



Département de Sécurité Industrielle et Environnement

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Hygiène et Sécurité Industrielle

Spécialité : Sécurité Industrielle et Environnement

Thème

**Elaboration d'une approche FDMS pour l'optimisation
des performances d'un système de sécurité**

Présenté et soutenu publiquement par :

- **MOUFFOK Hayet Fatma**
- **RAHAL Nadia**

Devant le jury composé de :

Nom et prénom	Grade	Etablissement	Qualité
Mme. SERAT Fatima Zohra	MCB	IMSI	Présidente
Mr. GUETARNI Islam Hadj Mohamed	MCB	IMSI	Encadreur
Mme. BENOMAR Fatima	MAA	IMSI	Examinatrice
Mme. AISSANI Nassima	MCA	IMSI	Invitée

Le 04 juillet 2022

Elaboration d'une approche FDMS pour l'optimisation des performances d'un système de sécurité

Résumé

L'industrie de nos jours se base sur plusieurs systèmes et sous-systèmes complexes, La turbine à gaz l'un de ces systèmes complexes là où la probabilité d'incendie est élevée. Par cette raison il est primordial de mettre en place un système de sécurité d'incendie fiable et disponible afin de garantir la sécurité de cet équipement. Ce travail est consacré à l'étude FDMS (Fiabilité, Disponibilité, Maintenabilité, Sécurité) du système proposé au niveau de la turbine à gaz de phase 1 du complexe GP1/Z. En premier lieu il est nécessaire de présenter les fondamentaux de la sûreté de fonctionnement et de ses différentes méthodes : AMDEC, APR, ADD, HAZOP et chaîne de Markov. En deuxième lieu une présentation sur les systèmes instrumentés de sécurité et le système de sécurité d'incendie nous permet de mieux cerner notre cas d'étude. En dernier lieu une étude FDMS approfondie par des méthodes probabilistes est effectué afin d'évaluer l'indisponibilité et la fiabilité de système de sécurité d'incendie à l'aide de logiciel Isograph Reliability Workbench par les méthodes arbre de défaillance et chaîne de Markov afin d'atteindre le niveau maximal de performance de ce système et mieux gérer la maintenance pour l'efficacité lors de l'intervention.

Mots clés : Turbine à gaz, ADD, chaîne de Markov, système de sécurité d'incendie, FDMS.

Development of an RAMS approach for optimizing the performance of a security system

Abstract

The industry today is based on several complex systems and subsystems, The gas turbine one of these complex systems where the probability of fire is high. For this reason, it is important to set up a reliable and available fire safety system in order to ensure the safety of this equipment. This work is devoted to the RAMS study (Reliability, Availability, Maintainability, Safety) of our proposed system of the phase 1 gas turbine installed in the GP1/Z complex. First, it is necessary to present the fundamentals of dependability and its different methods: FMECA, PRA, FTA, HAZOP and Markov chain. Secondly, a presentation on safety instrumented systems and the fire safety system allows us to better understand our case study. Finally, an in-depth FDMS study using probabilistic methods is carried out to assess the unavailability and reliability of fire safety systems using Isograph software using fault tree and Markov chain methods in order to achieve the high level performance of this system and better manage maintenance for efficiency during the intervention.

Keywords: Gas turbine, FTA Markov chain, fire safety system, RAMS.

Remerciement

Allahmdulillah, c'est par la grâce d'Allah le tout puissant et miséricordieux que ce travail est achevé.

*En ce jour spécial, nous souhaiterons ouvrir notre bal de remerciement en portant une immense reconnaissance à notre cher encadrant Mr. **GUETARNI Hadj Mohamed Islam** pour ses orientations scientifiques et méthodologiques, sa confiance en nous et sa patience, qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port.*

*Nos remerciements s'étendent également aux membres de jury Mme. **SERAT Fatima Zohra** et Mme. **BENOMAR Fatima**, et notre invitée Mme. **AISSANI Nassima** Merci d'avoir bien accepté d'examiner ce modeste travail.*

On adresse également nos remerciements à toute l'équipe pédagogique du département de Sécurité industrielle d'IMSI d'Oran, ainsi qu'aux professeurs ayant fourni des efforts durant notre parcours universitaire.

*Nous tenons à témoigner toute notre reconnaissance à notre encadrant de stage Mr. **BOUSEHABA Abd El rahmane** et l'équipe de service HSE spécialement le chef service Mr. **BENKAMLA** et l'ingénieur Mr. **BOURASS**, à toute l'équipe de MCR spécialement Mr. **BOUTAIBA**, à tout le personnel du complexe GP1/Z d'ARZEW et à tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce projet de fin d'étude.*

Dédicace

Je dédie ce travail

A mon cher père

A ma chère mère

Source de vie, d'amour et d'affection pour leurs sacrifices, leur encouragement et toute aide qu'ils m'ont apportée durant mes études et ma vie globalement.

A mes chers frères (Med EL amine et Omer EL Farouk) et mes chères sœurs (Khawla, Batoul et Hdjer)

A mes grandes mères et à la mémoire de mes grands pères

A toute ma famille (RAHAL et HAMIDI)

A ma super promo STE spécialement : Imane, Asma, Marwa, Dounia, Ikram, Khouloud, lina, Djawed, Hani, Zaki, Mohamed, Amine, Brahim, mes amis de club scientifique MasterMinds Meriem, Soulef et Waffaa.

A mes amis pour toujours Rania, Jiji, Khadidja, Fatima, Amel, Zina.

Un spécial dédicace pour mes professeurs Mr. GUETARNI et Mme SERAT.

A ma précieuse amie, la plus cool et la plus douce, ma binôme Hayet, qui a assumée tous mes sautes d'humeur durant la réalisation de ce travail. J'ai tellement de chance de t'avoir, être toujours bien.

Nadia

Dédicace

*Je dédie ce mémoire de fin d'étude à mon encadrant monsieur **GUETARNI Islam Hadj Mohamed**, à l'ensemble des jurés, à ma famille **MOUFFOK** et **DLALI** , mon père et ma mère aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être, à mes grands-parents, mes sœurs : **Nour El Houda, Ikram, Nada**, et mon frère : **Mohamed Raffik**, mon beaux-frères : **Mohamed El amine, SNOUSSI** et mon petit ange mon neveu : **Amir**, à tous mes cousins et mes cousines spécialement : **Manal, Nassima, Amira, Lina** à tous mes oncles et mes tantes, à mes amis : **Imene, Asmaa, Maroua, Dounia, Ikram, Nabila , Mohamed Meziane, Djawed, Mohamed abdennebi, Hani, Zaki** à mes collègues de classe, à ma chère amie qui était toujours là pour moi , mon binôme **RAHAL Nadia** qui a partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail, à sa famille qui m'a accueilli.*

Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagné durant mon chemin d'études.

MOUFFOK Hayet Fatma.

Sommaire

Résumé	
Remerciements	
Dédicace	
Sommaire	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction générale	1
CHAPITRE I.....	3
Introduction	4
I.1 Normes et cadre réglementaire	5
I.1.1 ISO 31010.....	5
I.1.1.1 Domaine d'application.....	5
I.1.1.2 Structure générale	5
I.1.1.3 Objectifs de la norme	6
I.2 Notion danger	6
I.2.1 Définition.....	6
I.2.2 Phénomènes dangereux et situations dangereuses	6
I.3 Notion risque	7
I.3.1 Définition.....	7
I.3.2 Classification des risques.....	7
I.3.3 la matrice des risques :.....	7
I.4 Sûreté de fonctionnement.....	9
I.4.1 Définition.....	9
I.4.2 Paramètres de sûreté de fonctionnement	10
I.4.2.1 Fiabilité R(t).....	10
I.4.2.2 Disponibilité A(t).....	11

Sommaire

I.4.2.3 Maintenabilité M(t).....	11
I.4.2.4 Sécurité	11
I.4.3. Métriques de la Sûreté de Fonctionnement.....	11
I.5 Notion Défaillance	13
I.5.1 Définition.....	13
I.5.2 Les types de défaillance.....	13
I.5.3 Les modes de défaillance.....	13
I.6 Démarches et méthodes fondamentales d'une approche SdF	14
I.6.1 Analyse fonctionnelle du système	14
I.6.2 Les méthodes d'analyse prévisionnelle des risques.....	15
I.6.2.1 Méthodes inductives/ déductives	15
I.6.2.2 Méthodes qualitatives/ quantitatives.....	15
I.6.2.3 Méthodes statiques/ dynamiques	16
I.6.3 Les méthodes analyse dysfonctionnelle :	16
I.6.3.1 Analyse préliminaire des risques (dangers) :	16
I.6.3.2 AMDE / AMDEC:	18
I.6.3.3 HAZOP :	19
I.6.3.4 Arbre des défaillances.....	21
I.6.3.5 chaîne de Markov :.....	25
I.6.4 Synthèse les avantages et les limites des méthodes d'analyse des risques	28
I.6.5 Critères de choix d'une méthode d'analyse de risque	29
Conclusion.....	31
CHAPITRE II	32
Introduction	33
II.1 Notions de système.....	34
II.2 Notions de sécurité	34
II.3 cadre normatif	35

Sommaire

II.3.1 Norme CEI 61508.....	35
II.3.2 Norme CEI 61511.....	36
II.4 système instrumenté de sécurité.....	37
II.4.1 Définition.....	37
II.4.2 La composition d'un système instrumenté de sécurité.....	37
II.5 Système de sécurité d'incendie.....	39
II.5.1 Détection d'incendie.....	39
II.5.1.1 Les types de détecteurs d'incendie.....	39
II.5.1.1.1 Les détecteurs de fumée.....	39
II.5.1.1.2 Les détecteurs de flamme.....	40
II.5.1.1.3 Les détecteurs de chaleur.....	42
II.5.1.2 Synthèse limites et avantages des détecteurs d'incendie.....	42
II.5.1.3 Les critères de choix d'un détecteur.....	44
II.5.2 L'alarme d'incendie.....	44
II.5.3 extinction d'incendie.....	45
II.5.3.1 les types de feu.....	45
II.5.3.2 Procédés d'extinction.....	45
II.5.3.2.1 Le refroidissement.....	45
II.5.3.2.2 L'étouffement :.....	45
II.5.3.2.3L'inhibition.....	46
II.5.3.2.4 Le transfert.....	46
II.5.3.3 Les moyens d'extinction.....	46
II.5.3.3.1 Eau.....	46
II.5.3.3.2 La mousse.....	47
II.5.3.3.3 Les gaz inertes.....	47
II.5.3.3.4 Les poudres.....	49
Conclusion.....	50

