitive.
24-03-2014	680Z	Réparer levier cassé de la vanne du SKID à poudre ANSUL nord train 600.
26-03-2014	Equipement de sécurité	Réparer système HTD SKID fosse des pompes. urgence
27-05-2014	Equipement de sécurité	Confection de 04 leviers pour SKID à poudre Ansul selon Modèle déposé au niveau de T/U
06-07-2016	280Z	Procéder à l'application de la peinture adaptée pour les bouteilles du SKID Ansul coté fractionnement
07-06-2016	180Z	Procéder à l'application de la peinture adaptée pour les bouteilles du SKID Ansul train 100 coté fractionnement
23-01-2017	380Z	Réparer échelle des 02 lances canons du SKID à poudre train 300 côté nord
23-01-2017	480Z	Réparer échelle des 02 lances canons du SKID à poudre train 400 côté nord
09-03-2017	Equipement de sécurité	Confection flexible d'air pour test des SKIDS à poudre selon modèle longueur 30M
31-01-2018	480Z	Levier dévidoir tourne à vide
25-12-2018	480Z	Sablage bride du SKID à poudre

Tableau II.11 : DT lignes et tuyauteries

Date	Repère équipement	Description anomalie
11-12-2002	2103 Z	Procéder à la connexion du SKID ANSUL ligne 4 fausse des pompes
15-06-2008	2103 Z	Installation de lignes en INOX pour les circuits d'ouvertures des vannes pneumatiques du SKID à poudre face compresseur fausse des pompes
01-12-2016	370Z	Dépose des lignes des lances à canon du SKID à poudre 370Z
25-02-2018	280Z	Inspecter ligne sortie poudre vers lance canon
02-04-2018	280Z	Présence de corrosion sur deux lignes 4" décharge poudre
17-04-2018	280Z	Réparer deux lignes de percussion « lignes instrumentation des deux lances canon »
15-05-2018	380Z	Inspecter ligne sortie poudre vers lance canon
15-05-2018	480Z	Inspecter ligne sortie poudre vers lance canon
04-07-2018	180Z	Inspecter lignes 4" décharge poudre
18-12-2018	680Z	Enlèvement de la ligne de soupape manomètre
18-12-2018	580Z	Enlèvement de la ligne de soupape manomètre
18-12-2018	480Z	Enlèvement de la ligne de soupape manomètre
18-12-2018	480Z	Remplacement de la ligne de percussions inox 1/4suite aux travaux de remplacement de la ligne de décharge poudre

Chapitre III

**Revue de littérature des méthodes
utilisées**

Chapitre III : Revue de littérature des méthodes utilisées

III.1 Introduction

La fiabilité est un concept qui intéresse de nombreux domaines de l'activité humaine : économique, scientifique, technique et industriel... Elle est liée à des notions de sécurité et de sûreté de fonctionnement, de qualité, d'efficacité et de performance. Cette théorie a comme objectif d'étudier l'aptitude de dispositifs techniques (machines, équipements, Composants, éléments...) à accomplir une fonction requise, dans des conditions données et pendant une durée donnée.

Nous admettons qu'au départ chaque dispositif est en état de fonctionnement. Les défaillances se produisant de façon aléatoire, il est logique de faire appel à ses modes de défaillances et aux calculs des probabilités de leurs apparitions

Pour résoudre des problèmes de fiabilité on fait appel à plusieurs méthodes d'analyse qualitatives et quantitatives.

Une revue exhaustive de la littérature a été réalisée afin de déterminer s'il existe une méthodologie permettant de déterminer les objectifs de fiabilité des postes à poudre ANSUL. Les notions de base de ces méthodes, font l'objet de ce chapitre. Cette démarche a été initiée dans le but d'améliorer la fiabilité, la disponibilité de ces postes à poudre.

Voici deux objectifs poursuivis lors de cette phase :

- Comprendre les méthodes existantes susceptibles d'aider à déterminer les objectifs de fiabilité en déterminant les modes de défaillances des postes à poudre pour vérifier sa sûreté de fonctionnement (*en utilisant AMDEC, inférence bayésienne*).
- Exploiter l'historique de défaillances des postes à poudre recensé par retour d'expérience dans le **deuxième chapitre** pour la réalisation du réseau bayésien.

Plusieurs sources d'information ont été consultées lors de cette revue de la littérature :

- Exigences de La norme NFPA 17A « National Fire Protection Association »,
- La base de données GATIOR pour exploiter les travaux, les inspections et les actions de maintenances réalisés sur les postes à poudre depuis leur installation au niveau du complexe GL2Z.

Voici une description des principaux éléments répertoriés pour chacun de ces éléments :

III.2 Principales définitions

III.2.1 Risque

Puisque les objectifs de fiabilité doivent être déterminés de façon à s'assurer que la zone présente un risque acceptable, il est nécessaire de bien comprendre le concept du risque.

Le risque peut être représenté comme étant le produit de la gravité des conséquences d'un accident et de la probabilité de leur occurrence. L'acceptation du risque est soumise à plusieurs facteurs psychosociaux. De ce fait, il faut que la probabilité d'occurrence des dommages encourus soit inversement proportionnelle à la perception de la sévérité de ces dommages.

La gestion du risque est un processus itératif global composé de plusieurs étapes qui permet d'établir le contexte, identifier, analyser, évaluer, maîtriser, suivre et communiquer les risques. Elle devrait faire partie intégrante des pratiques de gestion. Lorsqu'elle est appliquée de façon systématique, elle permet d'améliorer la prise de décision.

Plusieurs techniques permettent de procéder à l'analyse du risque. Chacune possède des avantages et inconvénients ainsi qu'un domaine d'application particulier.

Ce chapitre a pour fonction de présenter de façon détaillée les principales méthodes d'analyse du risque. Ces dernières y sont par ailleurs très bien expliquées et répertoriées afin de permettre la réalisation de l'objectif de notre étude.

III.2.2 Fiabilité

Il y a plusieurs façons de définir la fiabilité. Familièrement, la fiabilité est la propriété qu'un matériel fonctionne quand on veut l'utiliser.

Nous définissons aussi la fiabilité d'un dispositif comme étant la probabilité qu'il fonctionne correctement pendant un intervalle de temps donnée, c'est-à-dire qu'il n'a pas de

défaillances pendant cet intervalle. La fiabilité d'un groupe d'éléments à un instant t est donc la probabilité de fonctionnement sans défaillance pendant la période $[0, t]$, donc la probabilité que l'instant de la première défaillance X soit supérieur à t :

$$R(t) = P(X > t).$$

III.2.3 Défaillance

C'est la cessation d'une aptitude à accomplir une fonction requise, c'est aussi le passage de l'état de fonctionnement à l'état de panne. On distinguera sa cause (circonstances ayant entraîné la défaillance).

III.2.4 Disponibilité

La disponibilité caractérise la capacité d'un système à fonctionner lorsqu'on le demande. En particulier, la disponibilité d'un système est souvent caractérisée par sa capacité à rester dans un état de fonctionnement pendant les périodes de repos.

III.2.5 Maintenance

La maintenance désigne l'ensemble des opérations nécessaires pour maintenir un système à un niveau de fiabilité donnée. Sa maintenabilité caractérise la facilité avec laquelle on le maintient en bon fonctionnement.

Selon le moment de son exécution, on distingue deux formes de maintenance : la maintenance corrective (MC), elle englobe toute action exécutée après défaillance dans le but de rétablir l'état de fonctionnement, et la maintenance préventive (MP) qui inclut toute action effectuée avant la défaillance, dans le but de réduire la probabilité de son occurrence

III.3 Le besoin d'évaluation de l'efficacité des actions de maintenance

Tout au long de leur vie opérationnelle, les systèmes industriels complexes sont soumis à des opérations de maintenance préventive et corrective afin de les conserver en état de marche, tout en justifiant d'un certain nombre de contraintes de sûreté de fonctionnement.

Une maintenance corrective (CM : Corrective Maintenance) est l'ensemble des actions exécutées après une détection d'une panne et destinées à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise

Une maintenance préventive (PM : Préventive Maintenance) est l'ensemble des actions exécutées à des intervalles de temps prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinées à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien .

La sûreté de fonctionnement de ces systèmes dépend naturellement étroitement de l'efficacité de ces opérations de maintenance.

Classiquement, on suppose soit que la maintenance est inefficace, soit qu'elle remet les matériels à neuf. La première hypothèse est certainement trop pessimiste. La deuxième hypothèse est valide pour les composants défaillants remplacés par des neufs, mais ce n'est plus le cas pour les systèmes constitués de plusieurs composants : le remplacement d'un composant entraîne un rajeunissement du système global mais pas une remise à neuf.

Une gestion efficace des politiques de maintenance nécessite une modélisation réaliste de leurs effets. Il est donc important de construire des modèles des effets des maintenances des systèmes réparables complexes et de développer des méthodes permettant d'évaluer leur efficacité.

III.4 Définition de la sûreté de fonctionnement

La Sûreté de Fonctionnement est appelée la science des « défaillances » c'est l'aptitude d'un système à satisfaire à une ou plusieurs fonctions requises dans des conditions données. Elle consiste à connaître, évaluer, prévoir, mesurer et maîtriser les défaillances des systèmes technologiques et les défaillances humaines.

- La sûreté de fonctionnement regroupe quatre notions :
- La fiabilité
- La maintenabilité
- La disponibilité
- La sécurité.

III.4.1 But de la sûreté de fonctionnement

Le but de la sûreté de fonctionnement : mesurer la qualité de service délivré par un système, de manière à ce que l'utilisateur ait en lui une confiance justifiée.

Cette confiance justifiée s'obtient à travers une analyse qualitative et quantitative des différentes propriétés du service délivré par le système, mesurée par les grandeurs probabilistes associées : fiabilité, maintenabilité, disponibilité, sécurité.

III.4.2 Outils utilisés en sûreté de fonctionnement

Plusieurs approches peuvent être utilisées pour déterminer la sûreté de fonctionnement d'un système donné. Ces approches ont pour avantages d'obtenir un examen rapide des situations dangereuses, parfois ne nécessitant pas un niveau de description détaillé du système étudié.

Par contre, pour des systèmes complexes, l'utilisation ultérieure d'outils tels que l'AMDEC ou arbre de défaillances sont nécessaires.

III.5 Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC)

III.5.1 Définition

L'AMDEC est une méthode inductive qui permet de réaliser une analyse qualitative de la fiabilité des systèmes. Elle a pour but d'évaluer l'impact ou la criticité de chacun des modes de défaillance sur la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité et la sécurité d'un système. Elle consiste à recenser les modes de défaillances, d'en évaluer les effets sur l'ensemble des fonctions du système et d'en analyser les causes. Elle est particulièrement efficace pour l'étude des défaillances simples. Elle est relativement exhaustive et elle permet d'identifier les défaillances de causes commune mais elle peut devenir très ardue à réaliser pour des systèmes complexes.

III.5.2 Historique et utilisation

L'AMDE ou Analyse des Modes de Défaillances est traduit de l'anglais « Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) » provient d'études de la NASA en 1963. La méthode fut ensuite appliquée à l'industrie automobile et aéronautique, qui y ajoutèrent le concept de criticité des risques, modifiant la méthode sous sa forme courante, l'AMDEC ou « Analyse des modes de défaillances et de leur criticité ».

A la fin des années 70, la méthode fut largement adoptée par Toyota, Nissan, Ford, BMW, Peugeot, Volvo, Chrysler et d'autres grands constructeurs d'automobiles. Puis, son usage s'est étendu vers d'autres activités industrielles et enfin vers les services.

Comes et Stocktonet déclaraient dans une publication en 1988 que l'AMDEC était devenue un outil reconnu par plusieurs industries comme étant un élément essentiel de la phase de conception et d'implantation.

La méthode AMDEC est basée sur une série de brainstormings systématiques dans le but d'identifier les modes de défaillances potentiels qui pourraient avoir un impact sur le système et sa performance, ainsi que leurs causes et leur fréquence.

Les mots relatifs à l'AMDEC sont :

- **Fréquence (F)** : Fréquence d'apparition de la défaillance : elle doit représenter la probabilité d'apparition du mode de défaillance résultat d'une cause.
- **Détection (D)** : Fréquence de non détection de la défaillance : elle doit représenter la probabilité de ne pas détecter la cause ou le mode de défaillance avant que l'effet survient.
- **Gravité (G)** : Gravité des effets de la défaillance : la gravité représente la sévérité relative à l'effet de la défaillance.
- **Criticité (C)** : Elle est exprimée par l'indice de priorité risque.

III.5.3 Deux aspects de la méthode

L'aspect qualitatif : l'aspect qualitatif de l'étude consiste à recenser les défaillances potentielles des fonctions du système étudié. De rechercher et d'identifier les causes des défaillances et d'en connaître les effets qui peuvent affecter les clients, les utilisateurs et l'environnement interne ou externe.

L'aspect quantitatif : consiste à estimer le risque associé à la défaillance potentielle.

Le but de cette estimation est l'identification et la hiérarchisation des défaillances potentielles. Celle-ci est alors mise en évidence en appliquant certains critères dont, entre autres, l'impact sur le client. La hiérarchisation des modes de défaillances par ordre décroissant, facilite la recherche et la prise d'actions prioritaires qui doivent diminuer l'impact sur les clients ou qui élimineraient complètement les causes des défauts potentiels.

III.5.4 Les type de l'AMDEC

III.5.4.1 AMDEC produit

Utilisée pour fiabiliser les systèmes par l'analyse des défaillances dues aux erreurs de conception. Ce type d'AMDEC est donc initialisé en phase de développement produit au moment de sa conception.

L'AMDEC peut être réalisée à différentes stades de la conception du produit. En ne perdant pas de vue qu'elle sera d'autant plus efficace qu'elle interviendra plutôt dans le processus de conception :

- Au stade de l'analyse fonctionnelle.
- Au stade de la définition du produit.

III.5.4.2 AMDEC processus

L'AMDEC processus est utilisée pour analyser les défaillances générées par le processus de fabrication. Ce type d'AMDEC est idéalement initialisé en phase d'industrialisation au moment de la définition du processus de fabrication et de la conception des moyens.

III.5.4.3 AMDEC montage

On emploi aussi l'expression AMDEC assemblage pour certains produits ou pour certaines étapes de la fabrication d'un produit, le procédé (ou une partie du procédé seulement) sera constitué par une succession d'opérations totalement (ou partiellement) manuelles.

III.5.4.4 AMDEC contrôle

Ici encore, on est très proche de l'AMDEC procédé, pour ces opérations de contrôle, les modes de défaillances pourraient être qualifiés de modes de défaillance génériques, puisqu'ils seront toujours du type :

Absence ou oubli du contrôle, déclarer un produit bon ou un produit mauvais.

III.5.4.5 AMDEC sécurité

Pour assurer la sécurité des opérations dans les procédés où il existe des risques pour le personnel.

III.5.4.6 AMDEC machine

Analyse de la conception et/ou de l'exploitation d'un moyen ou équipement de production pour améliorer la disponibilité et la sécurité de celui-ci.

III.6 Notions utilisées

A. Défaillance :

On entend simplement qu'un produit, un composant ou un ensemble : ne fonctionne pas ; fonctionne pas au moment prévu ; ne s'arrête pas au moment prévu ; fonctionne à un instant non désiré ; les performances requises ne sont pas obtenues.

B. Mode de défaillance :

C'est la façon dont un produit, un composant, un ensemble, un processus ou une organisation manifeste une défaillance ou s'écarte des spécifications. Et voici quelques exemples pour illustrer cette définition : fuite, perte de performance, déformation, corrosion, vibration.