Sommaire

CHAPITRE III.....	51
Introduction :	52
III.1. Présentation du complexe GP1/Z(Arzew) :.....	53
III.1.1. Historique :	53
III.1.2. Situation géographique :	53
III.1.3. Fiche technique :	54
III.1.3.1. Capacité :.....	54
III.1.3.2. Principales installations du complexe :	54
III.1.4. Les zones du complexe GP1/Z :	54
III.1.4.1. Zone procès :	54
III.1.4.2. Zone utilité :	54
III.1.4.3. Zone Stockage Et Chargement :.....	55
III.1.5. Organisation de complexe :.....	56
III.1.5.1. Les départements du complexe GP1/Z :.....	57
III.1.5.1.4. Département de l'approvisionnement :	60
III.2. Généralités sur la turbine à gaz :.....	65
III.2.1. Introduction :.....	65
III.2.2. Historique :	65
III.2.3. Position de la turbine à gaz SULZER S3 :.....	65
III.2.4. Définition de la turbine à gaz :	66
III.2.5. Principe de fonctionnement d'une turbine à gaz :.....	67
III.2.6. Types des Turbines à gaz :.....	67
III.2.6.1. Turbine à un seul arbre « mono arbre » :.....	67
III.2.6.2. Turbine à deux arbres « bi arbre » :.....	67
III.2.7. Les éléments de la turbine à gaz :	68
III.2.8. Système instrumenté de sécurité d'incendie :.....	69
III.2.8.1. Le sprinkler sous eau :.....	70

Sommaire

III.2.8.2. Extincteur à poudre :	70
Conclusion :	72
CHAPITRE IV	73
Introduction	74
Philosophie du système proposé.....	75
IV. 1 Système de sécurité d'incendie proposé.....	75
IV.1.1 Composants du système.....	75
IV.1.2 Principe de fonctionnement de système de CO ₂	76
IV.2 Analyse fonctionnelle.....	78
IV.3 Analyse par Arbre de défaillance	85
IV.3.1 Construction de l'ADD.....	85
IV.3.2 Résultats et discussion	88
IV.3.2.1 L'indisponibilité des sous-systèmes.....	89
IV.3.2.2 Facteurs d'importance.....	89
IV.3.3 Synthèse.....	90
IV.4 Analyse par chaîne de markov	91
IV.4.1 Graphe de Markov 1	92
IV.4.2 Graphe de markov 2.....	93
IV.4.3 Graphe de markov 3.....	94
IV.5 recommandations.....	95
Conclusion	96
Conclusion générale.....	97
Bibliographie :	98
Annexes	102

Liste des tableaux

Liste des tableaux

<i>Tableau I.1:évaluation des niveaux des risques par rapport la probabilité.....</i>	<i>8</i>
<i>Tableau I.2:évaluation des niveaux des risques par rapport la gravité.....</i>	<i>8</i>
<i>Tableau I.3 : Synthèse sur les avantages et les limites des méthodes d'analyse des risques...28</i>	
<i>Tableau II.1 : les limites et avantages des détecteurs d'incendie.....</i>	<i>42</i>
<i>Tableau II.2: synthèse sur les classes de feu et leurs moyens d'extinction.....</i>	<i>49</i>
<i>Tableau IV.1 : composants de système.....</i>	<i>75</i>
<i>Tableau IV.2 : données de (λ, MTTR) des composants.....</i>	<i>85</i>
<i>Tableau IV. 3 : indisponibilité des sous-systèmes à $t=8760h$.....</i>	<i>89</i>
<i>Tableau IV.4 : indisponibilité de système de sécurité d'incendie à $t=8760h$.....</i>	<i>89</i>
<i>Tableau IV.5: facteur d'importance des sous-systèmes.....</i>	<i>89</i>
<i>Tableau IV.6 : facteur d'importance des équipements.....</i>	<i>89</i>
<i>Tableau IV.7 : table de vérité.....</i>	<i>91</i>
<i>Tableau IV.8 : données de (λ , μ) de IR.</i>	<i>91</i>
<i>Tableau IV.9 : résultats de l'indisponibilité par ADD et chaîne de markov.</i>	<i>95</i>

Liste des figures

Liste des figures

<i>Figure I.1: structure générale de la norme ISO 31010</i>	6
<i>Figure I.2: exemple d'une matrice des risques</i>	7
<i>Figure I.3: Fonction associée</i>	10
<i>Figure I.4: Courbe en baignoire</i>	12
<i>Figure I.5 : Métriques de sûreté de fonctionnement</i>	13
<i>Figure I.6 : Tableau type de la méthode APR</i>	18
<i>Figure I.7 : Tableau type de la méthode AMDEC</i>	19
<i>Figure I.8 : Tableau type de la méthode HAZOP</i>	21
<i>Figure I.9 : Elaboration de l'ADD</i>	23
<i>Figure I.10 : Exemple d'une ADD</i>	24
<i>Figure I.11: Exemple de graphe de Markov</i>	26
<i>Figure I.12: Exemple de graphe de Markov à deux états</i>	27
<i>Figure I.13: l'équation de la disponibilité</i>	27
<i>Figure II.1 : Structure générale d'un sis</i>	38
<i>Figure II.2 : Exemple d'un détecteur de fumée optique</i>	39
<i>Figure II.3: Exemple d'un détecteur de fumée ionique</i>	40
<i>Figure II.4: Exemple d'un détecteur de flamme UV</i>	40
<i>Figure II.5: Exemple d'un détecteur de flamme IR</i>	41
<i>Figure II.6: Exemple d'un détecteur de flamme UV et IR</i>	41
<i>Figure II.7 : Exemple d'un détecteur de chaleur</i>	42

Liste des figures

<i>Figure II.8 : Exemple d'un système à eau</i>	47
<i>Figure II.9 : exemple d'un système pour fabriquer la mousse</i>	47
<i>Figure II.10 : exemple d'un système d'extinction par CO₂</i>	48
<i>Figure III.1 : Situation géographique de complexe GP1/Z</i>	53
<i>Figure III.2 : Organigramme du complexe GP1/Z</i>	57
<i>Figure III.3 : Schéma de principe du procédé de GP1/Z</i>	64
<i>Figure III.4 : Turbine à gaz SULZER S3 au niveau de complexe GP1/Z</i>	65
<i>Figure III.5: situation de la turbine à gaz</i>	66
<i>Figure II.6: Schéma d'une turbine à gaz</i>	66
<i>Figure III.7: Turbine à gaz mono arbre</i>	67
<i>Figure III.8 : Turbine à gaz bi arbre</i>	68
<i>Figure III.9 : Schéma des éléments de la turbine à gaz Type S3</i>	69
<i>Figure III.10 : Sprinkler sous eau</i>	69
<i>Figure III.11 : Extincteur à poudre</i>	69
<i>Figure III.12 : sprinkler sous eau</i>	70
<i>Figure III.13 : Instruction d'utilisation d'extincteur à poudre</i>	71
<i>Figure IV.1 : système d'activation.</i>	77
<i>Figure IV.2 : manuel d'activation.</i>	77
<i>Figure IV.3 : vanne de commande directionnelle</i>	78
<i>Figure IV.4 : bouteilles de CO₂.</i>	78
<i>Figure IV.5 : fonction principale du système.</i>	79
<i>Figure IV.6 : analyse fonctionnelle de système.</i>	80

Liste des figures

<i>Figure IV.7 : analyse fonctionnelle de système de détection.</i>	81
<i>Figure IV.8 : analyse fonctionnelle de système d'alarme.</i>	81
<i>Figure IV.9 : analyse fonctionnelle de système d'extinction.</i>	82
<i>Figure IV.10 : analyse fonctionnelle de passage de nitrogène</i>	83
<i>Figure IV.11 : analyse fonctionnelle de déchargement de CO₂</i>	84
<i>Figure IV.12 : ADD de système de détection</i>	86
<i>Figure IV.13 : ADD de système d'extinction</i>	87
<i>Figure IV.14 : ADD de système d'événement redouté</i>	88
<i>Figure IV.15 : Chaîne de markov 1 de système de détection</i>	92
<i>Figure IV.16 : Chaîne de markov 2 de système de détection</i>	93
<i>Figure IV.17 : Chaîne de markov 3 de système de détection</i>	94

Liste des abréviations

Liste des abréviations

ADD : arbre de défaillance

ADE : Arbre d'Événement

AFNOR : Association française de normalisation

AMDE : Analyse des modes de défaillance et de leurs effets

AMDEC : Analyse des modes de défaillance et de leurs effets et de leur criticité

APR : Analyse préliminaire des risques

APTE : cabinet-conseil

BOG : gaz bouillant (Boil Of Gas).

CEI : Commission électrotechnique internationale.

C3 : Propane.

C4 : Butane.

C5 : Pentane.

DCS : système numérique de contrôle-commande (Distributed Control System).

FAST : technique de système d'analyse des fonctions (function analysis system technique)

FDMS : Fiabilité, Disponibilité, Maintenabilité, sécurité

FDS : Sûreté De Fonctionnement

GNL : Gaz Naturel Liquéfié.

GPL : Gaz Pétrolier Liquéfié.

HAZOP : Hazard and opérabilité

ISO : Organisation internationale de normalisation

MDT : durée moyenne d'indisponibilité (Mean Dawn Time)

MTBF : Durée moyenne entre deux défaillances consécutives d'une entité réparée. (Mean Time Between Failure)

MTTF : Durée moyenne de fonctionnement avant la première défaillance (Mean Time To Failure)

MTTR : durée moyenne de réparation (Mean Time To Repair).

MUT : durée moyenne de fonctionnement après réparation (Mean Up Time).

OHSAS : Occupational Health and Safety AssessmentSéries.

SADT : analyse de structure technique de conception (structure analysis design technique)

SDF : Sûreté De Fonctionnement

SEP : Société européenne de propulsion

VHF : Very High Frequency.

Liste des abréviations

UIC : L'Union des Industries Chimiques

Introduction générale

La révolution industrielle a abouti vers un développement des systèmes et matériaux de l'industrie pour suivre son rythme.

L'exécution de ces systèmes avec l'atteinte d'un objectif de conception : zéro accident, zéro arrêt, zéro défaut (et même zéro maintenance) nécessite une science des défaillances qui s'appelle aussi la sûreté de fonctionnement (FDS), cette science a pour objectif d'améliorer les performances des systèmes industrielles afin de garantir leurs fiabilités.

Le complexe de production du gaz pétrole liquéfié (GPL) d'ARZEW, GP1 /Z de l'entreprise nationale SONATRACH qui exporte le GPL au niveau national et international, adopte des installations de production, de transport et séparation de GPL. Ces installations doivent être fiables et disponibles afin d'opter une exploitation maximale de ces capacités. Ceci nous a amené à réaliser une étude FDMS (Fiabilité, Disponibilité, Maintenabilité, Sécurité) de l'une de ces installations du complexe.

Nous avons structuré notre travail en deux essentielles parties: partie théorique est composée par deux chapitres (I, II), partie pratique est constituée de deux chapitres (III, IV).

Dans le premier chapitre nous allons décrire, en premier lieu, les principaux concepts de base de la sûreté de fonctionnement, c'est-à-dire les notions de: fiabilité, disponibilité, maintenabilité et la sécurité selon la norme ISO 31010, en seconde lieu nous allons présenter les différentes méthodes de la sûreté de fonctionnement: quantitative/qualitative, déductive/inductive, statique/dynamique. Les principales étapes de ces méthodes, leurs avantages et leurs limites.

Dans le deuxième chapitre nous allons présenter les notions de système, sécurité selon les normes CEI 61508, CEI 61511, ISA-84. Nous allons aussi identifier les systèmes instrumentés de sécurité et leurs compositions, ainsi que le système de sécurité d'incendie et ses sous-systèmes: de détection, d'alarme et d'extinction.

Dans le troisième chapitre nous allons présenter, le complexe GP1/Z et ses différents départements et procédés de production ainsi que des généralités sur l'unité industrielle choisie la turbine à gaz SULZER type S3 et son système de sécurité incendie.

Introduction générale

Dans le quatrième et le dernier chapitre nous allons présenter un système de sécurité incendie automatique proposé, ainsi qu'une étude FDMS sur ce système par l'analyse fonctionnelle et à l'aide de logiciel Isograph nous allons réaliser: l'arbre de défaillance et chaîne de Markov de système de détection IR3 des différents scénarios pour l'obtention des résultats de l'indisponibilité et fiabilité et les comparais et nous allons conclure notre étude par des recommandations afin d'améliorer les performances de notre système.

CHAPITRE I

Introduction

La sûreté de fonctionnement (Sdf) appelée aussi « la science de défaillance », c'est un domaine d'activité qui propose des moyens pour augmenter la fiabilité et la sûreté dans des délais et avec des coûts raisonnables.

Au cours du 20^{ème} siècle, notamment avec la révolution industrielle, la sûreté de fonctionnement est apparue comme une nécessité dans les différents secteurs d'activités industrielles (chimique, pétrochimique, aéronautique, mécanique.....).

Dans ce chapitre on va aborder:

En premier lieu : le cadre réglementaire de la Sdf consistant à: la norme 31010, la norme

En seconde lieu : les notions de base relative au domaine de la Sdf (fiabilité, disponibilité, maintenabilité, sécurité, défaillance, danger, risque.....).

En dernier lieu : les démarches et les méthodes fondamentales d'une approche Sdf (les méthodes prévisionnelle des risques, analyse fonctionnelle du système, les méthodes d'analyse dysfonctionnelle).

I.1 Normes et cadre réglementaire

I.1.1 ISO 31010

I.1.1.1 Domaine d'application

Des recommandations de sélection et d'application sont données dans la présente Norme internationale. Techniques d'évaluation des risques pour différentes situations. Ces techniques visent à Aider à la prise de décision dans des situations incertaines et fournir des informations pertinentes risques spécifiques et dans le cadre du processus de gestion des risques. Document Résume la portée de la technologie, en référence à d'autres documents, lorsque ceux-ci Les techniques sont décrites plus en détail. [I31]

I.1.1.2 Structure générale

La norme est formée de 5 parties importantes, sont

- Domaine d'application, contexte, critères.
- Appréciation du risque : identification des risques, analyse du risque, évaluation du risque.
- Traitement du risque.
- Surveillance et revue.
- Communication et concertation.
- Enregistrement et consignation.

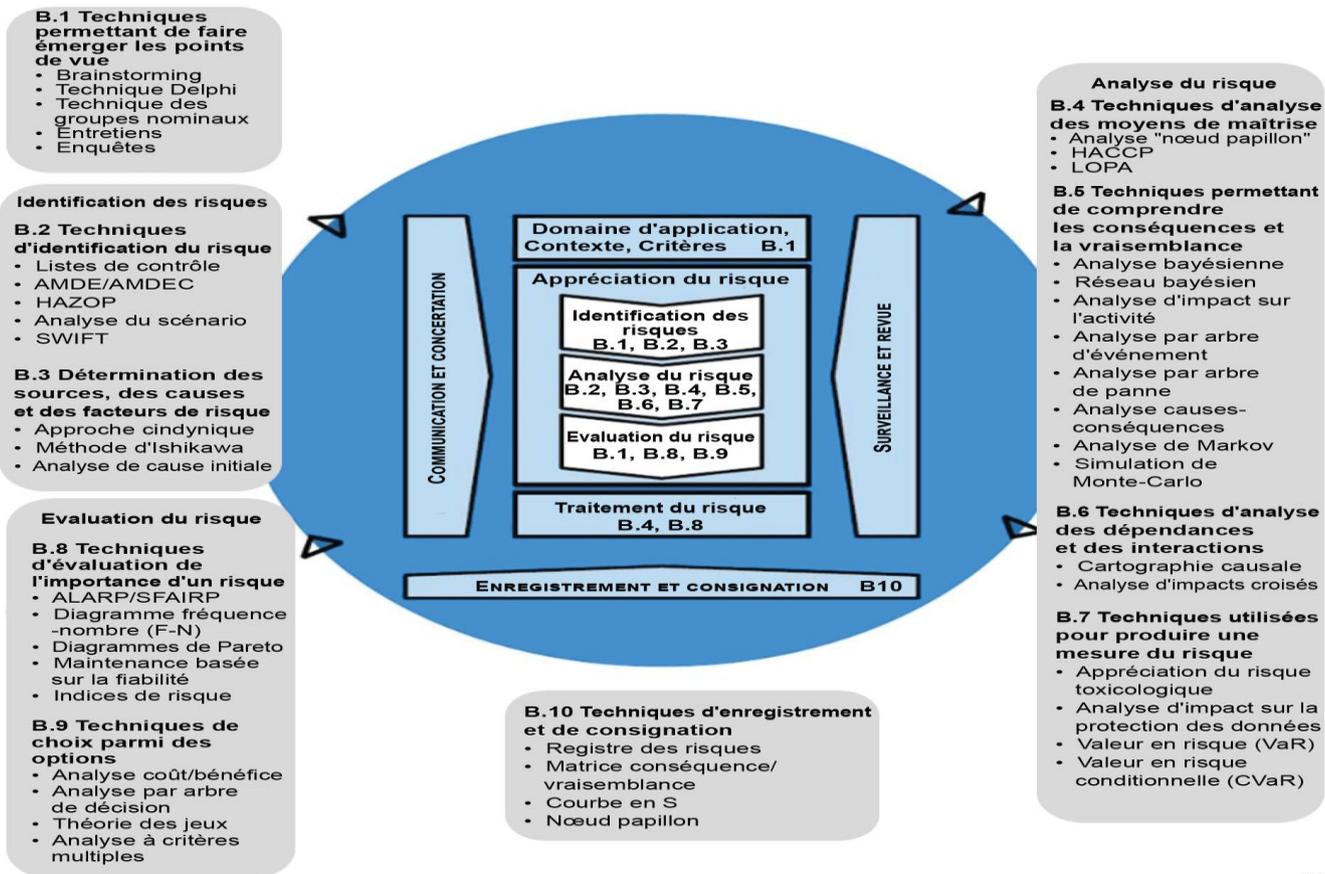


Figure I.1: structure générale de la norme ISO 31010[I31]

IEC

I.1.1.3 Objectifs de la norme

- spécifiques à l'objet de l'appréciation.
- mesurables de manière qualitative ou quantitative.
- réalisables dans la limite des contraintes imposées par le contexte.
- pertinents du point de vue des objectifs plus généraux ou du contexte de l'organisation.
- réalisés dans un délai défini. [I31]

I.2 Notion danger

I.2.1 Définition

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

I.2.2 Phénomènes dangereux et situations dangereuses

Le phénomène dangereux spécifie généralement une source potentielle de dommage. On regroupe Sous ce nom, toutes les sources et tous les facteurs qui ont pu contribuer à la

création le danger. Par conséquent, les arêtes vives sont des éléments dangereux, mais ne causent pas nécessairement le dommage.

Les situations dangereuses sont des personnes, des biens ou Exposition environnementale à un ou plusieurs phénomènes dangereux.

I.3 Notion risque

I.3.1 Définition

Le risque est souvent décrit en termes de sources de risques, d'événements potentiels, de leurs conséquences et de leurs vraisemblances.[I31]

I.3.2 Classification des risques

L'analyse des risques permet de les classer en cinq grandes familles : [MGR10]

- les risques naturels : avalanche, feu de forêt, inondation, mouvement de terrain, cyclone, tempête, séisme et éruption volcanique.
- les risques technologiques : d'origine anthropique, ils regroupent les risques industriels, nucléaires, biologiques, rupture de barrage...
- les risques de transports collectifs (personnes, matières dangereuses) sont des risques technologiques, dont les enjeux varient en fonction de l'endroit de l'accident.
- les risques de la vie quotidienne (accidents domestiques, accidents de la route...);
- les risques liés aux conflits.

I.3.3 la matrice des risques :

La matrice de risques est conçue pour aider à déterminer le niveau de risque de danger particulier en amont la probabilité et la gravité des risques liés à un projet.

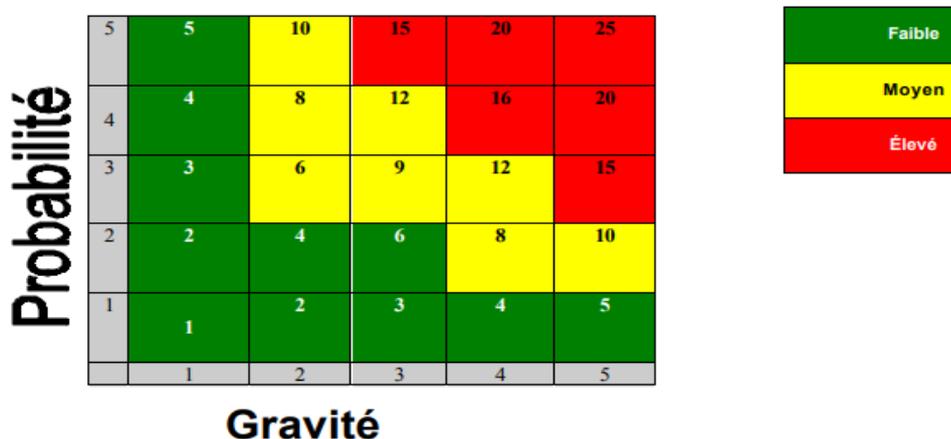


Figure I.2: exemple d'une matrice des risques [RM2]

Les tableaux suivants montrent comment évaluer les niveaux des risques par rapport :

1. la probabilité :

Tableau I.1:évaluation des niveaux des risques par rapport la probabilité [RM2]

Probabilité (P)	
Risque du niveau 1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Contretemps presque impossible.
Risque du niveau 2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incident concevable. (Déjà prévu, possible, mais ne semble pas s'être produit auparavant.)
Risque du niveau 3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ incident qui s'est rarement produit. (Des cas sont connus, mais une fréquence crédible statistiquement ne peut être déterminée)
Risque du niveau 4	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incident qui s'est produit peu souvent. (Il y a moins d'un cas par année, et il est improbable qu'il y en ait un dans les 5 ans.)
Risque du niveau 5	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incident qui s'est produit souvent. (Il y a un cas par année ou plus d'un, et il est probable qu'il y en aura un au cours de la prochaine année.)