C. Cause de défaillance :

C'est ce qui conduit à une défaillance. On définit et on décrit les causes de chaque mode de défaillance considérée comme possible pour pouvoir en estimer la probabilité, et prévoir des actions correctives.

D. Effets d'une défaillance :

Sont les effets locaux sur l'élément étudié du système et les effets de la défaillance sur l'utilisation final du produit ou de service. Les effets peuvent se manifester sur :

- La disponibilité du moyen de production ;
- La qualité de produit fabriqué ;
- Sur les coûts ;
- La sécurité des personnes et des biens ;
- L'environnement.

E. Fréquence ou probabilité d'apparition d'une défaillance :

La fréquence ou probabilité d'apparition d'une défaillance permet de caractériser sa vraisemblance. Il convient de préciser la période de temps utilisée pour spécifier cette fréquence. Elle peut être évaluée d'une façon qualitative ou quantitative. Dans les cas où le mode de défaillance concerne un composant relativement simple, celle-ci peut être estimée à partir du taux de défaillance en prenant en compte les conditions d'exploitation.

F. Sévérité d'une défaillance :

La sévérité d'une défaillance, notée S ou par fois G, est définie par la norme comme l'importance de l'effet d'un mode de défaillance sur le fonctionnement du dispositif, sur l'environnement du dispositif, ou sur l'opérateur de dispositif. La sévérité de l'effet d'un mode de défaillance est liée aux limites définies pour le système analysé et elle est mesurée en examinant l'effet global ou final. Cette notion est liée à la gravité du risque.

G. Détection d'une défaillance :

Un mode de défaillance peut être plus ou moins facilement détectable. Plus on peut le détecter facilement, plus il sera possible de mettre en place des mesures pour en limiter ses effets sur le système global. Dans une analyse AMDEC, on peut donc recenser les moyens de détection de chaque mode de défaillance.

Ces moyens de détection peuvent être vus comme barrière de prévention des effets de défaillance. Ils peuvent prendre par exemple la forme de capteurs, de surveillance par contrôle de statistique ou de surveillance par un opérateur.

H. Criticité d'une défaillance et RPN (Risk Priority Number) :

La criticité d'une défaillance est définie comme la combinaison de la sévérité et de sa vraisemblance, ce qui correspond à la définition générale. Pour la déterminer, on peut utiliser un tableau à deux entrées, la probabilité ou la fréquence et la gravité. Pour chaque cas de tableau, un niveau de criticité est défini.

La norme définit quatre niveaux : intolérable, indésirable, tolérable et négligeable.

III.7 Déroulement de la méthode AMDEC

Le déroulement de la méthode AMDEC peut être résumé dans ce tableau :

Tableau III.1 : la démarche AMDEC

La constitution de l'équipe de travail et l'identification du niveau de l'étude
L'analyse fonctionnelle
L'étude qualitative : Causes- modes-effets de défaillance
L'étude quantitative :
Evaluation de la criticité
La hiérarchisation par criticité
La recherche et la prise d'actions

III.7.1 Choix du sous-système à étudier et les objectifs à atteindre

Il s'agit au départ de choisir et de délimiter l'étude à mener, en fonction des objectifs fixés (atteindre une valeur de disponibilité donnée, ou seulement « déterminer » les plus gros problèmes potentiels) et du délai accordé.

III.7.2 Constitution du groupe de travail

Sa composition dépendra des expertises requises en fonction des technologies présentes. Il faudra également définir le mode de fonctionnement du groupe, et en particulier la fréquence, la durée des réunions et le délai, avec une équipe multidisciplinaire à sa tête un animateur bien formé à des techniques spécifiques de la démarche et du travail en équipe est une condition de succès de l'application de la méthode.

III.7.3 Analyse fonctionnelle

Une défaillance est la disparition ou la dégradation d'une fonction, donc pour trouver les défaillances potentielles il faut connaître les fonctions.

Le but de l'analyse fonctionnelle est de déterminer d'une manière assez complète les fonctions principale d'un produit, les fonctions contraintes, et les fonctions élémentaires.

- Les fonctions principales : sont les fonctions pour lesquelles le système a été conçu, donc pour satisfaire les besoins de l'utilisateur.
- Les fonctions contraintes : répond aux interrelations avec le milieu extérieur.
- Les fonctions élémentaires : assurent les fonctions principales, ce sont les fonctions des différents composants élémentaires du système.

III.7.4 L'étude qualitative des défaillances

Celles-ci consistent à identifier toutes les défaillances possibles, à déterminer les modes de défaillance, à identifier les effets relatifs à chaque mode de défaillance, à analyser et à trouver les causes possibles et les causes les plus probables des défaillances potentielles. Pour réaliser cet objectif, on s'appuie sur l'analyse fonctionnelle à partir des fonctions définies, on cherche directement les défaillances potentielles. Ainsi l'analyse fonctionnelle aide à trouver en amont les causes et en aval les effets de chaque mode de défaillance.

Le but de l'AMDEC : est de faire ressortir les points critiques afin de les éliminer, de prévoir un mode de prévention. La mise en évidence de ces points se fait selon certains critères dans une analyse quantitative.

Tableau III.2 : Les modes de défaillances

1	Défaillance structurelle 'Rupture'	14	Fonctionnement intermittent
2	Blocage physique ou coincement	15	Fonctionnement irrégulier
3	Vibrations	16	Indication erronée
4	Ne reste pas en position	17	Ecoulement réduit
5	Ne s'ouvre pas	18	Mise en marche erronée
6	Ne se ferme pas	19	Ne s'arrête pas
7	Défaillances en position ouverte	20	Ne démarre pas
8	Défaillance en position fermée	21	Ne commute pas
9	Fuite interne	22	Fonctionnement prématuré
10	Fuite externe	23	Fonctionnement après le délai prévu
11	Dépasse la limite supérieure tolérée	24	Entrée erronée 'augmentation'
12	Dépasse la limite inférieure tolérée	25	Entrée erronée 'diminution'
13	Fonctionnement intempestif	26	Perte de l'entrée

27	Perte de la sortie	30	Fuite électrique
28	Court-circuit	31	Autres défaillances exceptionnelle selon les caractéristiques du système, les conditions de fonctionnement, les contraintes opérationnelles.
29	Court-ouvert		

III.7.5 L'étude quantitative des défaillances

Il s'agit d'une estimation de l'indice de criticité du trio cause-mode-effet de la défaillance potentielle étudiée selon certains critères. Plusieurs critères peuvent être utilisés pour déterminer cet indice. Souvent dans la pratique, on considère qu'une défaillance est d'autant plus importante si :

- Ses conséquences sont graves ;
- Elle se produit souvent ;
- Elle se produit et on risque de ne pas la détecter.

Dans la pratique on attribue trois notes pour chaque trio cause- mode-effet :

- La note G - gravité de l'effet- les conséquences sur le client/utilisateur ;
- La note F -la probabilité d'occurrence- la fréquence d'apparition ;
- La note D - la probabilité de non détection- le risque de non détection.

L'indice de criticité (C) s'obtient en multipliant ces trois notes précédentes soit celle de la gravité, de la probabilité d'occurrence et la probabilité de non détection :

$$C = G \times F \times D \dots\dots\dots(I)$$

III.7.5.1 Détermination de la gravité

La gravité d'un mode est définie en fonction de l'importance et de la quantité de dommages qu'il entraîne. Souvent, un mode de défaillance ne génère des dommages que de façon indirecte par les phénomènes dangereux qui sont inclus dans ses effets globaux.

On se base donc, plutôt sur des grilles de cotation «Annexe A »

III.7.5.2 Détermination de la probabilité ou fréquence

La probabilité (ou fréquence) d'occurrence du mode de défaillance peut être déterminée soit directement, soit indirectement en examinant les causes du mode de défaillance. Si celles-ci sont disponibles, la probabilité d'un mode peut être calculée à partir de celles de ses causes et on cotera uniquement les probabilités des modes considérés comme primaires pour lesquelles les causes ne sont pas identifiées.

III.7.5.3 Moyens de détection

Dans les moyens de détection, on indique s'il est possible de détecter la défaillance une fois qu'elle est survenue, et quel sera le moyen de détection. Dans certains cas, cette détection concerne les causes du mode de défaillance, et le mode lui-même.

III.7.6 La hiérarchisation

La difficulté essentielle d'une étude qui veut anticiper les problèmes et rechercher les solutions préventives provient de la très grande variété des problèmes potentiels à envisager, d'où le besoin d'une hiérarchisation, qui permet de classer les modes de défaillances et d'organiser leurs traitements par ordre d'importance. La hiérarchisation suivant l'échelle de criticité permet de décider des actions prioritaires.

En effet, c'est une liste d'articles ou de processus critiques. Le classement est fait par ordre décroissant généralement en quatre catégories ($1 \leq C < 12$, $12 \leq C < 16$, $16 \leq C < 20$, $20 \leq C < 80$) ce classement permet de moduler les actions préventives, leur priorité varie en fonction de la catégorie.

On comprend que pour des défaillances apparaissant critiques ($C > 20$) une remise en cause de la conception est nécessaire. A l'opposé, il est possible de négliger certaines défaillances envisagées, mais qui ne sont ni probables ni graves ($C < 16$).

Entre les deux, des mesures correctives doivent être proposées tel que :

- Modifications de conception,
- Moyens de détection ou consignes de surveillance ou inspection périodiques,
- Dispositif de remplacement, reconfiguration.
- Observations, recommandations.

Il appartient au groupe de travail de tirer le maximum de préconisations du travail long et fastidieux, mais riche d'enseignements qu'est une AMDEC

III.7.7 La recherche des actions préventives et correctives

Après le classement des différents modes de défaillances potentielles d'après les indices de criticité, le groupe désigne les responsables de la recherche des actions préventives et correctives. Les outils tels que le diagramme causes-effet, l'analyse Pareto, le travail en équipe, doivent être appliqués pour une recherche efficace.

En pratique, le groupe de travail s'attache à réduire l'indice de criticité par des actions qui visent :

- La réduction de la probabilité d'occurrence (exemple : par la modification de la conception du produit ou de processus)
- La réduction de la probabilité de non détection (exemple : par la modification de la conception du processus ou par la modification de système de contrôle)
- La réduction de la gravité de l'effet de défaillance (exemple : par la modification de la conception).

III.8 Objectifs de fiabilité

Les objectifs de fiabilité sont généralement fixés à partir des expériences du passé, des standards de l'industrie, des besoins des clients ou d'un désir d'augmenter la fiabilité.

Dans notre cas l'augmentation de fiabilité devient indispensable pour les postes à poudre ANSUL depuis leurs installations au niveau du complexe en 2002.

Les objectifs de fiabilité peuvent mener à un relâchement au niveau des efforts d'amélioration continue.

Certains éléments doivent être considérés sont :

1. Les objectifs doivent être significatifs, réalisables et gradués.
2. Les objectifs doivent être considérés comme un avertissement de la santé de l'entreprise et son personnel et les limites acceptables doivent dépendre des valeurs fixées.
3. L'objectif doit tenir compte du statut de l'implantation des programmes.

4. Les objectifs doivent être révisés périodiquement.
5. Les objectifs doivent être réalisables par le personnel.
6. Les objectifs doivent contribuer à l'opération sécuritaire du complexe GL2Z.
7. Les objectifs doivent être fixés en fonction de l'expérience, de l'analyse et des spécifications techniques.

III.9 L'inférence bayésienne

III.9.1 Introduction

L'application des méthodes bayésiennes ont augmenté au cours de ces dernières années.

Aujourd'hui, avec les progrès des calculs et de la méthodologie, les chercheurs utilisent les méthodes bayésiennes pour résoudre une variété croissante de problèmes complexes.

En de nombreuses applications, ces méthodes donnent d'importants avantages par rapport aux techniques méthodologiques classiques.

L'inférence bayésienne est le seul cadre d'inférence statistique qui obéit toujours au principe de vraisemblance. Simplement dit, le principe de vraisemblance indique que toutes les informations contenues dans les données expérimentales sont contenues dans la densité de l'échantillonnage des données observées.

L'application de la théorie de Bayes en fiabilité utilise la notion de loi de probabilité à priori et de loi de probabilité à posteriori, dont les paramètres sont estimés par la méthode du maximum de vraisemblance. Or, souvent, les données disponibles ne concernent que les deux premiers moments, parfois même un seul chiffre de fiabilité.

Le problème est d'extraire, le maximum d'informations de ces données sans créer artificiellement de l'information. La méthode bayésienne nous permet d'intégrer et d'utiliser l'information au-delà de celles contenues dans les données expérimentales. Que ce soit il avait ou pas un tel test de données disponibles, un analyste de la fiabilité saura souvent d'autres informations pertinentes sur la valeur des paramètres de fiabilité inconnus. Cette approche ne répond pas seulement à la demande de prédiction de paramètres de fiabilité dans le futur à partir de la connaissance présente et passée, mais aussi à la nécessité de définir les paramètres d'un système dès sa conception.

Avant de passer à l'application de cette démarche, il est bon de revenir sur l'essentiel de ses notions et de les préciser sous leurs aspects pratiques.

III.9.2 Contexte général

III.9.2.1 La probabilité inverse

Notation :

$\Pr(A)$ est la probabilité de survenue d'un évènement A

A_i est une cause de B

$\Pr(B|A_i)$ est la probabilité que B se produise quand A_i est présent

L'intérêt porte sur $\Pr(A_i | B)$: quand B s'est produit, quelle est la probabilité que : A_i en soit la cause ?

Des probabilités inverses comme définition de la statistique : Le concept de "statistique bayésienne" part du néologisme "bayésien", tiré du nom de Thomas Bayes, qui introduisit le théorème qui porte à présent son nom, il y a 250 ans.

Ce théorème exprime une probabilité conditionnelle en termes des probabilités conditionnelles inverses. Ce qui a valu à la statistique bayésienne d'être appelée probabilités inverses pendant plus d'un siècle, de Laplace (1812) à Keynes (1920), avant que Fisher n'introduise le terme "bayésien" (Fienberg, 2006). Bien que la formule (ou théorème) de Bayes soit une conséquence directe de la définition des probabilités conditionnelles, son application à des problématiques statistiques, où une observation x dépend d'un paramètre inconnu θ est effectivement appropriée, au sens où le contexte inverse ce qui est connu et ce qui est inconnu. Effectuer l'inversion pour obtenir l'information contenue dans x à propos de θ conduit à définir la loi a posteriori, loi conditionnelle de θ sachant x .

III.9.2.2 Théorème de Bayes

Notations :

On note A et B deux évènements

Probabilité de réalisation de A : $\Pr(A)$

Probabilité de réalisation de A et B : $\Pr(A \cap B)$

Probabilité conditionnelle $\Pr(A|B) = \frac{\Pr(A \cap B)}{\Pr(B)}$

Calculs d'inférences dans un Réseau Bayésien

Les calculs dans un réseau bayésien se nomment inférence. L'inférence permet de calculer les probabilités a posteriori de chacune des variables du réseau. Généralement, l'inférence est lancée dès qu'une information nouvelle concernant une ou plusieurs variables est disponible. Cet apport d'information est appelé évidence. Une fois l'information indiquée, celle-ci est propagée dans le réseau par le moteur d'inférence.