2. La gravité :

Tableau I.2:évaluation des niveaux des risques par rapport la gravité [RM2]

Gravité (G)	
Risque du niveau 1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pas de dommage, de blessure ou de conséquence négative.
Risque du niveau 2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Personnel – Blessure exigeant les premiers soins, pas d'invalidité ou de perte de temps. ▪ Public – Conséquence mineure. ▪ Environnement – Émission contenue. ▪ Équipement – Dommage mineur, ralentissement organisationnel potentiel/immobilisation potentielle

Risque du niveau 3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Personnel – Blessure entraînant un arrêt de travail, pas d’invalidité. ▪ Public – Plus qu’une répercussion mineure, perte de confiance/certaine blessure possible. ▪ Environnement – Petite émission non contenue. ▪ Équipement – Dommage mineur, mène à un ralentissement organisationnel/immobilisation mineure.
Risque du niveau 4	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Personnel – Invalidité/blessure grave. ▪ Public – Exposé à un danger qui peut blesser ou blessera. ▪ Environnement – Émission modérée non contenue. ▪ Équipement – Dommage majeur, immobilisation/ralentissement majeur.
Risque du niveau 5	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Personnel – Menace pour la vie, mortel. ▪ Public – Exposé à un danger qui menace la vie. ▪ Environnement – Grosse émission non contenue. ▪ Équipement – Perte d’équipement crucial, ou immobilisation de l’organisme.

I.4 Sûreté de fonctionnement

I.4.1 Définition

Aptitude d’une entité à satisfaire une ou plusieurs fonctions requises dans des conditions données.

On notera que ce concept peut englober la fiabilité, la disponibilité, la maintenabilité, la sécurité, la durabilité... ou des combinaisons de ces aptitudes.

Au sens large, la SdF est considérée comme la science des défaillances et des pannes.

[V97]

La sûreté de fonctionnement est souvent définie comme :

- fiabilité, disponibilité, maintenabilité et sécurité.
- science des défaillances.
- maintien de la qualité dans le temps.

I.4.2 Paramètres de sûreté de fonctionnement [G19][B07][FMD13]

I.4.2.1 Fiabilité $R(t)$

La fiabilité est la probabilité de l'ensemble à réaliser les performances exigées, dans une période spécifique du temps ou à un temps précis sous les conditions demandées.

Elle est généralement désignée par R . D'un point de vue qualitatif, la fiabilité peut être définie comme la capacité de l'article à rester fonctionnel. Quantitativement, la fiabilité spécifie la probabilité qu'aucune interruption de fonctionnement ne se produise pendant une période intervalle de temps. [B07]

- $R(t)$ est une fonction non croissante variant de 0 à 1 sur $[0, +\infty [$.
- $\lim_{t \rightarrow +\infty} R(t) = 0$.
- La dé-fiabilité $F(t)$. Elle est le complément à 1 de la fiabilité: $F(t) = 1 - R(t)$.

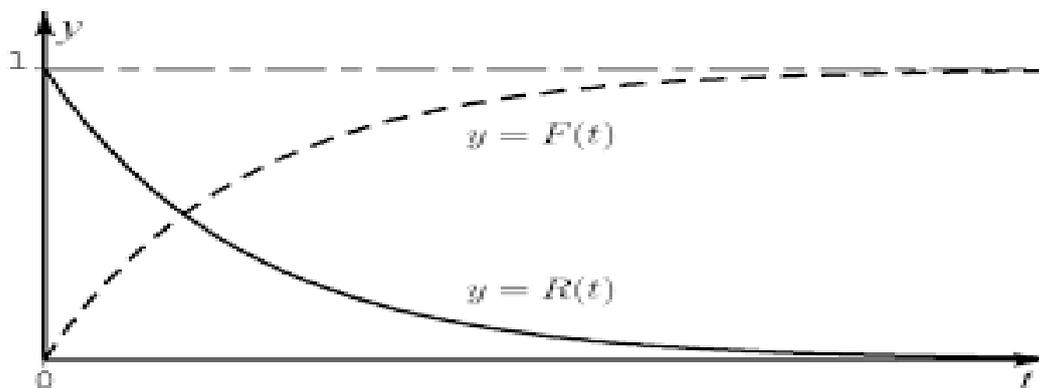


Figure I.3: Fonction associée [FMD13]

Elle peut couvrir les domaines d'activité suivant :

- L'analyse de défaillance des systèmes.
- La fiabilité opérationnelle.
- Les banques de données de fiabilité.
- Les essais de fiabilité.
- La fiabilité prévisionnelle.
- Les méthodes prévisionnelles de fiabilité et de sécurité.
- L'assurance de la fiabilité et de la qualité. [V97]

I.4.2.2 Disponibilité A(t)

La disponibilité est la probabilité qu'un composant ou un système soit en fonction à un certain temps t , dans des conditions opérationnelles et environnementales bien définies, indépendamment de ses défaillances précédentes

- L'Indisponibilité $Q(t)$ est le complément à 1 de la Disponibilité: $Q(t) = 1 - A(t)$

I.4.2.3 Maintenabilité M(t)

Maintenabilité peut être défini comme la capacité d'un élément à être conservé ou restauré dans un état spécifié.

Elle dépend de:

- Le mode de défaillance
- Le plan de maintenance
- La location du support logistique

I.4.2.4 Sécurité

Aptitude d'une entité à ne pas causer de dommages dans des conditions données ou à ne pas faire apparaître, dans des conditions données, des événements critiques ou catastrophiques.

I.4.3. Métriques de la Sûreté de Fonctionnement [G19] [G21]

Les mathématiques peuvent être utilisées pour définir à partir des fonctions $R(t)$ et $M(t)$ de nouvelles grandeurs

- Le taux de défaillance, généralement noté $\lambda(t)$:

Il signifie l'intensité de défaillance en fonction du temps. C'est la probabilité conditionnelle, divisée par dt , de tomber en panne entre t et $t + dt$ sachant qu'au temps t l'entité n'est pas défaillante:

$$\lambda(t) = \frac{-dR(t)/dt}{R(t)}$$

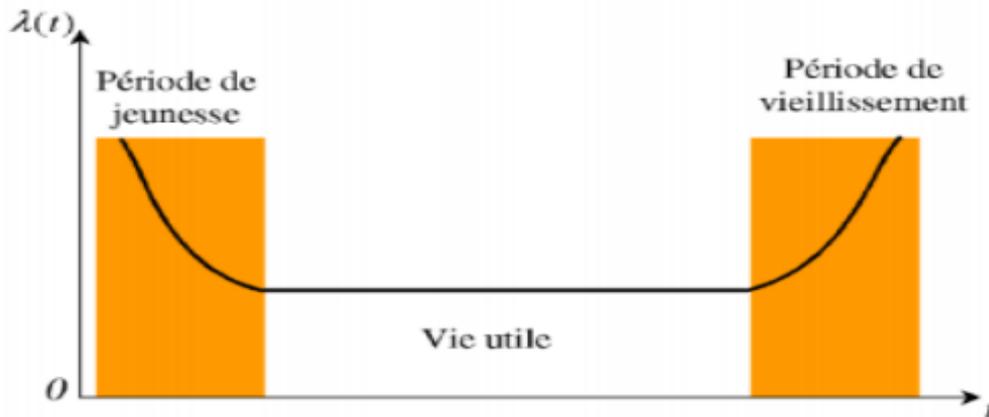


Figure I.4: Courbe en baignoire [E19]

- Le taux de réparation, généralement noté $\mu(t)$:

C'est le nombre de réparations divisé par le temps total passé en réparation.

$$\mu(t) = \frac{-dM(t)/dt}{M(t)}$$

Si on le suppose constant :

$$M(t) = \exp(-\mu t)$$

- MTTF est la moyenne des durées de fonctionnement de l'instant 0 à la première défaillance. (Mean Time To Failure).

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t) d(t)$$

- MTBF est la moyenne des temps séparant deux défaillances consécutives. (Mean Time Between Failure).
- MTTR : durée moyenne de réparation (Mean Time To Repair).

$$MTTR = \int_0^{\infty} (1 - M(t)) dt$$

- MUT : durée moyenne de fonctionnement après réparation (Mean Up Time).
- MDT : durée moyenne d'indisponibilité (Mean Dawn Time). Cette durée comptabilise le temps de détection de la panne, le temps de réparation et la remise en service.
- $MTBF = MDT + MUT$

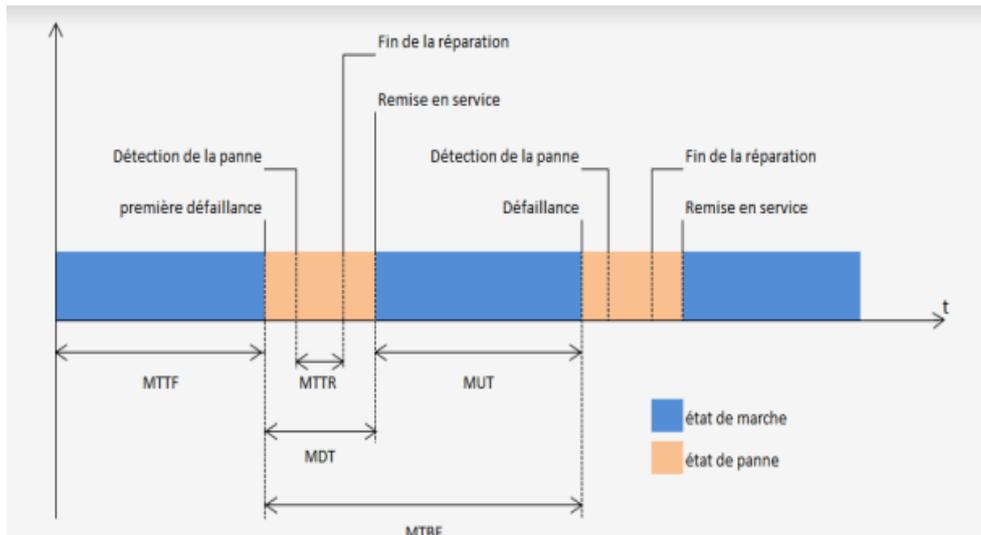


Figure I.5 : Métriques de sûreté de fonctionnement [E19]

I.5 Notion Défaillance

I.5.1 Définition

Fin de l'aptitude d'un dispositif à accomplir sa fonction requise.

I.5.2 Les types de défaillance

- **Le premier type** de défaillance comprend les pannes qui surviennent très tôt dans la vie du composant (Pannes infantiles).
- **Le deuxième type** de défaillance comprend les pannes causées par l'usure des éléments qui constituent le matériel (Les pannes d'usure).
- **Le troisième type** de défaillance ne comprend les pannes purement accidentelles, que ne peuvent éliminer, ni les techniques de mise à l'épreuve, ni la meilleure politique de maintenance.