Notations

A : paramètre(s) $\theta = (\theta_1, \dots, \theta_k)$

B : données D

Application du théorème $\rightarrow \Pr(\theta|D) \propto \Pr(D|\theta) \times \Pr(\theta)$

$\Pr(\theta|D)$: loi des paramètres a posteriori avec les données

$\Pr(D|\theta)$: vraisemblance des données

$\Pr(\theta)$: loi des paramètres a priori avant les données

Posteriori \propto vraisemblance \times priori

III.9.3 Les principes de la démarche bayésienne

III.9.3.1 L'approche bayésienne usuelle

L'approche bayésienne est, comme on l'a dit, basée sur des probabilités à priori et à posteriori. D'une part, cette approche part d'hypothèses a priori basées sur des avis d'experts en l'absence d'observations disponibles.

D'autre part, cette approche modélise l'information sous la forme de lois de probabilités paramétriques et c'est la valeur du (ou des) paramètre(s) qui est (sont) à déterminer.

On utilise pour cela la méthode du maximum de vraisemblance a posteriori quand les premières données sont disponibles.

Puis, quand celles-ci sont en nombre suffisant, on peut construire la loi de probabilité à posteriori. On dispose donc au cours du temps, dans leur ordre de détermination, de :

- La loi de probabilité à priori
- La loi conditionnelle des observations recueillies ou la fonction de vraisemblance
- La loi de probabilité à posteriori

Schéma suivant illustre le principe de cette approche

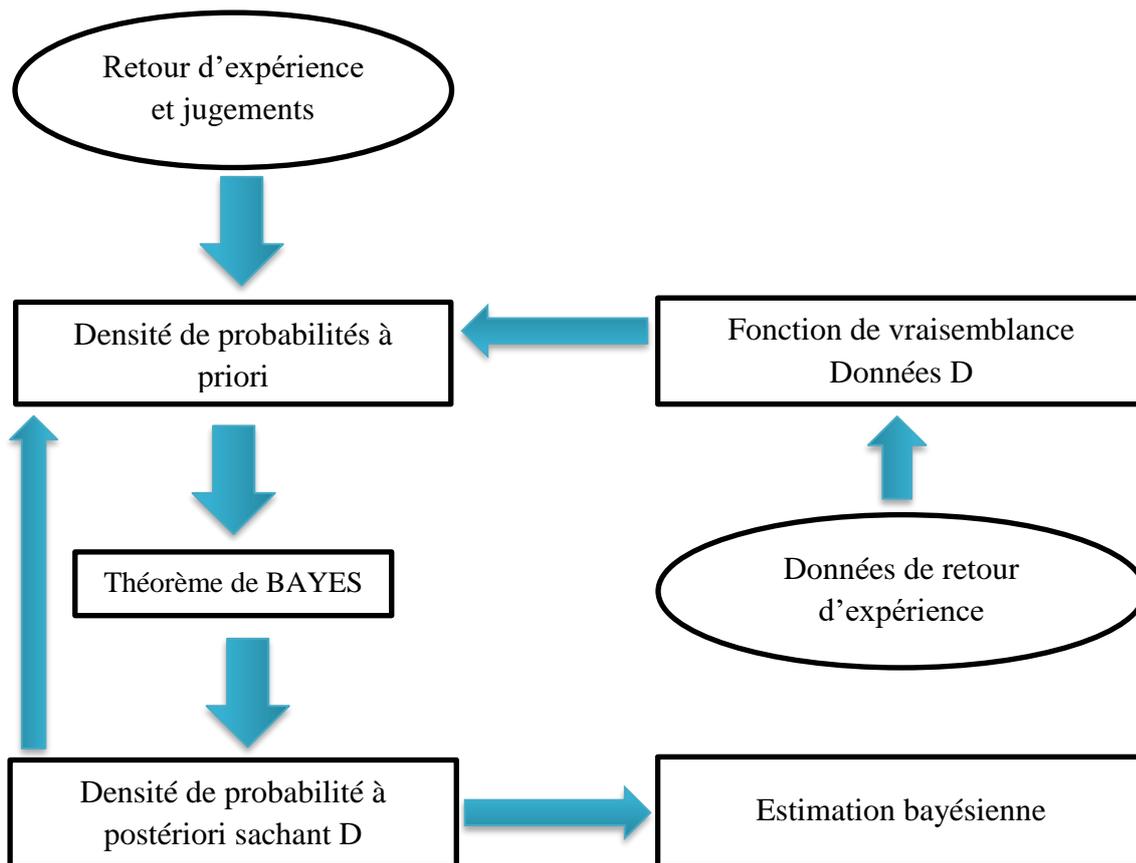


Figure III.1 Principe de la démarche bayésienne

III.9.3.2 Le mécanisme de l'inférence bayésienne

Le processus d'inférence comporte les étapes suivantes :

- Choix d'un modèle relatif aux données : distribution conditionnelle. La distribution conditionnelle appartient à une famille de lois de probabilités ;
- Détermination d'une distribution a priori du paramètre de la loi conditionnelle, pour intégrer des informations subjectives. Elle est établie à partir des connaissances que l'on a sur le matériel étudié : essais antérieurs sur le matériel similaire, avis d'experts, retour d'expérience, enquêtes, etc.
- Obtention de la distribution a posteriori par application du théorème de Bayes qui permet de combiner l'information subjective et l'information objective contenue dans l'échantillon ;
- Estimation du paramètre de fiabilité étudié (taux de défaillance, par exemple)
- Déduite de la distribution à posteriori.

III.9.3.3 Information à priori

On appelle information a priori toute information disponible en dehors de celles apportées par les observations, elle est entachée d'incertitude (si ce n'était pas le cas, serait connu avec certitude et on n'aurait pas à l'estimer).

Autrement dit, l'incertitude sur θ d'un modèle peut être décrite par une distribution de probabilité π sur θ , appelée distribution a priori. C'est une probabilité marginale sur les paramètres notée $\pi(\theta)$, elle représente l'état d'information avant de prendre connaissance de l'observation x , sa détermination est l'essence de la statistique bayésienne.

Les sources d'informations a priori peuvent être objectives ou subjectives. Elles sont illustrées sur la figure suivante

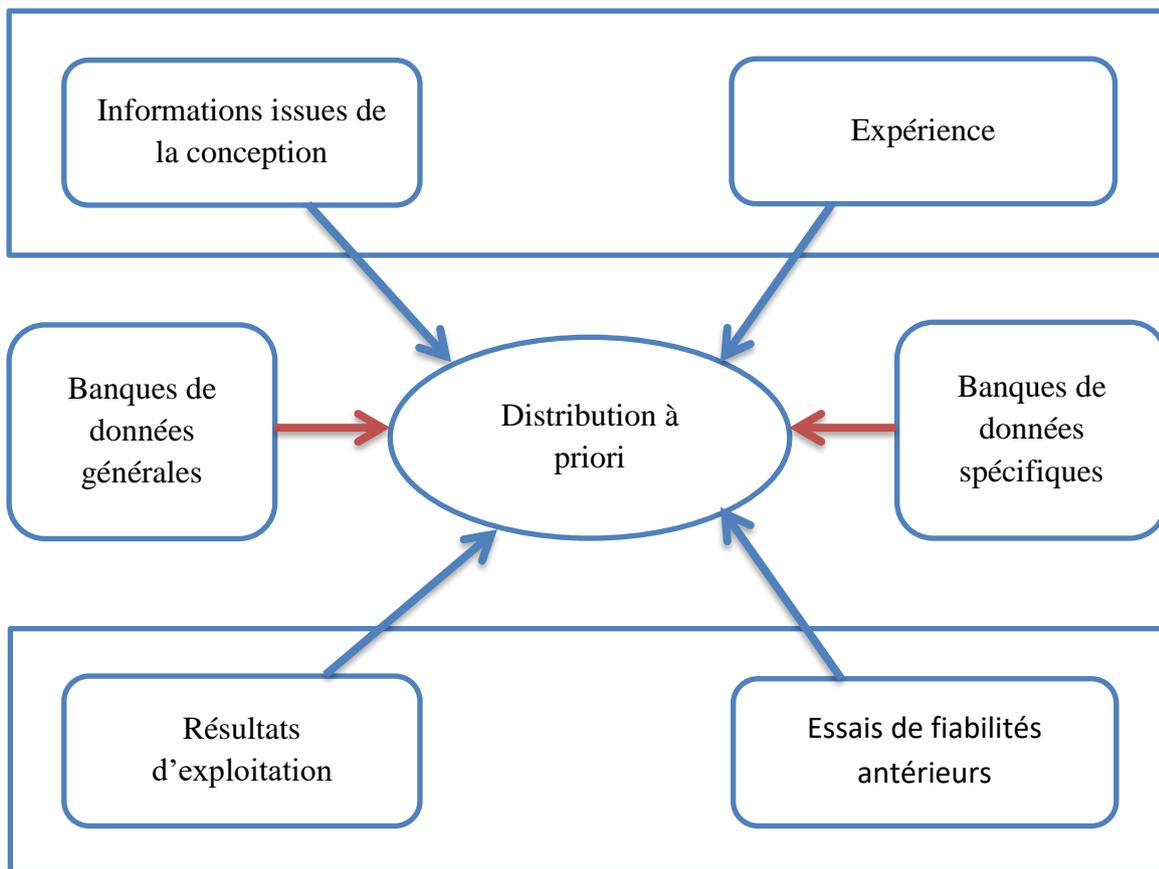


Figure.III.2 Types informations à priori

III.9.3.4 Loi à posteriori

En utilisant le théorème de Bayes qui permet la fusion des données issues de l'expertise et du retour d'expérience, on détermine la distribution a posteriori d'un paramètre θ sachant x .

III.10 Conclusion

L'AMDEC est grandement utilisée dans l'industrie grâce à son aspect structuré qui permet d'analyser les différents risques de façon systématique et définir les modes de défaillances du système choisi.

Cependant, une trop grande confiance en la méthodologie pourrait amener de graves problèmes. Si pratiquée de façon traditionnelle, elle est extrêmement laborieuse et coûteuse en temps. De plus, elle dépend fortement de la qualité des informations disponibles afin de pouvoir évaluer les risques. Si les informations sont dispersées ou peu fiables, l'AMDEC peut induire des erreurs sur les priorités et faire perdre du temps précieux en s'occupant de problèmes non-critiques. De plus, même si l'on possède la qualité des informations nécessaires à l'analyse, cela ne garantit pas non plus que tous les risques seront identifiés, ni évalués de façon juste. Différents groupes évalueraient les risques de façon différente, réduisant sa réutilisation pour des projets futurs. Les scores trouvés par l'AMDEC ne peuvent donc servir de « référence », ce qui aurait pu paraître comme une des grandes forces de la méthodologie. Pour renforcer la pertinence de notre analyse nous avons fait appel aux méthodes bayésiennes, qui sont les techniques les plus explorées à l'heure actuelle dans la mesure où elles permettent d'estimer la fiabilité d'un composant à partir d'un nombre très limité de données (c'est dans le cas d'absence de données de défaillances que ces techniques sont les plus performantes et intéressantes).

On estime la fiabilité d'un composant à partir de connaissances à priori sur le composant (dans notre cas retour d'expérience des travaux réalisés au niveau des postes à poudre depuis leurs installations ...) en les corrélant avec des données réelles et personnelles (vraisemblance).

Grâce à la revue de littérature, nous avons pu constater qu'il existe de nombreuses approches pour étudier la fiabilité. Au final, l'objectif est de pouvoir donner les meilleures chances de prendre de bonnes décisions et qu'elles soient pertinentes et fiables.

Au prochain chapitre, nous présenterons en détail l'étude pratique de l'AMDEC ainsi l'approche bayésienne.

Chapitre IV

**La mise en œuvre de l'AMDEC et la réalisation
du modèle bayésien**

Chapitre IV: La mise en œuvre de l'AMDEC et la réalisation du modèle bayésien

IV.1 Etablissement d'une analyse des risques de type AMDEC

IV.1.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons appliquer la méthode AMDEC en remplissant les tableaux par les résultats de l'analyse effectuée au poste à poudre ANSUL, et mentionner les recommandations possibles (actions préventives ou correctives) pour les défaillances critiques que nous avons rencontrées. En outre, nous allons confirmer nos résultats par la réalisation d'un réseau basé sur l'approche bayésienne à partir des statistiques des travaux de maintenances survenues depuis l'installation du poste à poudre «1996 » au niveau du complexe GL2Z .Pour enfin, définir sa fiabilité et la fiabilité de ses composants à travers l'estimation des probabilités d'occurrences des anomalies et l'efficacité des actions préventives sur ces dernières .

Les réseaux bayésiens sont une application directe de la théorie bayésienne. L'utilisation essentiel des réseaux bayésiens est de calculer les probabilités conditionnelles d'événements reliés les uns aux autres par des relations de cause à effet.

Dans ce chapitre une réalisation du model bayésien sera faite, sur AgenaRisk à partir des statistiques des travaux de maintenances survenues depuis leurs installation « 1996 »au niveau du complexe de la liquéfaction du gaz naturel GL2Z

IV.2 Initialisation de l'étude

La préparation de l'analyse doit permettre de cerner le périmètre de l'étude et de déterminer les objectifs associés à l'analyse. La méthodologie de la mise en œuvre de l'AMDEC consiste à :

- Définir le système : Poste à poudre ANSUL
- Découpage du système en sous-système
- Définir les modes de défaillance pour chaque sous-système
- Cause de défaillance

- Effet de défaillance
- Détection de défaillance
- Evaluer le niveau du risque « criticité » : Gravité/Probabilité/Risque /détection

Le support de travail de cette étape est le tableau AMDEC là où on résume toutes les défaillances, leurs effets, leurs causes et les actions à engager.

Nos supports de travail dans cette étude sont :

- L'historique des Demandes de travail « maintenance ». À partir de la base de données GATIOR
- La documentation technique (manuelle technique).
- L'expérience du personnel du département sécurité.
- Les rapports d'anomalies et d'inspection exécutés mensuellement.