I.5.3 Les modes de défaillance

- **Défaillance soudaine** : défaillance qui n'aurait pas pu être prévue par un examen antérieur des caractéristiques.
- **Défaillance progressive** : défaillance qui aurait pu être prévue par un examen antérieur des caractéristiques.
- **Défaillance partielle** : défaillance résultant de déviations d'une ou des caractéristiques au-delà des limites spécifiées mais telles qu'elles n'entraînent pas une disparition complète de la fonction requise.
- **Défaillance complète** : défaillance résultant de déviations d'une ou des caractéristiques, telles qu'elles entraînent une disparition de la fonction requise. Les

limites correspondant à cette catégorie sont des limites spéciales spécifiées dans ce but.

- **Défaillance cataleptique** : défaillance qui est à la fois soudaine et complète.
- **Défaillance par dégradation** : défaillance qui est à la fois progressive et partielle.
- **Défaillance d'exploitation** : défaillance causée par le non-respect des règles d'exploitation spécifiées ou par des influences extérieures dépassant les limites prévues dans les conditions d'exploitation du dispositif considéré. [TEF72]

I.6 Démarches et méthodes fondamentales d'une approche SdF

I.6.1 Analyse fonctionnelle du système

Selon la norme AFNOR NF 50-151, l'analyse fonctionnelle est une démarche qui comprend la recherche, l'ordonnancement, la caractérisation, la hiérarchisation et / ou la valorisation des fonctionnalités d'un système.

Remarque :

- **Rechercher ou recenser**: c'est déterminer et identifier les fonctions du système.
- **Caractériser**: Il s'agit d'illustrer les critères d'évaluation en précisant des plages d'acceptation (flexibilité), dont l'une définit le niveau attendu.
- **Ordonner**: c'est classifier les fonctions en fonctions de service et en fonctions techniques.
- **Hiérarchiser**: c'est évaluer l'ordre d'importance des fonctions retenues.
- **Valoriser**: Il s'agit de donner à chaque fonction un poids ou une valeur liée à son importance. [S1] [G19]

L'analyse fonctionnelle est utilisée au début du projet pour créer ou pour améliorer un système. Sa mise en œuvre, privilégie le travail en groupe pluridisciplinaire, ce qui catalyse les compétences et permet d'obtenir les consensus entre tous les métiers concernés.

Des méthodes issues des techniques de l'analyse de la valeur et de l'analyse fonctionnelle sont utilisables pour décrire les phases de conception et l'exploitation d'un système industriel (méthodes FAST, RELIASEP®, APTE®, SADT®...).

Méthode FAST (function analysis system technique): imaginée par l'américain Charles W, elle est couramment employée en matière d'analyse de la valeur. Elle présente l'avantage d'ordonner les fonctions suivant un ordre logique; elle contribue à la déification de l'état fonctionnel du produit et à la rédaction finale de CdCF (cahier des charges fonctionnel).

Méthode RELIASEP: La Société européenne de propulsion (SEP), maître d'œuvre de la propulsion du lanceur européen, a développé une méthodologie appelée « arbre fonctionnel », afin de prendre en compte les exigences de Sûreté de fonctionnement à toutes les étapes de la vie d'un produit et cela à moindre coût. Cette méthode présente l'ensemble des liaisons entre les fonctions, performances, contraintes et caractéristiques du matériel à l'aide d'une structure arborescente.

Méthode SADT (structure analysis design technique): est une méthode d'analyse et de conception des systèmes importants et complexes en facilitant la communication entre spécialistes de disciplines différentes.

Méthode APTE: a été développé par Le cabinet-conseil APTE, cette méthode rassemblant un ensemble formalisé de concepts, de logiques de raisonnement et d'outils méthodologiques qui associe des approches fonctionnelle, systémique, qualitative et économique, interdisciplinaire et participative.

I.6.2 Les méthodes d'analyse prévisionnelle des risques

I.6.2.1 Méthodes inductives/ déductives

Les méthodes qui décrivent un lien de causalité partent de la cause à l'effet, on les dit **inductives** ou partent de l'effet pour remonter à la cause, nous appelée **déductives**. L'un exclut l'autre, mais une approche par une méthode inductive est judicieusement complétée par une approche déductive et réciproquement. [Y12] [G19] [E19]

Exemple :

- Méthodes inductives : AMDEC, chaîne de Markov.
- Méthodes déductives : ADD.

I.6.2.2 Méthodes qualitatives/ quantitatives

La méthode **qualitative** consiste à identifier les caractéristiques du système et les scénarios possibles avec une analyse qualitative. Par contre la méthode **quantitative** consiste à la caractérisation numérique du système à analyser.

Remarque : Il n'y a pas de recherche de quantification sans analyse qualitative. Par contre il peut y avoir analyse qualitative sans quantification. [Y12] [G19] [E19]

Exemple :

- Méthodes qualitatives : AMDEC, HAZOP.
- Méthodes quantitatives : ADD, ADE, chaîne de Markov

I.6.2.3 Méthodes statiques/ dynamiques

Les méthodes statiques permettent d'analyser le système d'un point de vue structurel. Cela est obtenu grâce au modèle mathématique booléen sous-jacent qui est un modèle statique car il ne contient pas de modélisation des interrelations temporelles agissant au sein du système modélisé, contrairement aux méthodes dynamiques qui permettent la prise en compte de ses aspects. [G19] [E19]

Exemple :

- Méthodes statiques : AMDEC, ADD, ADE
- Méthodes dynamiques : chaîne de Markov, réseau Bayésien dynamique.

I.6.3 Les méthodes analyse dysfonctionnelle :

I.6.3.1 Analyse préliminaire des risques (dangers) :

Historique et domaine d'application:

L'Analyse Préliminaires des Risques (Dangers) a été développée au début des années 1960 dans les domaines aéronautiques et militaires. Elle a ensuite été généralisée à de nombreuses industries après que L'Union des Industries Chimiques (UIC) recommande son utilisation en France depuis le début des années 1980.

L'APR est une méthode d'usage très général couramment utilisée pour l'identification des risques au stade préliminaire de la conception d'une installation ou d'un projet. En conséquence, cette méthode ne nécessite généralement pas une connaissance approfondie et détaillée de l'installation étudiée.

En ce sens, elle est particulièrement utile dans les situations suivantes :

- Au stade de la conception d'une installation, lorsque la définition précise du procédé n'est pas encore effectuée. Elle fournit une première analyse de sécurité donc elle permet également de choisir les équipements les mieux adaptés.
- Dans le cas d'une installation complexe existante, au niveau d'une démarche d'analyse des risques. Elle peut ainsi être complétée par une méthode de type AMDEC, HAZOP ou arbre des défaillances par exemple. [R7] [E19]

Objectifs et principe:

La démarche APR peut prendre des formes extrêmement diverses. Néanmoins, sous des apparences variées, on retrouve systématiquement trois phases qui sont aussi trois objectifs :

- Identification des dangers, des événements redoutés à prendre en compte;
- Evaluation et classement des risques associés ;
- Propositions des mesures de couverture des risques.

Déroulement:

La méthode développée par l'utilisation d'un tableau de synthèse pour mener la réflexion et résumer les résultats de l'analyse (voir figure....). Le groupe de travail adopte une démarche systématique sous la forme suivant : [R7]

- Sélectionner le système ou la fonction à étudier sur la base de la description fonctionnelle réalisée.
- Choisir un équipement ou produit pour ce système ou cette fonction (colonne 2).
- Pour cet équipement, considérer une première situation de dangers (colonne 3)
- Pour cette situation de dangers, envisager toutes les causes et les conséquences possibles (colonnes 4 et 5).
- Pour un enchaînement cause-situation de danger-conséquences donné, identifier alors les barrières de sécurité existantes sur l'installation (colonne 6)
- Si le risque ainsi estimé est jugé inacceptable, formuler des propositions d'améliorations en colonne 7. La dernière colonne (colonne 8) est réservée à d'éventuels commentaires. Elle est particulièrement importante pour faire apparaître les hypothèses effectuées durant l'analyse ou les noms de personnes devant engager des actions complémentaires.
- Envisager alors un nouvel enchaînement cause-situation de danger-conséquences pour la même situation de danger et retourner au point 5).
- Si tous les enchaînements ont été étudiés, envisager une nouvelle situation de danger pour le même équipement et retourner au point 4).
- Lorsque toutes les situations de dangers ont été passées en revue pour l'équipement considéré, retenir un nouvel équipement et retourner au point 3) précédent.
- Le cas échéant, lorsque tous les équipements ont été examinés, retenir un nouveau système ou fonction et retourner au point 2).

Fonction ou système :									Date :	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
N°	Produit ou équipement	Situation de danger	Causes	Conséquences	C ₀ *	Mesures de sécurité existantes	P*	G*	Propositions d'améliorations	Observations

*C₀ : gravité a priori ; P : probabilité ; G : gravité.

Figure I.6 : Tableau type de la méthode APR [R7]

I.6.3.2 AMDE / AMDEC :

Historique et domaine d'application :

L'analyse des modes de défaillance et leurs effets (AMDE) à été employée par la première fois dans le domaine de l'industrie aéronautique durant les années 1960.

Son utilisation s'est depuis largement répandue à d'autres secteurs d'activités tels que l'industrie chimique, pétrolière ou le nucléaire.

Objectifs et principe :

L'analyse des modes de défaillance et leurs effets repose notamment sur les concepts de : [R7]

- Défaillance : soit la cessation de l'aptitude d'une unité fonctionnelle à accomplir une fonctionne requise.
- Mode de défaillance : soit l'effet par lequel une défaillance est observée sur un élément de système.
- Cause de défaillance : soit l'anomalie pouvant conduire à la défaillance.
- Effet de la défaillance : ce sont les conséquences subies par l'utilisateur.

Lorsqu'il est nécessaire d'évaluer la criticité de la défaillance (moyen de déterminer l'acceptabilité de la situation par combinaison des plusieurs facteurs) l'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) y ajoute une évaluation semi-quantitative de la criticité.

Déroulement :

De manière très schématique, une AMDEC se déroule sous la forme suivante :

- Dans un premier temps, choisir un élément ou composant du système.
- Retenir un état de fonctionnement (fonctionnement normal, arrêt.....)
- Pour cet élément ou composant et pour cet état, retenir un premier mode de défaillance.
- Identifier les causes de ce mode de défaillance ainsi que ses conséquences tant au niveau de voisinage du composant que sur tout le système.
- Examiner les moyens permettant de détecter le mode de défaillance d'un part, et ceux prévus pour un prévenir l'occurrence ou en limiter les effets.
- Procéder l'évaluation de la criticité de ce mode de défaillance en terme de probabilité et de gravité.
- Prévoir des mesures ou moyens supplémentaires si l'évaluation du risque en montre la nécessité.
- Vérifier que le couple (probabilité, gravité) peut être jugé comme acceptable.
- Envisager un nouveau mode de défaillance et reprendre l'analyse au point 4.
- Lorsque tous les modes de défaillance ont été examinés, envisager un nouvel état de fonctionnement et reprendre l'analyse au point 3.
- Lorsque tous les états de fonctionnement ont été considérés, choisir un nouvel élément ou composant du système et reprendre l'analyse au point 2.

Dans les faits, il est intéressant de se doter de tableaux tant en qualité de support pour mener la réflexion que pour la présentation des résultats (voir *Figure I.7*)

Fonctions ou système :							Date :			
Equipement repère	Fonctions, états	Modes de défaillance	Causes de défaillance	Effet locale	Effet final	Moyen de détection	Dispositions compensatoires	P	G	remarques

P : probabilité, G : gravité

Figure I.7 : Tableau type de la méthode AMDEC [R7]

I.6.3.3 HAZOP :

Historique et domaine d'application:

La méthode HAZOP, pour HAZard OPereability, a été développée par la société Imperial Chemical Industries (ICI) au début des années 1970. Elle a depuis été adaptée dans différents secteurs d'activité utilisant des systèmes thermo-hydrauliques (chimie, pétrochimie....).

En 1974, l'industrie chimique vit sa plus grande catastrophe lorsqu'une explosion libère dans l'atmosphère de Flixborough, en Grande-Bretagne, un nuage de 40 tonnes de cyclohexane, qui fait 28 morts et 89 blessés. La méthode HAZOP va alors se répandre dans de nombreuses industries à risques (notamment dans la chimie et la pétrochimie, le nucléaire ou encore les transports)

L'Union des industries chimique (UIC) a publié en 1980 une version française de cette méthode dans son cahier de sécurité N°2 intitulé « Etude de sécurité sur schéma de circulation des fluides ». [R7]

Objectifs et principe :

La méthode de type HAZOP est dédiée à l'analyse des risques des systèmes thermo-hydrauliques pour lesquels il est primordial de maîtriser des paramètres comme la pression, la température, le débit...

L'HAZOP ne considère plus des modes de défaillance mais les dérives potentielles (ou déviations) des principaux paramètres liés à l'exploitation de l'installation. De ce fait, elle est centrée sur l'installation. Pour chaque partie constitutive du système examiné (ligne ou maille), la génération (conceptuelle) des dérivés est effectuée de manière systématique par la conjonction de :

- Mots guides : "pas de", "plus de", "moins de", "trop de".
- Paramètres associés au système étudié. Des paramètres couramment rencontrés concernent la T, P, le débit, la concentration, mais également le temps ou des opérations à effectuer. [M12] [R7]

Déroulement:

Le déroulement d'une étude HAZOP est sensiblement similaire à celui d'une AMDE (voir figure...). Il convient, pour mener l'analyse, de suivre les étapes suivantes : [M12] [R7]

- Dans un premier temps, choisir une ligne ou une maille. Elle englobe généralement un équipement et ses connexions, l'ensemble réalisant une fonction dans le procédé identifiée au cours de la description fonctionnelle.
- Choisir un paramètre de fonctionnement.
- Retenir un mot-clé et étudier la dérive associée.
- Vérifier que la dérive est crédible. Si oui, passer au point 5, sinon revenir au point 3.
- Identifier les causes et les conséquences potentielles de cette dérive.

- Examiner les moyens visant à détecter cette dérive ainsi que ceux prévus pour en prévenir l’occurrence ou en limiter les effets.
- Proposer, le cas échéant, des recommandations et améliorations.
- Retenir un nouveau mot-clé pour le même paramètre et reprendre l’analyse au point 3.
- Lorsque tous les mots-clés ont été considérés, retenir un nouveau paramètre et reprendre l’analyse au point 2.
- Lorsque toutes les phases de fonctionnement ont été envisagées, retenir une nouvelle ligne et reprendre l’analyse au point 1.

Date :								
Ligne ou équipement :								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
N°	Mot clé	Paramètre	Causes	Conséquences	Détection	Sécurités existantes	Propositions d'amélioration	Observations

Figure I.8 : Tableau type de la méthode HAZOP [R7]

La démarche présentée ici est globalement cohérente avec la démarche présentée dans la norme CEI 61882 « Etude de danger et d’exploitabilité (études HAZOP)_ Guide d’application ».[R7]

I.6.3.4 Arbre des défaillances

Historique et domaine d’application

L’analyse par arbre des défaillances fut historiquement la première méthode mise au point en vue de procéder à un examen systématique des risques. Elle a été élaborée au début des années 1960 par la compagnie américaine Bell Téléphone et fut expérimentée pour l’évaluation de la sécurité des systèmes de tir de missiles.

Visant à déterminer l’enchaînement et les combinaisons d’évènements pouvant conduire à un événement redouté pris comme référence, l’analyse par arbre des défaillances est maintenant appliquée dans de nombreux domaines tels que l’aéronautique, le nucléaire, l’industrie chimique, ...

Elle est également utilisée pour analyser a posteriori les causes d’accidents qui se sont produits. Dans ces cas, l’événement redouté final est généralement connu car observé. On parle alors d’analyse par arbre des causes, l’objectif principal étant de déterminer les causes réelles qui ont conduit à l’accident. [R7] [G19]

Objectifs et principe

L'analyse par arbre de défaillances est une méthode de type déductif. En effet, il s'agit, à partir d'un événement redouté défini a priori, de déterminer les enchaînements d'évènements ou combinaisons d'évènements pouvant finalement conduire à cet événement. Cette analyse permet de remonter de causes en causes jusqu'aux évènements de base susceptibles d'être à l'origine de l'évènement redouté.

Quelle que soit la nature des éléments de base identifiés, l'analyse par arbre des défaillances est fondée sur les principes suivants :

- Ces évènements sont indépendants.
- Ils ne seront pas décomposés en éléments plus simples faute de renseignements, d'intérêt ou bien parce que cela est impossible.
- Leur fréquence ou leur probabilité d'occurrence peut être estimée.

Les liens entre les différents évènements identifiés sont réalisés grâce à des opérateurs logiques « OU » et « ET » ou des fractions « p/n » comme 2/3, 3/4, 3/5, etc.

Cette méthode utilise une représentation graphique qui permet de présenter les résultats dans une structure arborescente.

À l'aide de règles mathématiques et statistiques, il est alors théoriquement possible d'évaluer la probabilité d'occurrence de l'évènement final à partir des probabilités des évènements de base identifiés.

L'analyse par arbre des défaillances d'un événement redouté peut se décomposer en trois étapes successives :

- Définition de l'évènement redouté étudié.
- Élaboration de l'arbre.
- Exploitation de l'arbre.

Il convient d'ajouter à ces étapes, une étape préliminaire de connaissance du système. Nous verrons que cette dernière est primordiale pour mener l'analyse et qu'elle nécessite le plus souvent une connaissance préalable des risques. [E19] [R7]

Définition de l'événement redouté

La définition de l'événement final, qui fera l'objet de l'analyse, est une étape cruciale pour la construction de l'arbre. On conçoit que plus cet événement est défini de manière précise, plus simple sera l'élaboration de l'arbre des défaillances. Par ailleurs, s'agissant d'une méthode qui peut se révéler rapidement lourde à mener, elle doit être réservée à des événements jugés particulièrement critiques.

Elaboration de l'arbre

La construction de l'arbre des défaillances vise à déterminer les enchaînements d'événements pouvant conduire à l'événement final retenu. Cette analyse se termine lorsque toutes les causes potentielles correspondent à des événements élémentaires. L'élaboration de l'arbre des défaillances suit le déroulement suivant :

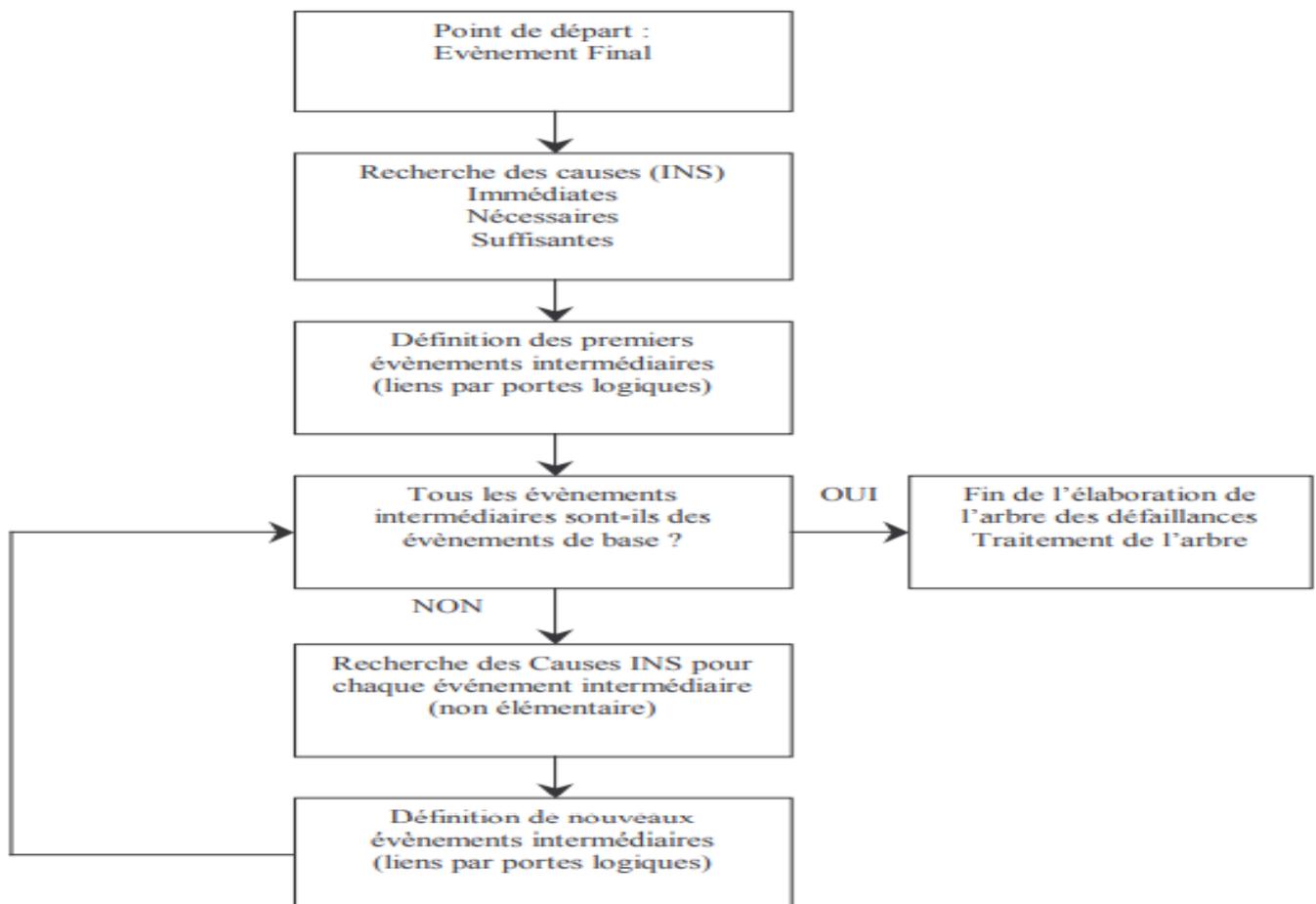


Figure I.9 : Elaboration de l'ADD [R7]

Il est nécessaire de respecter certaines règles supplémentaires à observer durant la construction de l'arbre :

- Vérifier que le système est cohérent.
- S'assurer que tous les événements d'entrée d'une porte logique ont bien été identifiés avant d'analyser leurs causes respectives.
- Eviter de contacter directement deux portes logiques.
- Ne sélectionner que les causes antérieures à l'existence de l'évènement considéré.