IV.3 Tableau AMDEC adapté au poste à poudre ANSUL

IV.3.1 Tableau général AMDEC

Date de l'analyse	AMDEC MACHINE-ANALISE DES MODES DE DEFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITE					Systeme	Page			
Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action corrective
						F	G	N	C	

IV.4 Analyse fonctionnelle du système

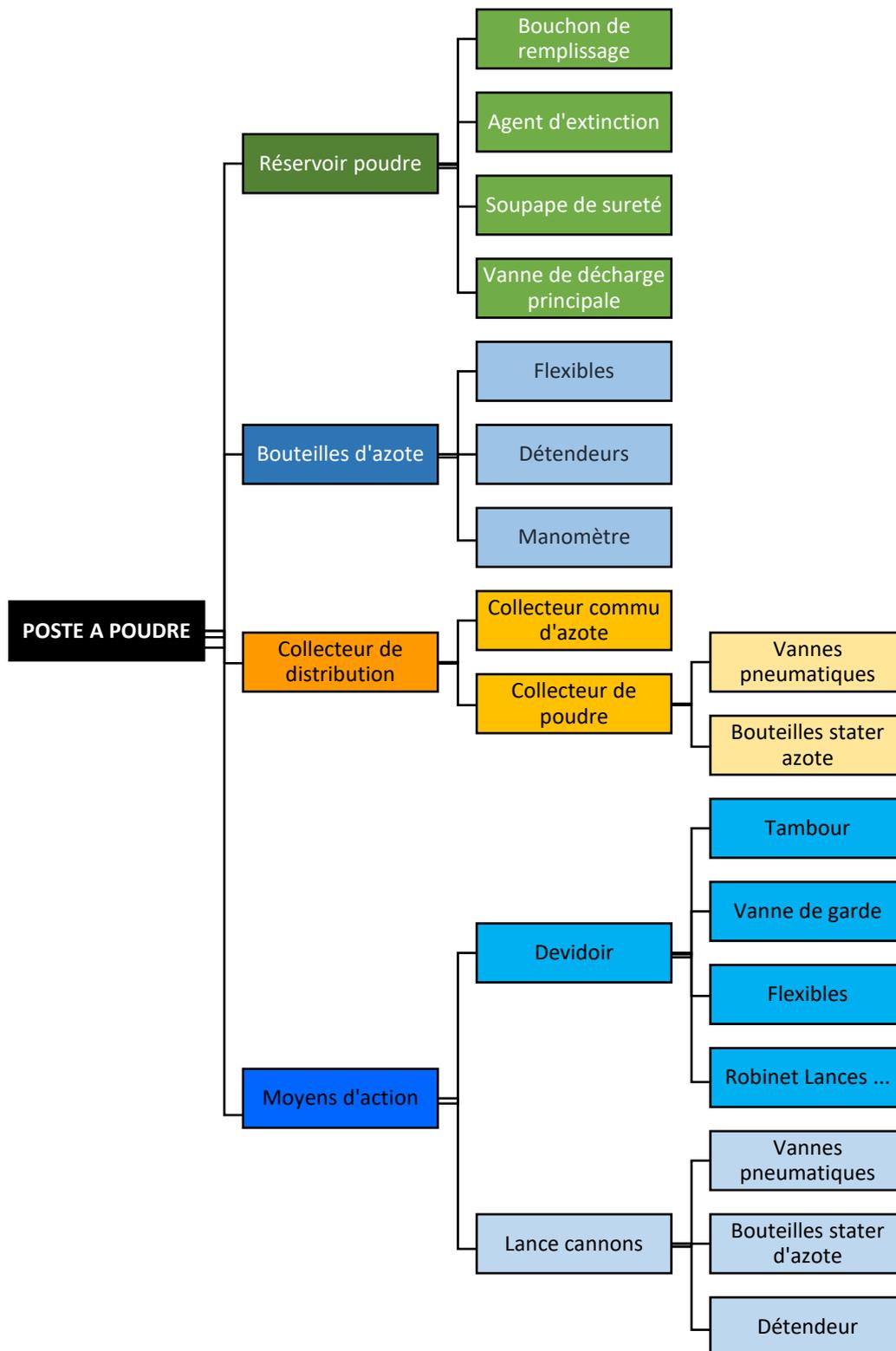


Figure IV.1 : L'analyse fonctionnelle du poste à poudre ANSUL

IV.5 Analyse AMDEC

Cette partie consiste à remplir les tableaux AMDEC, en suivant les instructions dues nous avons citées dans le chapitre.

Tableau IV.1 Résultat de la méthode AMDEC sur les postes à poudre ANSUL

Date de l'analyse:	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEURS CRITICITÉS-					Système : Poste à poudre ANSUL		page : 1 / 2		
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause	Effet	Détection	Criticité				Mesures à engager
						F	G	D	C	
Vanne pneumatique	Décharge poudre vers lance canon	Levier de perçage rongé bloqué ou cassé	Entretien non régulier	Perte de lubrification , Perte d'efficacité sur le système, Diminution du débit d'azote	Lors du test système	3	2	3	18	Nettoyer, réparer pour libérer le mouvement ou remplacer
		Cartouche incorrecte								Remplacer la cartouche uniquement avec le type spécifié ANSUL Fire Protection
		Joints incorrect de la cartouche								Enlever et remplacer les joints
		Broche de perçage terne, pliée ou endommagée								Remplacer la broche

Réservoir de poudre	stockage de la poudre	Bosselures ou abrasions	Absence d'entretien régulier Vieillessement de matériau	Perte d'efficacité, perte de performance dysfonctionnement du système	Visuel	1	2	1	2	Faire l'essai hydrostatique et nettoyer la partie endommagée repeindre en utilisant une couche de fond et de finition
		Ecaillage de la peinture								Enlever la peinture écaillée avec une brosse métallique et repeindre
		Surface d'assise de la garniture d'étanchéité de l'ouverture de remplissage entaillé rongée gougée ou comportant de dépôt de saleté								Nettoyer la surface avec un abrasif léger et lubrifier légèrement la surface avec une bonne qualité de graisse résistante à la chaleur
Bouchon de remplissage	Remplissage du réservoir 'la poudre'	Fissuré, usé par abrasion rongé ou endommagé	Vieillessement, Absence	Interdiction de démarrage	Lors du test ou prise d'échantillon	2	3	2	12	Remplacer

		Trou de purge de pression du bouchon bouché	d'entretien et corrosion	Perte d'efficacité, perte de performance						Débloquer l'orifice de purge avec une sonde métallique rigide de diamètre inférieur à celui du trou
		Garniture d'étanchéité coupée déformée fragile ou usée								Remplacer par une nouvelle garniture propre avec une bonne qualité de graisse très résistante à la chaleur
Agent d'extinction	Extinction	Niveau de remplissage incorrect	Malveillance du personnel chargé, le non-fonctionnement du système	Perte d'efficacité, perte de performance, dysfonctionnement du système Interdiction du démarrage	Lors de la prise d'échantillon	2	3	3	18	Remplir le réservoir jusqu'à la capacité réglementaire
Bouteilles d'azote	Percussion du système	Taches de rouilles piqures et dépôts de corrosion	Corrosion de l'air marin	Perte d'efficacité, perte de performance, dysfonctionnement du système	Visuel	3	3	2	12	Nettoyer les parties rongées avec une brosse métallique ou remplacer la bouteille si la corrosion est pénétrante ou repeindre en utilisant

				Interdiction du démarrage						une couche de fond et une couche de finition
		Peinture écaillée								Repeindre en utilisant une couche de fond et une couche de finition
		Fuite de la soupape présumée								Application une solution de savon sur l'ouverture de la soupape autour du joint entre la soupape et le cylindre sinon remplacer l'ensemble de soupape en dépressurant la bouteille
		Jauge incorrecte								Dépressuriser la bouteille et remplacer l'ensemble de soupape
		Support de retenue rongé ou usé								Nettoyer réparer ou remplacer avec le type spécifié
Soupape de sureté	Diminution d'excès de	Joints d'examen visuel cassé	Absence d'entretien	Déformation du réservoir (choc)	Visuel	2	3	3	18	Remplacer les joints

	pression du réservoir	Obstruée rongée cassée	chargé, le non-fonctionnement du système,							Nettoyer réparer et mettre à l'épreuve avant la réutilisation ou remplacer
Détendeur	Diminution de pression de 150 bars à 17bar Et de à 7bar	Rongé boussole Obstrué ou cassé	Entretien non régulier	Perte d'efficacité sur le système Le non fonctionnement des vannes pneumatiques et du système L'absence de percussion	Visuel	2	3	2	12	Remplacer les détendeurs
Flexibles	Conduite d'azote bouteille vers collecteur	Extérieure fissuré	Mauvaise qualité et corrosion des embouts	Diminution de l'efficacité et des performances des bouteilles d'azote « perte d'étanchéité et diminution de débit d'azote »	Visuel	1	1	2	2	Remplacer tout l'ensemble de tuyau ou le tuyau seulement si les embouts sont en bon état
		Blocage interne								Dégager en soufflant de l'air sec ou l'azote à 220 psi à travers le tuyau

Collecteur commun d'azote	Permettre le passage de l'azote	Corrosion fissure	Vieillessement de matière	Fuite de pression et perte de performance du système	Visuel	1	1	2	2	Remplacer le collecteur
Collecteur de poudre chimique	Permettre le passage de l'agent chimique	Obstrué	Mauvaise qualité de poudre ou entretien non régulier	Non fonctionnement du système	Lors du test	1	1	2	2	Déconnecter le tube et les raccords à la sortie du réservoir de produit chimique sec et utiliser une foreuse du plombier pour déboucher le tube
Lance à canon	Moyen d'action	Vanne pneumatique bloquée Ou corrodée	Blocage Corrosion	Absence de percussion à distance	Lors du test	2	2	3	12	Dégripper ou réparer la vanne pneumatique
										Programmer des tests périodiques
Dévidoir	Moyen d'action	Bosselures ou abrasions	Corrosion Absence d'entretien régulier	Perte d'efficacité du système	Visuel	2	2	2	4	Nettoyer et repeindre en utilisant une couche de fond et une couche de finition

		Taches de rouille, piqures dépôts de corrosion ou peinture écaillée								Nettoyer les parties rongées avec une brosse métalliques et repeindre en utilisant une couche de fond et une couche de finition
		Tambour immobile								Démonter l'ensemble du tambour et nettoyer les dépôts de passages internes

IV.6 Synthèse

Pour la hiérarchisation des défaillances selon leurs criticités, nous utilisons le tableau des actions correctives.

IV.6.1 Tableau des actions correctives du poste à poudre

Niveau de criticité	Organes	Action corrective
Criticité entre $1 \leq C < 12$	<ul style="list-style-type: none"> – Réservoir de poudre chimique – Flexible – Collecteur commun d'azote – Collecteur de poudre chimique – Dévidoir – Lance canon – Bouteilles d'azote – Détendeur – Bouchon de remplissage 	<ul style="list-style-type: none"> – Aucune modification de conception maintenance préventive régulière.
Criticité entre $12 \leq C < 16$	– /	<ul style="list-style-type: none"> – Amélioration des performances de l'élément maintenance préventive systématique.
Criticité entre $16 \leq C < 20$	<ul style="list-style-type: none"> – Soupape de sûreté – Vanne pneumatique – Agent d'extinction 	<ul style="list-style-type: none"> – Révision de la conception des sous – ensembles et choix des éléments pour surveillance particulière maintenance – Préventive conditionnelle.
Criticité entre $20 \leq C < 80$	– /	<ul style="list-style-type: none"> – Remise en cause complète de la conception.

Tableau IV.2 Actions correctives

Dans ce tableau, on voit que la criticité des systèmes suivants réservoir de poudre chimique, flexibles, collecteur commun d'azote, collecteur de poudre chimique, dévidoir, Lance à canon, bouteilles d'azote, détendeur et bouchon de remplissages est faible, ce qui veut dire qu'ils nécessitent seulement une maintenance préventive régulière.

En ce qui concerne la soupape de sûreté, la vanne pneumatique et l'agent d'extinction, généralement la défaillance de ces derniers est due à la dégradation d'une phase. Donc on propose une maintenance préventive conditionnelle.

IV.7 Le tableau actuel des actions de maintenance préventive du poste à poudre ANSUL

Composant	Opérations	Fréquence				
		H	M	6M	1A	3A
Chaque poste à poudre	Inspection du système pour les traces de la rouille ou de la corrosion et prenez des mesures pour nettoyer et peindre de nouveau comme nécessaire		×			
Bouteille	Vérification du plombage des bouteilles (plombage en cas de corrosion)	×				
Bouteille	Vérification de la pression des bouteilles starter ou compensatrice par l'intermédiaire du manomètre (changement de la bouteille en cas ou la pression soit $P < 100$ bars)		×			
Bouteille	Graissage des percuteurs			×		
Dévidoir	Purgation des dévidoirs			×		
	Vérification de l'état des dévidoirs		×			
Détendeur	Vérification du plombage des détendeurs	×				
Lances canon	Manœuvre des lances canon		×			
Vanne	Graissage des actionneurs pneumatique		×			
Poudre	Vérification de l'état de la poudre			×		
Flexible	Contrôle de l'état des flexible		×			

Vannes	Test des vannes pneumatique	×				
Soupape	Vérification du plombage des soupapes					
Brides flexibles et soupapes	Vérification du serrage des brides, flexibles et soupape			×		
Diffuseurs	Vérification d'état des diffuseurs pour le poste à poudre de la fosse des pompes 2103Z			×		

Tableau IV.3 Actions préventives appliquées

A partir des résultats obtenus dans le tableau AMDEC, nous pouvons identifier les organes critiques, et nous pouvons les surveiller et proposer des opérations préventives, afin d'empêcher l'apparition des défaillances.

IV.8 Autres méthodes d'analyse de défaillance

Pour confirmer l'efficacité de ces actions de maintenances, cités dans le tableau antécédent on fait recours à d'autres méthodes d'analyse pour mieux recenser les défaillances et détecter les causes les effets ainsi leurs influences sur la fiabilité du poste à poudre, parmi lesquelles, on site : l'approche bayésienne.

IV.8.1 Introduction

Les réseaux bayésiens sont une application directe de la théorie bayésienne. L'utilisation essentiel des réseaux bayésiens est de calculer les probabilités conditionnelles d'événements reliés les uns aux autres par des relations de cause à effet.

Dans ce chapitre une réalisation du model bayésien sera faite, sur AgenaRisk à partir des statistiques des travaux de maintenances survenues depuis leurs installation « 1996 » au niveau du complexe de la liquéfaction du gaz naturel GL2Z.

IV.8.2 Définition de réseau bayésien

Un réseau bayésien est un graphe causal auquel on a associé une représentation probabiliste sous-jacente. Cette représentation permet de rendre quantitatifs les raisonnements sur les causalités que l'on peut faire à l'intérieur du graphe.

Un réseau bayésien est un graphe orienté acyclique avec un ensemble N de nœuds et un ensemble A d'arcs orientés. Un nœud contient :

- Le nom d'une variable
- Une table de probabilités de cette variable en fonction des valeurs parents

Les nœuds sont les variables aléatoires et les arcs sont les relations (si possibles) causales entre ces variables

Le fait d'indiquer un arc entre deux variables implique une dépendance directe entre ces deux variables : l'une est le parent et l'autre l'enfant. Il faut fournir le comportement de la variable enfant à partir du comportement de son ou ses parents.

Pour cela, chaque nœud du réseau possède une table de probabilités conditionnelles. Cette dernière associée à un nœud permet de quantifier l'effet du ou des nœuds parents sur ce nœud, elle décrit les probabilités associées aux nœuds enfants suivant les différentes valeurs des nœuds parents. Le graphe est acyclique : il ne contient pas de boucle. Les arcs représentent des relations entre variables qui sont soit déterministes, soit probabilistes. Ainsi, l'observation d'une ou plusieurs causes n'entraîne pas systématiquement l'effet ou les effets qui en dépendent, mais modifie seulement la probabilité de les observer.

Plusieurs types de chaînes sont possibles entre 3 variables :

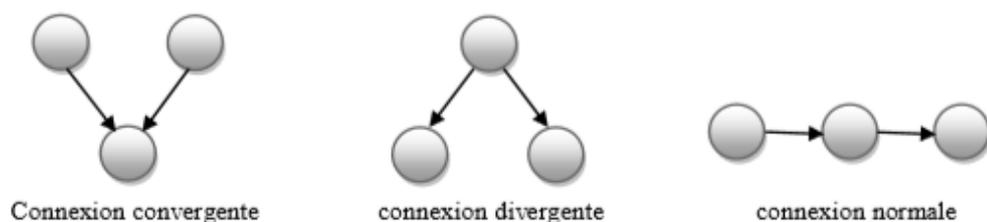


Figure IV.2: Types de variables d'un réseau bayésien

Exemple illustratif :

$$P(A,B,C,D,E) = P(D/BC) P(E/C)P(B/A)P(C/A)P(A)$$

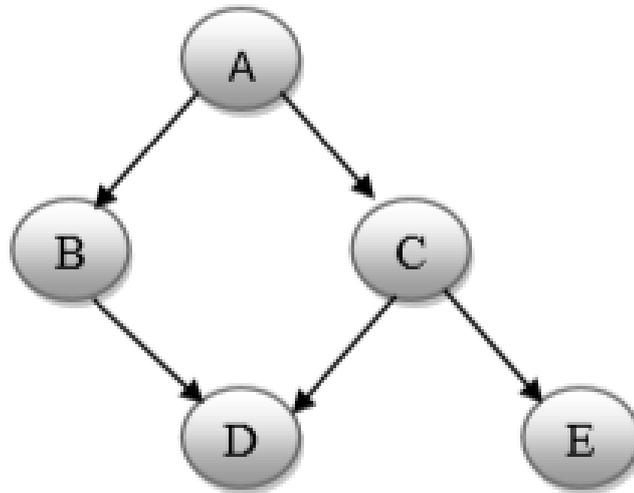


Figure IV.3: Exemple d'un réseau bayésien

IV.9 Présentation d'AgenaRisk

AgenaRisk © (site) est un outil visuel, facile à utiliser, intuitif et puissant pour modéliser le risque et pour faire des prédictions au sujet d'événements incertains.

IV.9.1 Objectif d'utilisation

AgenaRisk nous permet de réaliser le réseau bayésien de calculer facilement les probabilités à partir des données statiques ou des expériences.

Dans un premier temps, nous observons les résultats donnés par l'outil à travers notre cas d'étude classés du plus simple au plus complexe avec le calcul de l'espérance et la répartition des valeurs probabilistes.

Nous abordons ensuite, l'application de plusieurs lois de probabilité à une même table. Il aide à modéliser les risques, à analyser l'incertitude et à prendre de meilleures décisions, combine les avantages des réseaux bayésiens, et permet une simulation statistique et l'analyse de tableau.

IV.9.2 Domaine d'utilisation

IV.9.2.1 Secteur de l'industrie

Agenarisk a été utilisé par certaines des principales organisations mondiales pour modéliser les risques et améliorer la prise de décision dans une gamme de secteurs industriels, notamment : L'aérospatiale, les banques, la défense, l'énergie et l'environnement, la santé, la technologie, les télécommunications, le transport.

IV.9.2.2 L'approche bayésienne et les problèmes critiques d'entreprise et de sécurité

Agenarisk a été utilisé aussi par quelques principales organisations mondiales pour obtenir des solutions imminentes à une gamme de problèmes stratégiques d'affaires et de sécurité, notamment : La gestion des projets complexes, le risque opérationnel et la continuité des activités, la prédiction de la durabilité et de la maintenance des systèmes critiques, l'acquisition des actifs militaires critiques, la gestion des projets, la planification stratégique et la prise de décision en matière d'investissement.

IV.9.3 Le mode d'utilisation d'AgenaRisk

AgenaRisk est une nouvelle variation de la méthode bayésienne. C'est un logiciel intuitif où la réalisation du réseau ne nécessite pas une connaissance approfondie de la théorie bayésienne. Les utilisateurs d'AgenaRisk devront juste être capables de construire le réseau bayésien selon les normes du logiciel.

Le réseau bayésien est composé des nœuds qui représentent les paramètres des statistiques ou des expériences, et des liaisons qui représentent la relation entre ces paramètres.

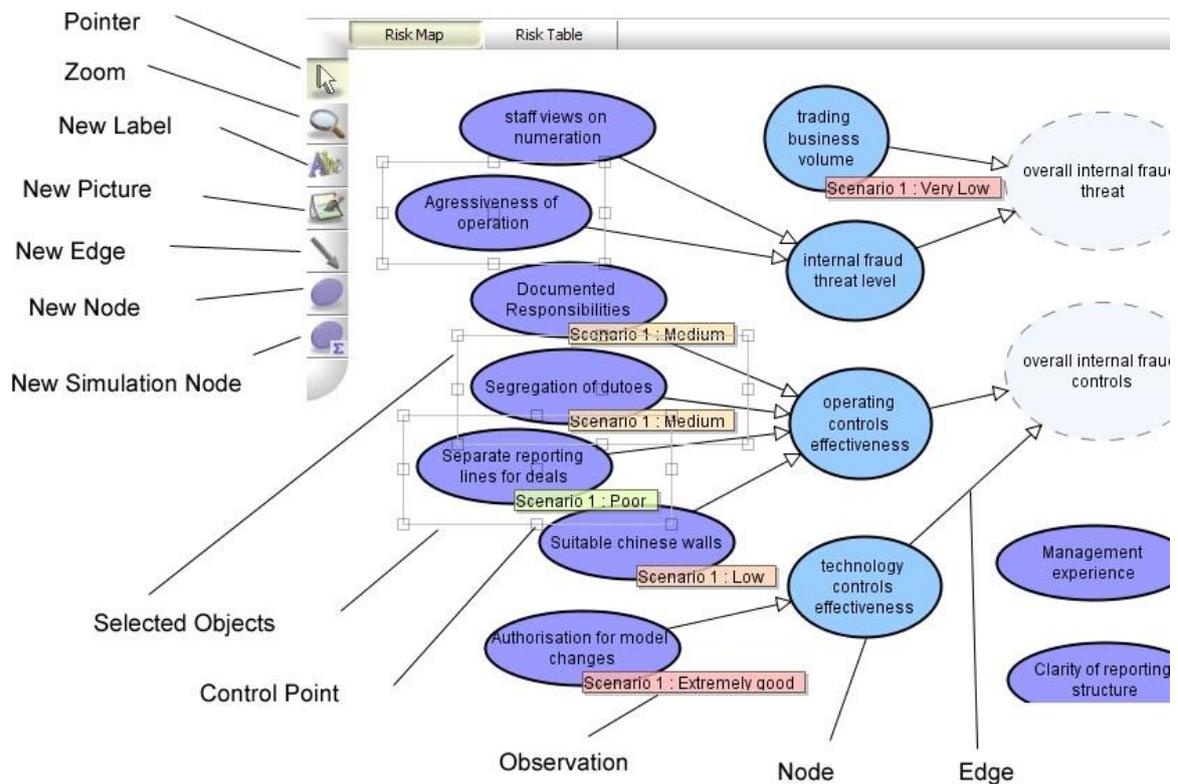


Figure IV.4 : Exemple d'un réseau bayésien présenté sur AgenaRisk

IV.9.3.1 propriétés des nœuds

Les nœuds doivent être identifié par :

- Le nom de paramètre étudié
- Le titre unique d'identification
- Le type de nœud
- Les composants du nœud
- La table de probabilité

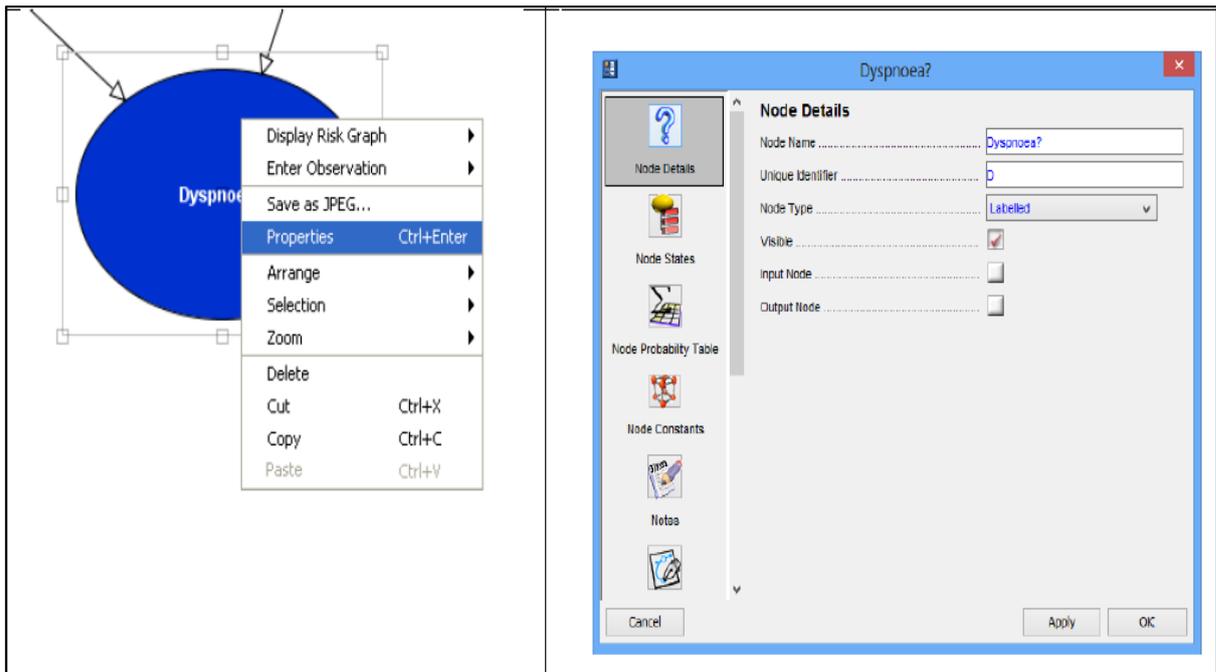


Figure IV.5: L'accès aux propriétés des nœuds sur AgenaRisk

Dans le cas où le réseau bayésien a plusieurs nœuds, le remplissage manuel et les calculs des tables de probabilité seront trop fastidieux.

AgenaRisk nous permet de remplir et de calculer automatiquement les tables de probabilité à partir d'un fichier Excel à condition que :

- Le titre unique d'identification sera identique avec le titre des colonnes sur Excel
- Les composants du nœud seront identiques avec les données du paramètre sur Excel
- L'extension du fichier Excel soit CSV (point-virgule)

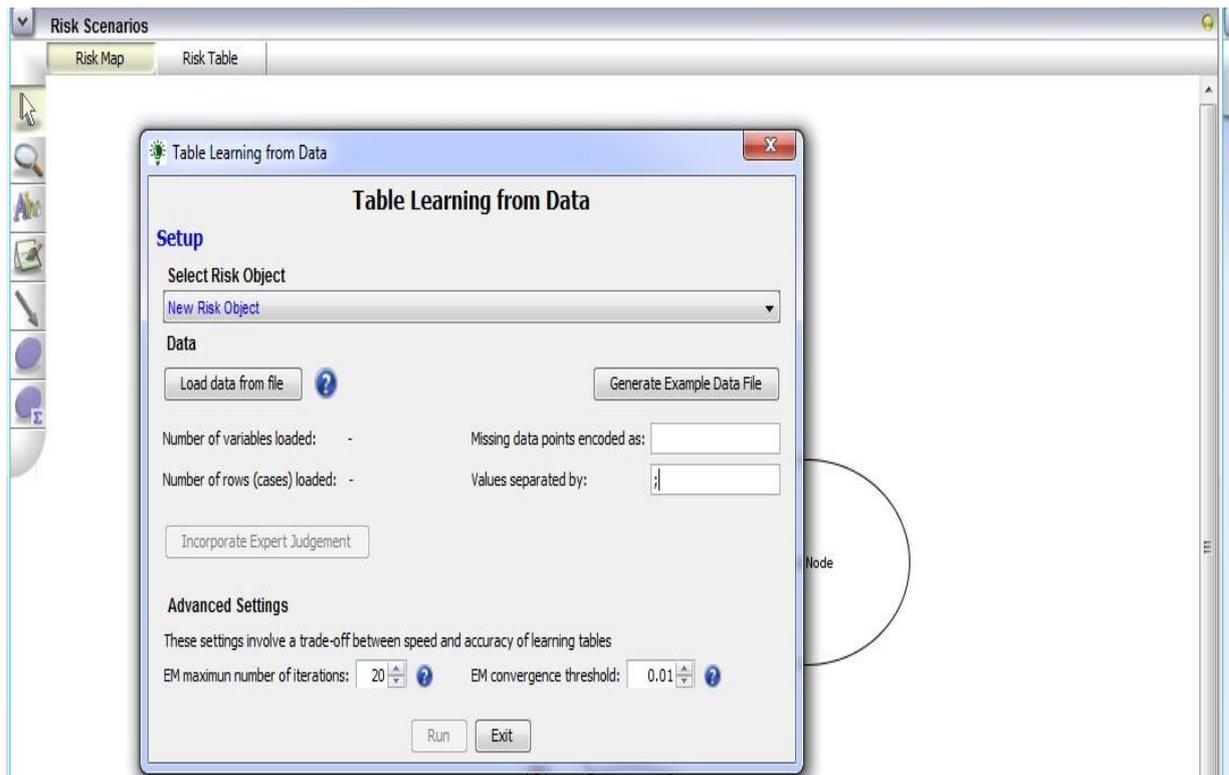


Figure IV.6 : Importation d'un fichier Excel sur AgenaRisk

IV.9.4 Présentation du réseau

Le but de notre étude est de déterminer la fiabilité des postes à poudre ANSUL à travers une base de données des travaux de maintenance qui ont eu lieu depuis le jour de leurs installations sur site « 7postes à poudres ».

Le réseau est composé de 7 nœuds dont - sont repartis autour de l'évènement principale qui est « Anomalies ». Nous avons 6 nœuds dont 3 en amont qui décrivent les conditions de notre nœud principal et 3 autres qui représentent les conséquences.

Pour les données en amont :

- Repère équipement

Pour les données en aval :

- Equipement
- Date
- Action de maintenance

- Durée exécution
- Craft

Et le nœud principal ou décisionnel :

« Anomalies » : décrivant toutes les causes possibles qui ont engendré les défaillances des composants du poste à poudre.