L'application de ses règles aux réflexions menées au sein d'un groupe de travail conduit à la construction d'un arbre de la forme suivante:

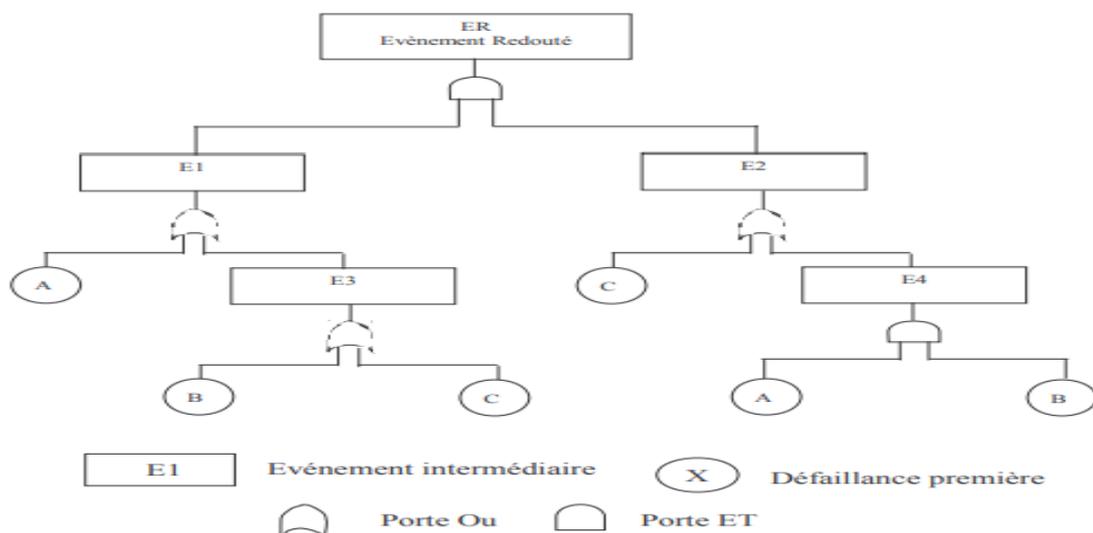


Figure I.10 : Exemple d'une ADD [R7]

Exploitation de l'arbre des défaillances

L'analyse par arbre des défaillances permet d'estimer la probabilité d'occurrence d'un événement et de s'assurer que toutes les mesures possibles ont effectivement été envisagées en vue de prévenir le risque associé à cet événement. À la différence des méthodes inductives présentées précédemment, l'arbre des défaillances est directement conçu afin de pouvoir considérer des combinaisons de défaillances et de vérifier que toutes les causes potentielles ont bien été prises en compte.

Cette exploitation de l'arbre des défaillances peut être réalisée de manière qualitative et quantitative. Elle nécessite au préalable de traiter les résultats fournis au cours de la construction de l'arbre. Dans l'exemple précédent (Figure I.10), les événements A, B et C apparaissent plusieurs fois dans l'arbre : il n'y a donc pas indépendance des événements de

base. Ainsi, il est indispensable d'éliminer ces fausses redondances préalablement à l'exploitation de cet arbre.

L'élimination des fausses redondances fait appel aux notions de coupes minimales et de réduction d'arbres. (Voir l'annexe.....) [Y03][R7]

Facteur d'importance diagnostic : est la probabilité pour que le composant e soit en panne sachant que le système est en panne. Ce facteur tient son nom de son utilité dans le diagnostic des causes de défaillance d'un système.

Enfin signalons que ce facteur représente la part des coupes dans lesquelles apparaît au moins une fois l'événement de base e , il indique alors le gain en disponibilité que l'on peut attendre sur le système global, résultant d'une fiabilisation totale de e .

Cet indicateur est notamment précieux dans la phase de conception d'un système, là où des modifications fonctionnelles et/ou de design importantes peuvent intervenir, et faire varier le risque associé à un système dans d'importantes proportions.

I.6.3.5 chaîne de Markov :

Historique et domaine d'application

L'approche markovienne est la doyenne, donc la plus connue et la plus utilisée dans le domaine du la sdf, des méthodes mises en œuvre pour le traitement probabiliste des systèmes se comportant dynamiquement.

Les chaînes de Markov ou méthode de l'espace des états (MEE) ont été développées dans les années 50. [E19] [J12]

Principe

Elle entre dans la classe des « approches analytiques par états » basées sur l'identification des différents états du système concerné (états des composants, et mode de fonctionnement du système) et toutes les transactions possibles entre ces états par un support appelée graphe d'états (graphe de Markov).

Le graphe des états permet de visualiser les différents états d'un système qui sont représentées par des cercles et reliés entre eux par des arcs orientés qui correspondent aux transitions (pannes et réparations) entre états. [G19] [E19] [J12]

Déroulement

La construction du graphe de Markov, relatif à un système constitué d'un ensemble de composants, s'effectue comme suit [E19] [GR2]:

- Définition des différents états possibles de chaque composant.

- Identification des différents états que le système peut occuper au cours de son exploitation, ce système est supposé réparable et chaque composant est réparé après constatation de la panne. Le système est donc composé :
 - Des états de fonctionnement : un état de bon fonctionnement où tous les composants fonctionnent, et des états où certains composants sont en panne mais le système reste fonctionnel,
 - Des états de pannes : où suffisamment de composants sont en panne pour affecter le système global.
- Construction du graphe de Markov proprement dit :
 - représentation de chacun des états par un cercle,
 - représentation des transitions entre les états par des flèches : chaque transition symbolise la façon dont le système saute (évolue) d'un état (état de départ E_i) vers un autre (état d'arrivée E_j). À chaque transition est associé un taux défini par la probabilité conditionnelle d'occurrence de la transition : $a_{ij}(t) dt = P(E(t+dt) = E_j | E(t) = E_i)$.
 - Taux de transition :
 - $a_{ij} = \lambda$: Si la transition est une défaillance en fonctionnement ;
 - $a_{ji} = \mu$: Si la transition est une réparation ;
- Les graphes de Markov sont couramment utilisés pour étudier la fiabilité des systèmes réparables. Le modèle associe une représentation graphique et une écriture matricielle (matrice de transition).

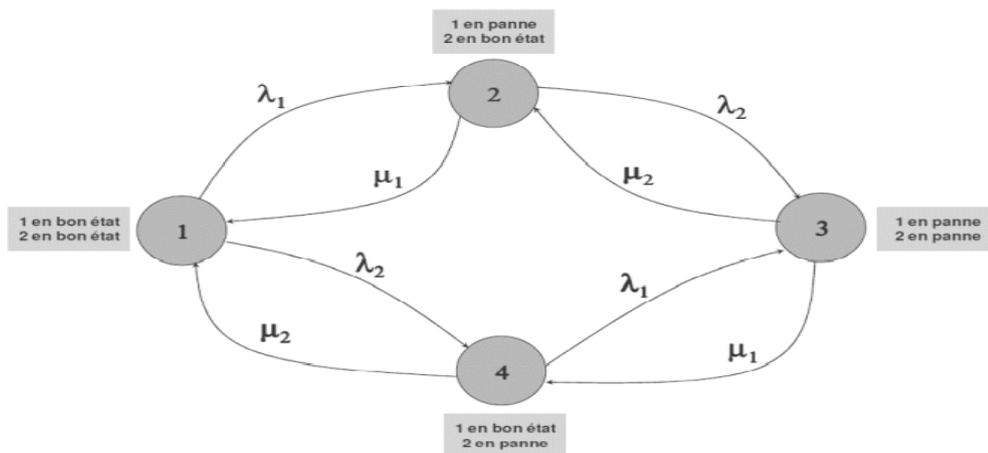


Figure I.11: Exemple de graphe de Markov [G19]

Exploitation quantitatif de graphe

On considère le système simple à deux états présentés à la figure I...[E19] [GR2]:

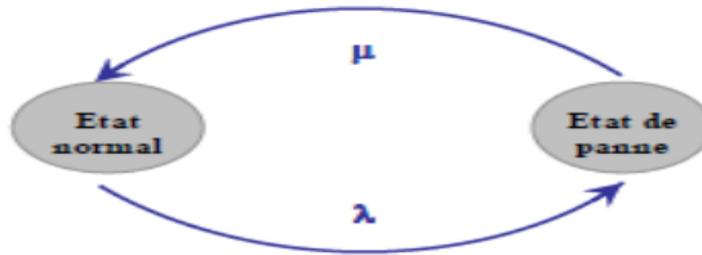


Figure I.12: Exemple de graphe de Markov à deux états[E19]

Conditions initiales : $P(0) = (1, 0) \Leftrightarrow$ au départ le système fonctionne $P_1(0) = 1$ et $P_2(0) = 0$. Rappel :

$$\sum P_i = 1 \text{ ou } \sum (i=1; 2) = \sum P_1 + P_2 = 1 \Rightarrow \text{ici } P_1 + P_2 = 1 \forall t \text{ ou } P_1 + P_2 = 0$$

$$P_1(t + dt) = P_1(t) \times (1 - \lambda dt) + P_2(t) \times \mu dt$$

$$P_2(t + dt) = P_1(t) \times \lambda dt + P_2(t) \times (1 - \mu dt)$$

Sous forme matricielle, on obtient :

$$\begin{bmatrix} P_1(t + dt) \\ P_2(t + dt) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_1(t) \\ P_2(t) \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} -\lambda dt & \lambda dt \\ \mu dt & -\mu dt \end{bmatrix}$$

$$\Rightarrow P(t + dt) = P(t) \times M$$

Où $M = \begin{bmatrix} -\lambda dt & \lambda dt \\ \mu dt & -\mu dt \end{bmatrix}$: est la matrice des probabilités qui caractérise le système.

Evaluation de disponibilité

L'équation de la disponibilité présente dans la figure suivante [GR2]:

$$A(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} - \frac{\mu(1 - A(0)) - \lambda A(0)}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t}$$

Composant disponible à $t = 0$ ($P_1(0) = 1$) :

$$A(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t}$$

Composant indisponible à $t = 0$ ($P_1(0) = 0$) :

$$A(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} [1 - e^{-(\lambda + \mu)t}]$$

Figure I.13: l'équation de la disponibilité [GR2].

Avantages et limites :

- Possibilité de prendre en compte les systèmes complexes avec des redondances.
- Méthode très utile pour évaluer la disponibilité, la fiabilité et la maintenabilité des systèmes réparables.