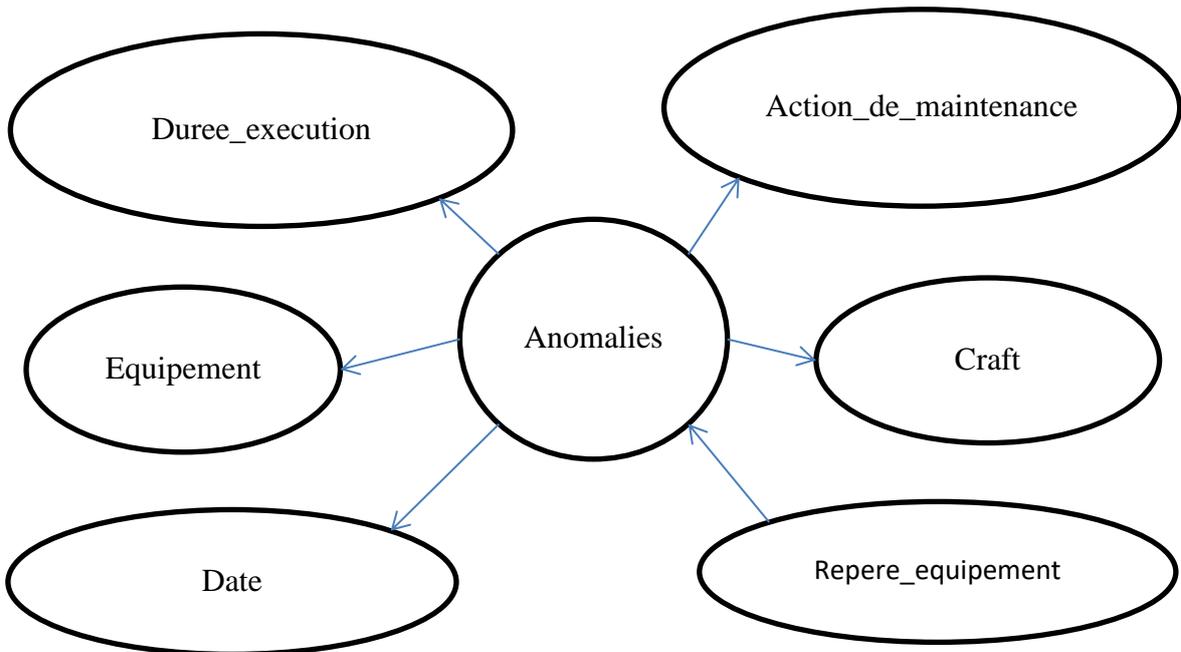


Figure IV.7 : Cas d'étude

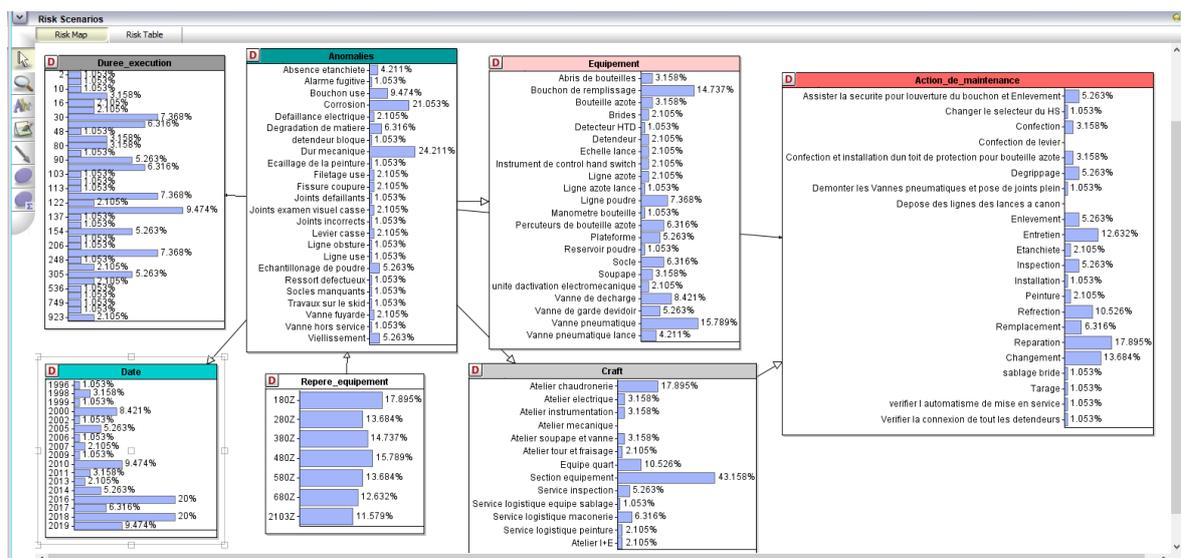


Figure IV.8 : Résultat du réseau bayésien

IV.10 Analyse de réseau

Les résultats du réseau final nous permettent de définir et améliorer la fiabilité, la disponibilité et la maintenabilité de notre système « poste à poudre ANSUL » à travers le calcul de probabilités des anomalies qui ont eu lieu depuis son installation sur site ,par la détermination des équipements qui sont susceptibles d'être en panne, les années où y'a eu un nombre de défaillance important en terme de fréquence ,le craft le plus sollicité pour effectuer les opérations de maintenance préventive et curative ainsi que leurs durée d'executions .

D'après les résultats on remarque que les anomalies récurrentes sont dur mécanique, la corrosion et bouchon usé, en outre des autres anomalies.

La simulation des scénarios doit être appliquée sur le réseau bayésien par AgenaRisk. Elle se fait par des suppositions sur les nœuds en choisissant les événements qu'on souhaite étudier puis, on observe les résultats des paramètres liés.

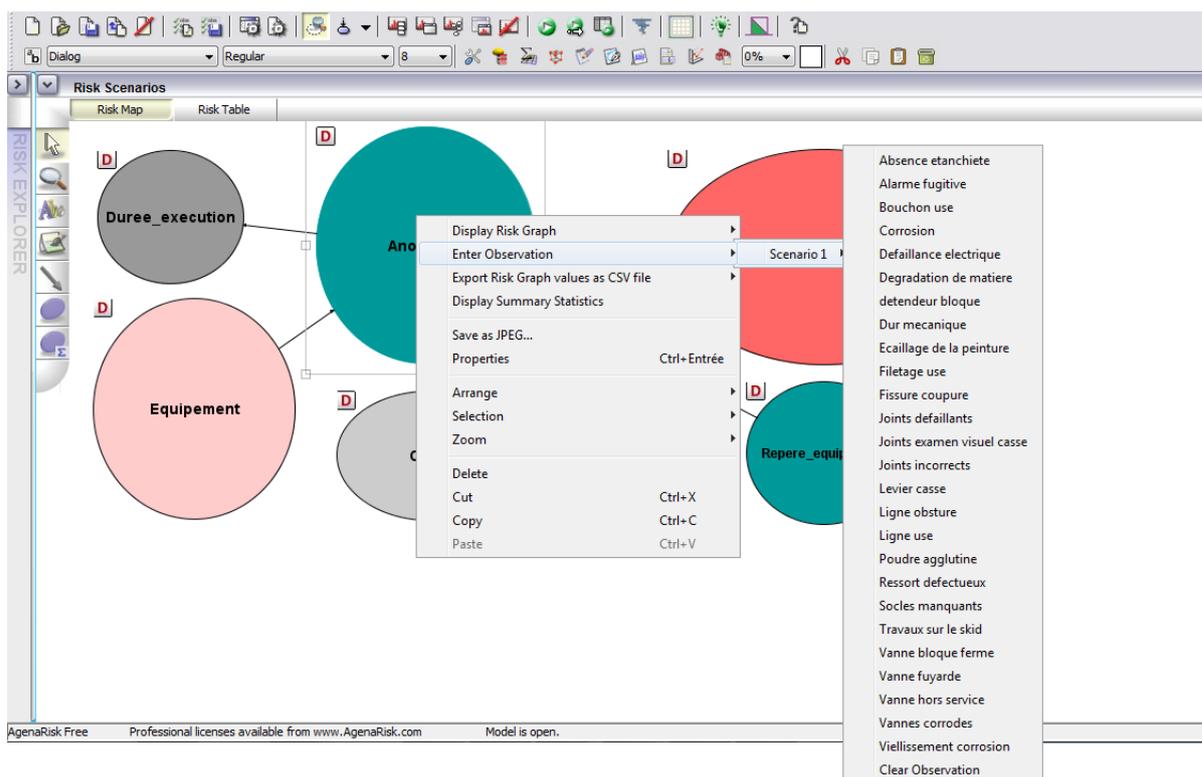


Figure IV.9 : Application des scenarios sur le réseau bayésien

On va appliquer par la suite, un ensemble de scénarios pour déterminer les anomalies qui engendrent les défaillances du système d'une manière répétitive réduisant sa fiabilité en définissant leurs effets sur l'ensemble des paramètres qui représentent les conditions

d'environnement et les conditions de travail « organisation du personnel et de la maintenance préventive ».

IV.10.1 Premier scenario « Dur mécanique »

Selon le retour d'expérience effectué sur les postes à poudre ANSUL par l'exploitation des demandes de travaux « DT » et demandes d'inspection « DI » depuis leurs installations au niveau du complexe GL2Z, le dur mécanique représente l'anomalie la plus importante en terme de probabilité d'occurrence. On va étudier les résultats du scénario de dur mécanique déterminant son effet sur l'ensemble des paramètres qui sont expliqués dans le tableau ci-dessous :

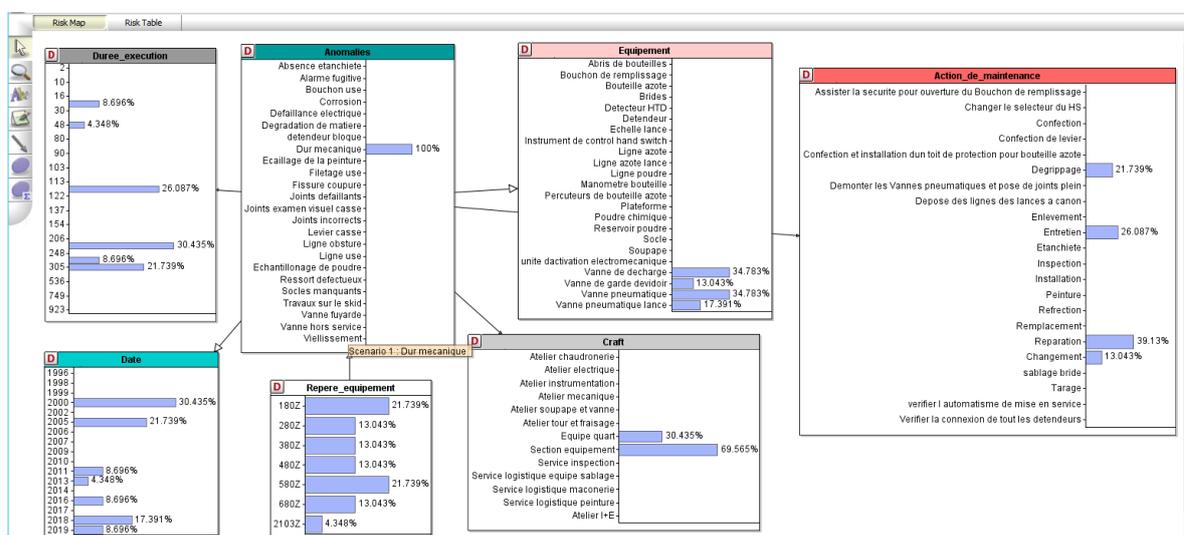


Figure IV.10 : Application du premier scenario « Dur mécanique » sur le réseau bayésien

Tableau IV.4 : Résultat du premier scénario

Paramètres		Probabilités
Equipement 's'	Vanne pneumatique	34.783%
	Vanne de décharge	34.783%
	Vanne pneumatique Lance	17.391%
	Vanne du dévidoir	13.043%
Repère équipement	180Z	21.739%
	580Z	21.739%
	680Z	13.043%
	280Z	13.043%
	380Z	13.043%
	480Z	13.043%

	2103Z	4.348%
Date	2000	30.437%
	2005	21.739%
	2018	17.391%
	2016	8.696%
	2011	8.696%
	2019	8.696%
	2013	4.384%
Craft	Section équipement	69.569%
	Equipe quart	30.435%
Action de maintenance	Réparation	39.13%
	Entretien	26.087%
	Dégripper	21.739%
	Changement	13.043%
Durée d'exécution	228 jours « 7 mois et 18 jours »	30.435%
	120 jours « 4 mois »	26.087%
	305 jours « 10 mois et 5 jours »	21.739%
	28 jours	8.696%

On remarque que le dur mécanique agit principalement sur la vanne pneumatique, vanne pneumatique Lance, vanne de décharge et vanne du dévidoir qui sont les équipements jugés importants pour la mise en marche du poste à poudre et la disponibilité d'extinction, cela dus à deux causes généralement qui sont la corrosion ou le non fonctionnement du poste à poudre pendant une longue période, suite à l'absence ou l'insuffisance des test vannes effectués et leurs entretiens « maintenance préventive », précisément lors des premiers quarts ans de son installation, ce qui évoque une croissance au niveau des actions de la maintenance curative « réparation et changement » contrairement à l'entretien dont la probabilité d'occurrence est inférieure à celle de la réparation.

IV.10.2 Deuxième scénario « Corrosion »

Secondairement, on va étudier les résultats du scénario de corrosion déterminant son effet sur l'ensemble des paramètres qui sont expliqués dans le tableau ci-dessous :

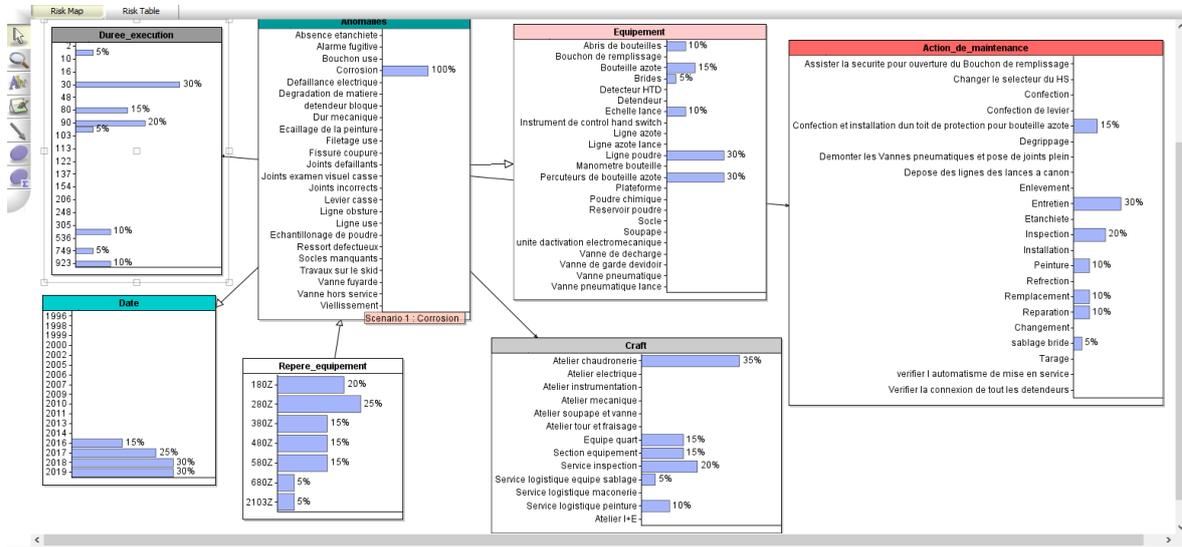


Figure IV.11 : Application du deuxième scénario « corrosion » sur le réseau bayésien

Tableau IV.5 : Résultat du deuxième scénario

Paramètres		Probabilités
Equipement 's'	Percuteurs de bouteilles azote	30%
	Ligne poudre	30%
	Bouteilles d'azote	15%
	Abris de bouteilles d'azote	10%
	Echelle lance	10%
	Brides	5%
Repère équipement	280Z	25%
	180Z	20%
	380Z	15%
	480Z	15%
	580Z	15%
	680Z	5%
	2103Z	5%
Date	2019	30%
	2018	30%

	2017	25%
	2016	15%
Craft	Atelier chaudronnerie	35%
	Section inspection	20%
	Section équipement	15%
	Equipe quart	15%
	Atelier logistique peinture	10%
	Service logistique équipe sablage	5%
Action de maintenance	Entretien	30 %
	Inspection	20%
	Confection et installation d'un toit de protection de bouteilles d'azote	15%
	Peinture	10%
	Remplacement	10%
	Réparation	10%
	Sablage brides	5%
Durée d'exécution	30jours	30%
	90jours « 3 mois »	20%
	80jours « 2 mois et 20 jours »	15%
	923 jours « environ 2 ans et 7 mois »	10%
	324jours « 10 mois et 3 semaines »	10%

On remarque que la corrosion survient principalement sur : les bouteilles d'azote et leurs percuteurs, les lignes de poudre, échelle de lance et enfin les brides car les mécanismes de la corrosion marine découlent de l'ensemble des interactions physico-chimiques et mécaniques entre les matériaux et cet environnement particulier qu'est le milieu marin, sa forte teneur en chlorures la rend agressive vis-à-vis des métaux et notamment de certains aciers inoxydables, ce qui est le cas pour l'ensemble d'équipements cités auparavant mis à part les lignes poudre dont la corrosion est sous terrain.

De ce fait, on peut constater que la protection contre la corrosion était moins efficace depuis leurs installations sur site jusqu'à l'année 2016.

D'une part, les actions de maintenance préventive « l'entretien et l'inspection des équipements concernés » est efficace qu'à partir de l'année 2018 dont la durée est optimale

« 30 jours » cependant, la réparation durait entre 1 an jusqu'à 2 ans et demi. Ce scénario confirme la non-conformité des buses de sortie de poudre « ce qui est développé dans le deuxième chapitre dans l'étude comparative aux exigences de la norme NFPA 17 ».

IV.10.3 Troisième scénario « Bouchon de remplissage »

En considérant que le bouchon de remplissage représente un des équipements les plus susceptibles d'être défaillant, suite aux résultats exploités de notre réseau bayésien les probabilités des paramètres qui agissent sur l'augmentation de sa probabilité d'occurrence sont :

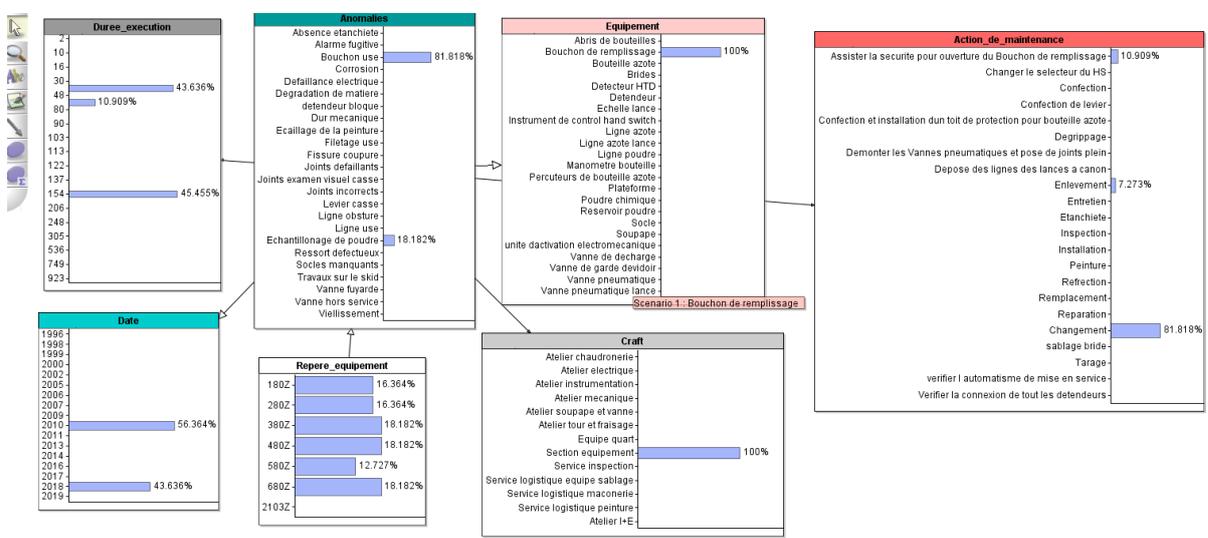


Figure IV.12 : Application du troisième scénario « Bouchon de remplissage » sur le réseau bayésien

Tableau IV.6 : Résultat du troisième scénario

Paramètres	Probabilités	
Anomalies	Bouchon utilisé	64.286%
	Echantillonnage de poudre	35.714%
Repère équipement	180Z	21.429%
	280Z	21.429%
	380Z	14.286%
	480Z	14.286%
	580Z	14.286%
	680Z	14.286%
Date	2010	57.143%

	2018	42.857%
Craft	Section équipement	100%
Action de maintenance	Changement	64.286%
	Assister la sécurité pour l'ouverture du bouchon et enlèvement	35.714%
Durée d'exécution	154 jours « 5 mois et 4 jours »	45.455%
	40 jours	43.636%
	62 jours « environ 2 mois »	10.909%

On constate que les actions qui surviennent sur le bouchon de remplissage du réservoir de poudre changement et enlèvement de poudre chimique suite à deux causes qui sont l'usure du bouchon « précisément le blocage des boulons qui assurent la fermeture du bouchon » et échantillonnage de poudre souvent agglutinée.

De ce fait, on peut conclure que le non-respect du planning de test poudre jusqu'à l'année 2010 et au non-respect de la norme NFPA 17 du coté conception du bouchon de remplissage « suite à l'étude de comparaison réalisée dans le deuxième chapitre » ont fait que l'anomalie du bouchon usée soit récurrente, et l'amélioration de sa procédure de maintenance en termes de temps fut commencée en 2018.

IV.10.4 Quatrième scénario « Entretien »

Sachant que nous nous intéressons dans cette partie d'étude au rôle de la maintenance préventive dont l'une de ces actions les plus importantes est la fonction entretien, pour éviter les défaillances des matériels au cours de l'utilisation, augmenter la disponibilité et la fiabilité des composants du poste à poudre.

De ce fait nous nous intéressons à la survenue de l'action d'entretien sur l'ensemble des composants du poste à poudre et les conditions dans laquelle est exécutée.

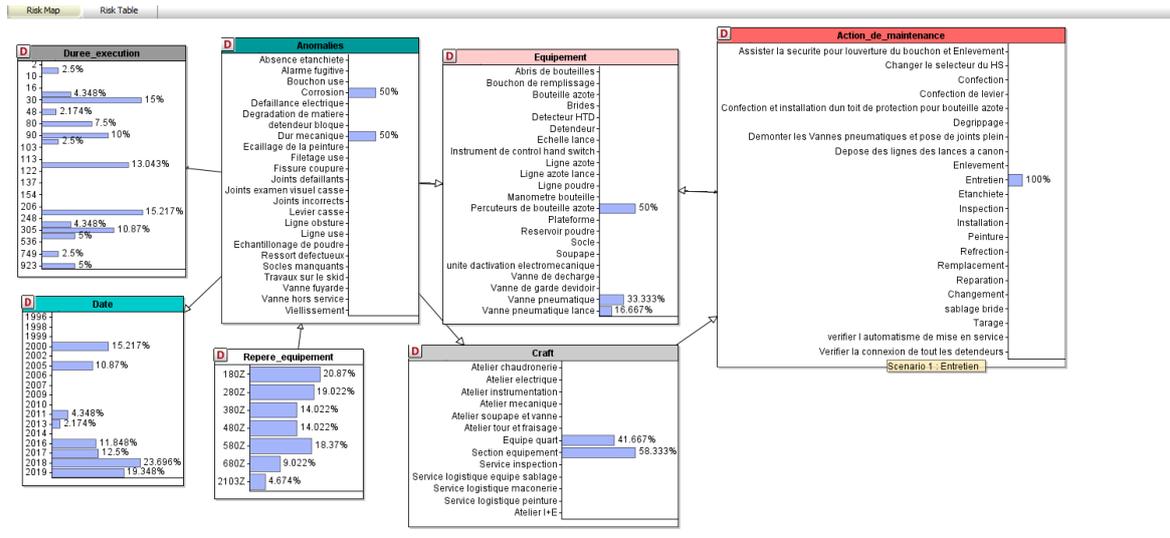


Figure IV.13: Application du quatrième scénario « Entretien » sur le réseau bayésien

Tableau IV.7 : Résultat du quatrième scénario

Paramètres		Probabilités
Equipements	Percuteur de bouteille d'azote	50%
	Vanne pneumatique	33.33%
	Vanne pneumatique lance	16.667%
Repère équipement	180Z	20.87%
	280Z	19.022%
	580Z	18.37%
	380Z	14.022%
	480Z	14.022%
	680Z	9.022%
	2103Z	4.674%
Date	2018	23.696%
	2019	19.348%
	2000	15.217%
	2017	12.5%
	2016	11.848%
	2005	10.87%
	2011	4.348%
Craft	Section équipement	58.333%

	Equipe quart	41.667%
Anomalies	Corrosion	50%
	Dur mécanique	50%
Durée d'exécution	228 jours « 7 mois et 18 jours »	15.217%
	30 jours	15%
	305 jours « environ 10 mois »	10.85%
	90 jours « «3 mois »	10%

Après l'exploitation des résultats du réseau, on constate que l'entretien n'est pas régulier de sorte que la fonction d'entretien était absente jusqu'à l'année 2000, où on a commencé à respecter la procédure mais avec une densité d'action différente d'une année à une autre, atteignant le seuil d'actions dans l'année 2018 ce qui a évoqué une décroissance d'entretien dans l'année qui en cours. En outre on remarque que la durée de l'action n'est pas constante, de tel sorte que l'entretien des vannes pneumatiques qui représente un composant très essentiel pour sa mise en marche du poste à poudre dure 3 mois à 7 mois ce qui remet en cause l'efficacité du personnel sollicité.

IV.10.5 Cinquième scénario « Réparation »

Ce scénario est venu pour confirmer l'antécédent.

On constate après l'exploitation des résultats qu'il s'agit de maintenance effectuée après apparition de la panne autrement dit une maintenance corrective, qui implique une réparation souvent importante en termes de temps.

De ce fait nous nous intéressons à la survenue de l'action de réparation sur l'ensemble des composants du poste à poudre, les causes qui ont engendrés de tels actions et les conditions dans laquelle est exécutée, pour déterminer son influence sur l'organisation du personnel, l'apparition de l'anomalie et son effet sur la fiabilité et disponibilité du poste à poudre.

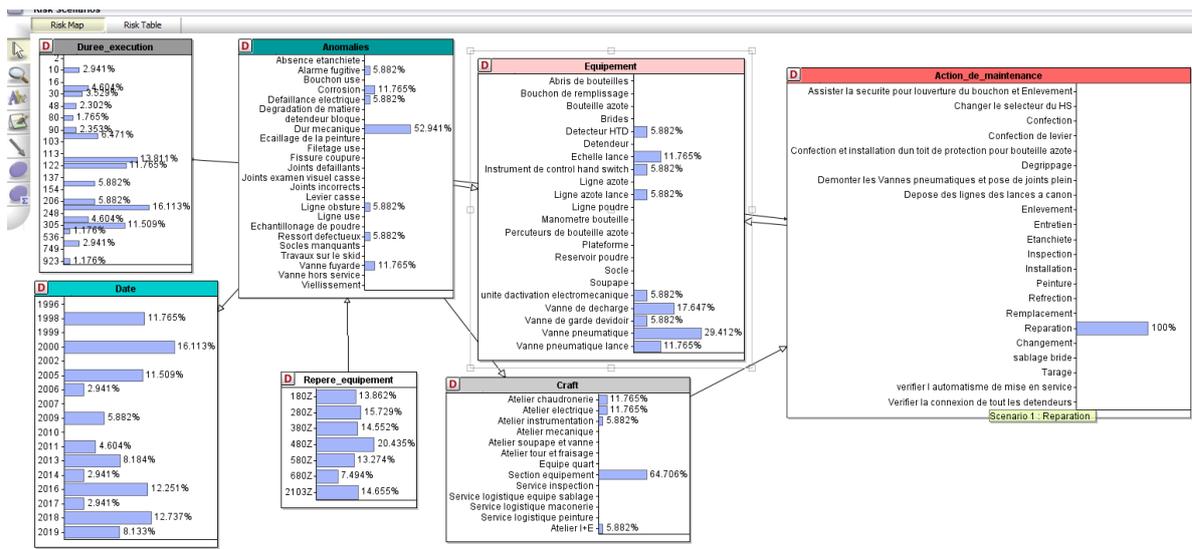


Figure IV.14 : Application du cinquième scenario « Réparation » sur le réseau bayésien

Tableau IV.8 : Résultat du cinquième scénario

Paramètres		Probabilités
Equipements	Vanne pneumatique	29.412%
	Vanne de décharge	17.647%
	Vanne pneumatique lance	11.765%
	Echelle lance	11.765%
	Détecteur HTD	5.882%
	Vanne de garde dévidoir	5.882%
Repère équipement	480Z	20.435%
	280Z	15.729%
	2103Z	14.655%
	380Z	14.552%
	180Z	13.862%
	580Z	13.274%
	680Z	7.494%
Date	2000	16.113%
	2018	12.737%
	2016	12.251%
	1998	11.765%
	2005	11.509%
	2019	8.103%
Craft	Section équipement	58.333%
	Atelier chaudronnerie	11.765%
	Atelier électrique	11.765%

	Atelier instrumentation	5.882%
	Atelier instrumentation+ Atelier électrique	5.882%
Anomalies	Dur mécanique	52.941%
	Corrosion	11.765%
	Vanne fuyarde	11.765%
	Défaillance électrique	5.882%
Durée d'exécution	228 jours « 7 mois et 18 jours »	16.113%
	120 jours « 4 mois »	13.811%
	305 jours « environ 10 mois »	11.509%
	90 jours « «3 mois »	3.529%

D'après les informations recensées du réseau, on constate que l'action de réparation est apparue en 1998 ce qui confirme l'absence de l'entretien « résultat récence dans le scénario antécédent » après l'installation du poste à poudre sur site, contrairement à l'année 2019 on remarque une décroissance au niveau des actions de réparation dû à la croissance des actions d'entretien régulier qui commencent à être efficace.

En outre on remarque que la durée de l'action longue et aléatoires ce qui remet en cause l'efficacité du personnel concerné.

IV.10.6 Sixième scénario « Année 1998 »

En 1998, après deux ans d'exploitation des postes à poudres installés au niveau du site, on s'intéresse au types d'actions de maintenance qui ont été exécutés et leurs relations par rapport aux autres paramètres pour pouvoir les comparer aux types d'actions de l'année 2018.

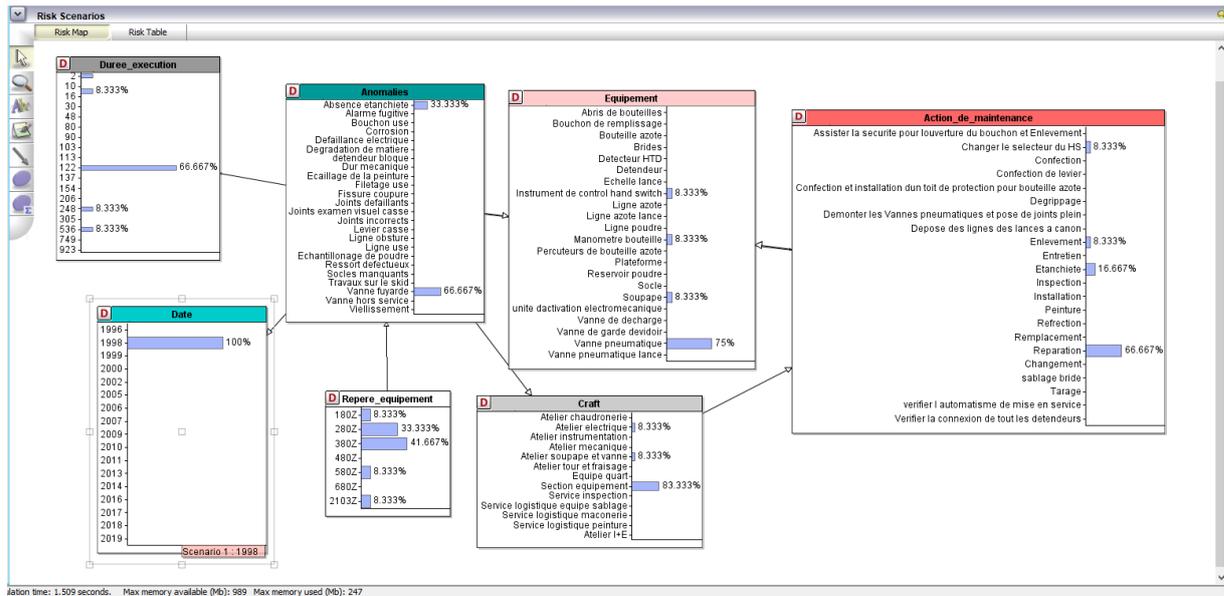


Figure IV.15 : Application du Sixième scénario « Année 1998 » sur le réseau bayésien

Tableau IV.9: Résultat du Sixième scénario

Paramètres		Probabilités
Equipements	Vanne pneumatique	75%
	Manomètre bouteille	8.333%
	Soupape	8.333%
Repère équipement	380Z	41.667%
	280Z	33.333%
	180Z	8.333%
	580Z	8.333%
	2103Z	8.333%
Craft	Section équipement	83.333%
	Atelier soupape et vanne	8.333%
	Equipe quart	0%
Action de maintenance	Réparation	66.667%
	Etanchéité	16.667%
	Entretien	0%
Durée d'exécution	122 jours « 4 mois »	66.667%
	15 jours	8.333%

On constate, qu'il s'agit d'une croissance directe au niveau des actions de maintenance corrective, pendant l'absence totale de maintenance préventive « l'entretien » et du personnel

concerné « équipe quart », ce qui provoque une réparation d'équipements concernés qui a duré dans la plupart des cas 4 mois.

IV.10.7 Septième scénario « Année 2018 »

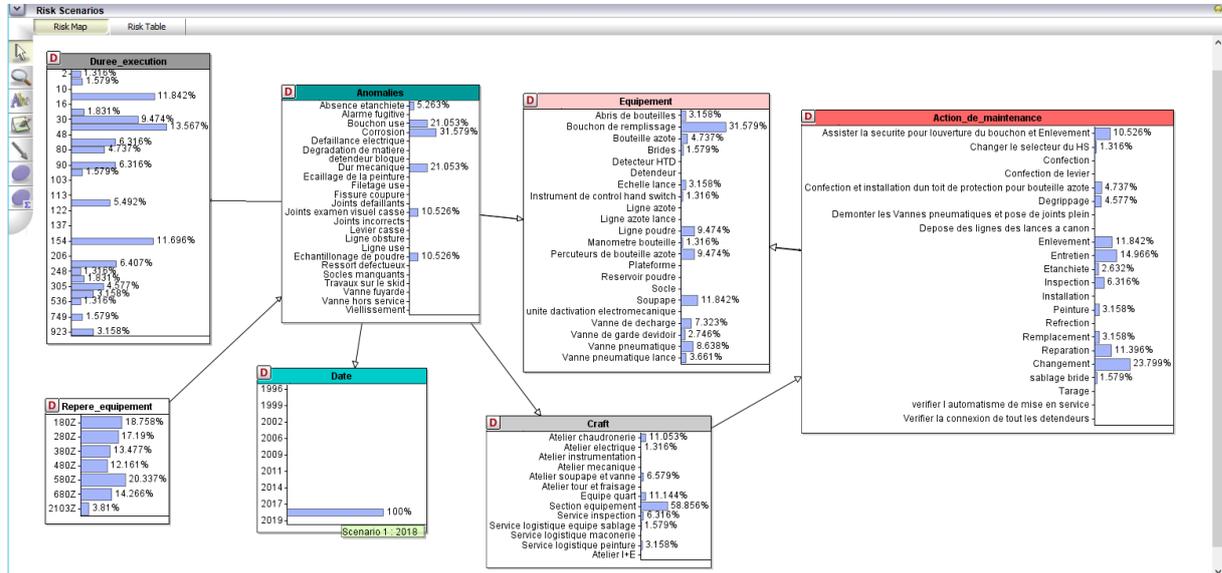


Figure IV.16 : Application du Septième scénario « Année 2018 » sur le réseau bayésien

Tableau IV.10 : Résultat du Septième scénario

Paramètres		Probabilités
Equipements	Bouchon de remplissage	31.579%
	Soupape	11.842%
	Vanne pneumatique	8.638%
	Manomètre bouteille	1.316%
Repère équipement	580Z	20.337%
	180Z	18.578%
	280Z	17.19%
	680Z	14.266%
	380Z	13.477%
	480Z	12.161%
	2103Z	3.81%
Craft	Section équipement	58.856%
	Equipe quart	11.114%
	Atelier chaudronnerie	11.053%
Action de maintenance	Entretien	14.966%
	Réparation	11.396%

	Inspection	6.316%
Durée d'exécution	40 jours	13.567%
	15jours	11.842%

On constate, qu'il s'agit d'une décroissance directe au niveau des actions de maintenance corrective « l'action de réparation », due à la croissance de probabilité d'occurrence des actions de maintenance préventive « dans notre cas Entretien et inspection » ce qui met en œuvre l'efficacité du personnel concerné « équipe quart, section équipement » dont la durée de ces actions a diminué jusqu'à 15jours pour effectuer une réparation.

De ce fait on conclue, que ces résultats sont satisfaisants et encourageant pour l'entreprise, étant donné que le personnel au fil des années d'exploitation des postes à poudres prend conscience du rôle d'une maintenance préventive efficace et régulière pour assurer sa disponibilité face à tout incident possible.

IV.8 Interprétation générale

D'après les résultats obtenus par Agenarisk confirment, d'une part les résultats obtenus de l'étude réglementaire de comparaison avec la norme NFPA17 et d'autre part les résultats obtenus de l'AMDEC. Ce qui implique que la performance de notre réseau est grande.

Les calculs ont montré que les équipements considérés comme critiques et qui subissent des pannes réplétives sont : la vanne pneumatique, le bouchon de remplissage et les vannes de décharge, ainsi les anomalies les plus récurrentes sont : le dur mécanique la corrosion et le bouchon usé et ils ont déterminé l'action de maintenance la plus importante en terme de probabilité d'occurrence qui est la réparation, et enfin ils ont montrés leurs influence sur la fiabilité ,l'efficacité et la disponibilité du système à travers la fiabilité et l'efficacité de ses actions de maintenance préventive .

IV.9 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté dans une première partie, le rôle de la méthode d'AMDEC qui nous a permis d'analyser les différents risques de façon systématique et définir les modes de défaillances ainsi toutes les actions de maintenances corrective possibles du poste à poudre ANSUL du complexe de la liquéfaction du gaz naturel GL2Z.

Dans une deuxième partie, nous avons fait appel aux méthodes bayésiennes pour renforcer la pertinence de notre analyse, par la réalisation d'un modèle qui définit les anomalies enregistrées et leurs effets sur l'environnement du poste à poudre ainsi sa fiabilité.

Ce réseau nous a permis d'appliquer des simulations de quelques scénarios pour comprendre les causes d'anomalie et leurs effets sur l'ensemble de conditions de travail de l'équipement et sur sa fiabilité. Et aussi, les effets des actions de maintenance actuelle du poste à poudre et ses composants sur l'apparition de l'anomalie, autrement dit la fiabilité des actions de maintenances préventives qui détermine par son rôle la fiabilité du système. Et enfin de déterminer l'évolution de l'efficacité des actions de maintenances ainsi l'évolution de l'exploitation de l'équipement par le personnel concerné depuis son installation qui est satisfaisante ces deux dernières années.

Cette analyse nous a permis de proposer quelques recommandations afin de réduire l'apparition d'anomalies et de pannes réplétives des différents composants du poste à poudre et enfin d'augmenter par la suite sa fiabilité et sa disponibilité dans le futur.

Conclusion générale

L'étude réalisée se compose de plusieurs méthodes pour en déterminer la fiabilité du système étudié mais porte essentiellement sur le théorème de Bayes pour pouvoir estimer la probabilité à posteriori de l'occurrence des anomalies pour pouvoir les diminuer afin d'améliorer la fiabilité du poste à poudre ANSUL.

Cette étude a été réalisée sur les anomalies les plus récurrentes du système à partir des demandes de travaux « DT » et demandes d'inspection « DI » autrement dit l'ensemble d'action de maintenance préventive et correctives effectuées sur les postes à poudre ANSUL du complexe de Liquéfaction du Gaz Naturel GL2Z depuis leur installation sur site « 1996-2019 ».

D'après les résultats obtenus sur le réseau, les anomalies les plus récurrentes sont influencées principalement par l'efficacité des actions de la maintenance préventive.

Les résultats ont vu un début d'amélioration de maintenance préventive durant les 2 dernières années ce qui est plus ou moins satisfaisant pour l'entreprise mais l'école de sécurité cherche toujours à avoir un résultat meilleur en trouvant les bonnes solutions les classer par ordre de priorités et surtout réduire le temps d'intervention et résolution du problème et pour cela, nous avons proposés sept scénarios qui sont les plus redoutés. Une analyse des résultats a été faite décrivant les paramètres des différents nœuds pour comprendre l'origine et les effets de ces événements. Ensuite nous avons proposé les recommandations nécessaires afin de réduire le taux d'occurrence des anomalies au niveau de cette entreprise en donnant la priorité aux actions de la maintenance préventive.

A l'issue de cette analyse, et en vue de ce qu'on a constaté lors du traitement de notre étude, qui a pour but de quantifier et qualifier les effets des anomalies enregistrés sur les composants des postes à poudre, ainsi son environnement pour enfin influencer sa sûreté de fonctionnement « Fiabilité, disponibilité, efficacité et maintenabilité » à travers les méthodes utilisées : la comparaison de sa conception à la norme NFPA, l'AMDEC et l'approche bayésienne, et vu les contraintes rencontrés au cours du diagnostic sur les données techniques relatives aux postes à poudre, nous suggérons les points suivants :

- Automatisation de la percussion des postes à poudre X80Z, partie fractionnement du procédé suite à un déclenchement automatique relié à un système de détection.

- Développer et améliorer les enregistrements des actions de maintenances préventives et correctives, les détailler plus et les hiérarchiser.
- Elaboration des check-lists pour les rapports d'anomalie, les rapports de test pour standardiser le langage du personnel concerné pour faciliter la compréhension d'anomalies et de pouvoir réaliser des économies importantes en termes d'heures de travail perdues.
- Renforcer et intégrer la documentation des postes à poudre ANSUL électronique sur la GMAO sur le GATIOR ainsi que leurs manuels et dossiers technique.
- Mettre en place le processus de gestion des postes à poudre conçu auprès du département technique (T) et département maintenance (G).
- Eviter Le suivi des diagnostics à l'aide d'un stylo et d'une feuille de papier car il expose l'usine aux risques associés à la perte de données, la saisie des notes manuscrites dans la base de données de gestion des équipements peut être à l'origine d'inexactitudes, ce qui empêche l'usine d'établir des tendances précises sur l'état des équipements.
- Favoriser la maintenance préventive vue son importance en matière de :
 1. Réduire les coûts d'énergie pour les équipements;
 2. Réduire les temps d'arrêt imprévus;
 3. Réduire les coûts de pièces de rechange;
 4. Réduire l'inventaire de pièces de rechange;
 5. Augmenter la productivité du personnel d'entretien ;
- Eviter la charge de stockage des équipements des postes à poudre dans l'atelier de la section d'équipement ;
- Créer une interface de communication conviviale pour que l'outil soit exploité et alimenté par l'ensemble du personnel concerné de la maintenance préventive ou corrective.
- Et enfin le point le plus important, les postes à poudre doivent avoir la même priorité que la gestion de la production et la gestion de la qualité.

Bibliographie

- [1] Actualisation de l'étude de dangers COMPLEXE GL2Z, SONTRACH.
- [2] André Lannoy, Fiabilité des composants industriels: enjeux, besoins, méthodes et difficultés rencontrées, 2009.
- [3] ANSUL SYSTÈME FIXE À POUDRE CHIMIQUE Données techniques /Spécifications.
- [4] BELLOUT Rédha MESSAHEL Anes Réalisation d'une étude de fiabilité par inférence bayésienne, Juin 2017.
- [6] BOUHDOU Samia & BRAHAM Hayette Application de l'inférence bayésienne en fiabilité ,2013.
- [7] Jean Héng PRATIQUE DE LA MAINTENANCE PRÉVENTIVE Mécanique • Pneumatique Hydraulique • Électricité • Froid3e édition.
- [8] Laurent Doyen - Olivier Gaudoin Institut National Polytechnique de Grenoble Laboratoire de Modélisation et Calcul Modélisation de l'efficacité de la maintenance des Systèmes réparables.
- [9] MEGHRAOUI Rahmouna Elaboration d'un processus de gestion d'un EIPS générique, SONTRACH.
- [12] MOUSSAOUI Nabil SLIMANI Lotfi Elaboration d'un plan de maintenance par la méthode AMDEC de la ligne turbo alternateur de la centrale CEVITAL-Bejaia, 2016.
- [13] NFPA® 17Standard for Dry Chemical Extinguishing Systems, 2013 Edition.

Webographie

- [1] Ansul, Web site: <https://www.ansul.com/en/us/pages/default.aspx>
- [2] <https://fr.wikipedia.org/>
- [3] <https://www.youtube.com/>

Grille de Gravité G

Définition : Valeur relative à l'effet de chaque défaillance, s'exprimant en termes de Maintenabilité, de Qualité des pièces produites (conformité), et de Sécurité.

Niveau de gravité : G		Définition des niveaux
Gravité mineure	1	Défaillance mineure : - arrêt de production inférieur à 2mn. - aucune dégradation notable du matériel.
Gravité significative	2	Défaillance significative : - arrêt de production de 2 à 20mn. - remise à l'état de courte durée ou une petite réparation sur place nécessaire.
Gravité moyenne	3	Défaillance moyenne : - arrêt de fonction de 20mn à 1heure. - Changement du matériel défectueux nécessaire.
Gravité majeure	4	Défaillance majeure : - arrêt de fonction de 1 à 2 heures. - intervention importante sur sous ensemble
Gravité catastrophique	5	Défaillance catastrophique : - arrêt de fonction supérieur à 2 heures. - intervention lourde nécessitant des moyens coûteux. - problème de sécurité du personnel ou d'environnement.

Grille de Fréquence F

Définition : Probabilité que la cause se produise et qu'elle entraîne le mode de défaillance.

Niveau de Fréquence : F		Définition des niveaux
Fréquence très faible	1	Défaillance rare : moins d'une défaillance par an
Fréquence faible	2	Défaillance possible : moins d'une défaillance par trimestre.
Fréquence moyenne	3	Défaillance fréquente : moins d'une défaillance par semaine.
Fréquence forte	4	Défaillance très fréquente : plusieurs défaillances par semaine.

Niveau de la probabilité de non détection

Définition : Est la capacité de détection de la défaillance (D)

Niveau de la probabilité de non détection : « D »		Définition des niveaux
Détection évidente	1	Défaillance détectable à 100%. - Détection à coup sûr de la cause de défaillance. - Signe avant-coureur évident d'une dégradation. - Dispositif de détection automatique d'incendie.
Détection possible	2	Défaillance détectable : - Signe avant-coureur de la défaillance facilement détectable mais nécessitant une action particulière de l'opération (visite contrôle visuel).
Détection improbable	3	Défaillance difficilement détectable : - Signe avant-coureur de la défaillance difficilement détectable, nécessitant des moyens complexes (démontage ou appareillage).
Détection impossible	4	Défaillance indétectable : -Aucun signe avant-coureur de la défaillance.