- Représentation difficile pour les systèmes de grande taille.
- Calculs numériques complexe.

I.6.4 Synthèse les avantages et les limites des méthodes d'analyse des risques

Le Tableau suivant présente les avantages et les limites des méthodes d'analyse des risques utilisés pour élaborer ce travail. [G19] [R7] [E19]

Tableau I.3 : Synthèse sur les avantages et les limites des méthodes d'analyse des risques

Méthode	Avantages	Limites
AMDEC	<p>Analyse qualitative et quantitative rigoureuse et précise.</p> <p>Intègre différentes notions liées à la sécurité (maintenabilité, fiabilité.....).</p> <p>Elles permettent d'identifier les modes de défaillance, leurs causes et leurs effets sur le système.</p> <p>Les résultats de l'AMDEC sont spécifiquement détaillés et présentés dans un format lisible.</p> <p>Il peut accompagner quasiment tout le cycle de vie du développement d'un système : conception, validation, test, etc.</p>	<p>Inadaptée pour système très informatisé, elle est particulièrement pertinente appliquée aux systèmes mécaniques et/ou analogiques.</p> <p>Ne permet pas de détecter les défaillances multiples, l'AMDEC peut uniquement être utilisée pour identifier les modes de défaillance unique.</p> <p>L'analyse est complétée par d'autres méthodes telles que les arbres de défaillances.</p> <p>Difficultés pour déterminer « à quel niveau doit s'arrêter l'analyse ».</p>

<p>ADD</p>	<p>Le principal avantage de l'arbre des défaillances est qu'elle permet de considérer des combinaisons d'évènements pouvant conduire in fine à un évènement redouté. Cette possibilité permet d'avoir une vision globale et logique du fonctionnement et dysfonctionnement d'un système.</p> <p>Par ailleurs, en visant l'estimation des probabilités d'occurrence des</p>	<p>La méthode exige une parfaite connaissance des scénarios évènementiels et donc du fonctionnement du système et de son interaction avec son environnement.</p> <p>L'analyse par arbre des défaillances porte sur un évènement particulier et son application sur tout un système peut s'avérer fastidieuse. En ce sens, il est conseillé de mettre en œuvre au</p>
	<p>évènements conduisant à l'évènement final, elle permet de disposer de critères pour déterminer les priorités pour la prévention d'accident potentiels.</p> <p>L'analyse peut prendre en compte les défaillances multiples et de cause commune.</p>	<p>préalable des méthodes inductives d'analyse des risques.</p> <p>Cette méthode est efficace pour analyser de petits systèmes. L'analyse d'un système complexe nécessiterait sa décomposition en plusieurs sous-systèmes.</p>
<p>Chaine de markov</p>	<p>Possibilité de prendre en compte les systèmes complexes avec des redondances. Méthode très utile pour évaluer la disponibilité, la fiabilité et la maintenabilité des systèmes réparables.</p>	<p>Représentation difficile pour les systèmes de grande taille.</p> <p>Calculs numériques complexe.</p>

L.6.5 Critères de choix d'une méthode d'analyse de risque

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

- Domaine de l'étude.
- Stade de l'étude (spécification, conception, ..., démantèlement).
- Perception du risque dans ce domaine.
- Culture de la Sûreté de Fonctionnement de l'organisation.

- Caractéristiques du problème à analyser.
- Niveau envisagé de la démonstration de la sécurité.
- Savoir-faire des intervenants.
- Nature des informations disponibles (spécifications du système et de ses interfaces, contraintes, etc.).
- Retour d'expérience et base de données disponibles.
- Moyens humains, logistiques et autres.
- Délais et autres contraintes de management de projet.

Toutefois, l'utilisation séparée d'une seule méthode d'analyse de risque peut ne pas apporter une démonstration définitive de la réalisation des objectifs de sécurité. En effet, il est nécessaire de combiner plusieurs méthodes pour une meilleure complétude et une bonne cohérence en termes de résultats. [G19]

Conclusion

La norme ISO31010 a un rôle important dans le développement de la sûreté de fonctionnement.

Les méthodes de risques sont nombreux et variés (inductive, déductive, qualitative, quantitative, statique, dynamique), cette variété facilite l'identification des risques ainsi que les modes de défaillance pendant la durée de vie de l'équipement, elles aident aussi d'éviter ces risques par des mesures pour garantir la disponibilité du système. Parmi ces méthodes on a mentionné ci-dessus : Analyse préliminaire des risques (dangers), AMDE / AMDEC, HAZOP, Arbre des défaillances, chaîne de Markov.

La complexité croissante des systèmes industriels au cours de ce dernier siècle nous amène à adopter la sûreté de fonctionnement pour optimiser ces performances et les mettre en sécurité, dans le chapitre suivant nous allons présenter un de ces systèmes.

CHAPITRE II

Introduction

En raison d'une sensibilisation accrue en matière de sécurité, il est primordial de mettre en œuvre des moyens de prévention et de protection pour la réduction des risques omniprésents. Ces moyens sont nombreux et variés, tels que les équipements de protection collective (EPC), individuelle (EPI), de l'environnement (EPE) et les systèmes instrumentés de sécurité (SIS), ces derniers sont de plus en plus répandus en raison de plusieurs facteurs relatifs à la santé, à la sécurité et à l'environnement.

Dans ce chapitre, on va aborder :

En premier lieu : les différentes caractéristiques des systèmes instrumentés de sécurité, compris le cadre normatif.

En second lieu : le système de sécurité d'incendie et ses principales fonctions :

- La détection d'incendie (les différents types de détecteurs).
- L'alarme d'incendie.
- L'extinction d'incendie (les procédés et les moyens d'extinction).

II.1 Notions de système

Selon la norme CEI 61508 et AFNOR un système est un ensemble d'éléments qui interagissent selon un modèle précis, un élément pouvant être un autre système, appelé sous-système (ensemble de composant (mécanique, électromécanique, électronique, ...)), les sous-systèmes pouvant être eux-mêmes soit un système de commande soit un système commandé composé de matériel, des composants.

Plusieurs définitions ont été proposées pour le mot système. La plus générale est celle proposée par J. L. Le Moigne, qui considère un système comme : " un objet doté de finalité qui, dans un environnement, exerce une activité et voit sa structure interne évoluer au fil du temps, sans qu'il perde pourtant son identité ". Selon cet auteur, un système peut être vu donc comme :

- Quelque chose (n'importe quoi présumé identifiable),
- Qui fait quelque chose (activité, fonctionnement),
- Dans quelque chose (environnement),
- Pour quelque chose (finalité, projet),
- Par quelque chose (structure = support de l'activité),
- Et qui se transforme dans le temps (évolution). [HT15] [E07]

II.2 Notions de sécurité

Selon la norme CEI 61508 et AFNOR la sécurité est une aptitude d'une entité à éviter de faire apparaître dans des conditions données, des événements critiques ou catastrophiques.

Et suivent le guide ISO/CEI 73 sur la terminologie du management du risque, la sécurité est l'absence de risque inacceptable, de blessure ou d'atteinte à la santé des personnes, directement ou indirectement, résultant d'un dommage ou au matériel ou à l'environnement. [CL10]

II.2.1 Principes généraux de protection

Nous pouvons distinguer les mesures de sécurité par leur mode d'action : les sécurités passives et les sécurités actives.

La sécurité passive désigne tous les éléments mis en jeu afin de réduire les conséquences d'un accident lorsque celui-ci n'a pu être évité. Elle agit par sa seule présence, sans intervention humaine ni besoin en énergie (exemple : bâtiment de confinement, cuvette de rétention, etc.).

La sécurité active désigne tous les éléments mis en jeu afin d'éviter les accidents. Elle nécessite une action, une énergie et un entretien (exemple : détecteur, vannes, etc.).[CL10]

II.2.2 sécurité fonctionnelle

Selon les normes CEI 61508 et CEI 61511 la sécurité fonctionnelle est sous ensemble de la sécurité globale, relatif aux équipements et aux systèmes de contrôle commande associé, qui dépend du fonctionnement correct de systèmes électriques, électroniques, électroniques programmables (E/E/EP) concerné par la sécurité. [HT15] [CL10] [BF21]

II.3 cadre normatif

II.3.1 Norme CEI 61508

La norme CEI 61508 repose sur deux concepts essentiels à son application : le cycle de vie de la sécurité et le niveau d'intégrité de la sécurité. Cette norme s'applique aux systèmes relatifs à la sécurité lorsqu'un ou plusieurs de ces systèmes contiennent des équipements électriques/ électroniques/ électroniques programmables. [E07][HS12] [HT15] [CL10]

Elle se compose de 7 parties pour couvrir plusieurs aspects des systèmes E/E/PE :

- 61508-1 : Prescriptions générales.
- 61508-2 : Prescriptions propres aux systèmes E/E/PE.
- 61508-3 : Prescriptions relatives au logiciel.
- 61508-4 : Définitions et abréviations.
- 61508-5 : Exemples de méthodes pour déterminer le niveau d'intégrité de la sécurité.
- 61508-6 : Guides pour l'application des parties 2 et 3 de la norme.
- 61508-7 : Tour d'horizon des techniques et des mesures.

Les objectifs de la norme sont:

- Offre le potentiel de la technologie E/E/PE pour améliorer les performances des deux parties : économique et sûr.
- permettre le développement technologique dans un cadre global de sécurité,
- fournir une approche systématique techniquement solide et suffisamment flexible pour l'avenir,
- Fournit une approche basée sur les risques pour déterminer les

performances du système soucieux de la sécurité,

- Fournit une norme commune qui peut être utilisée par l'industrie, mais aussi Pour établir des normes industrielles (par exemple, machines, usines chimiques, ferroviaire ou médical) ou des normes de produits (ex : variateurs de vitesse),
- Donner aux utilisateurs et aux régulateurs les moyens de gagner la confiance Dans les technologies basées sur l'électronique programmable.

II.3.2 Norme CEI 61511

La norme industrielle CEI 61511 couvre les systèmes instrumentés de sécurité dans l'industrie des procédés industriels. La présente Norme internationale décrit une approche des activités du cycle de vie de sécurité qui satisfait à ces normes minimales. Cette approche est utilisée pour élaborer des politiques technologiques solides et cohérentes. Dans la plupart des cas, la meilleure sécurité est obtenue en concevant autant que possible un procédé à sécurité intrinsèque, en incorporant si nécessaire d'autres systèmes de protection, basés sur différentes technologies (chimique, +mécanique, hydraulique, pneumatique, électrique, électronique, électronique programmable), et tous les risques résiduels identifiés. [HS12] [HT15] [CL10] [E07]

Elle comprend trois parties :

1. Cadre, définitions, exigences pour le système, le matériel et le logiciel,
2. Lignes directrices pour l'application de la CEI 61511-1,
3. Conseils pour la détermination des niveaux exigés d'intégrité de sécurité

Les objectifs de la norme sont :

- De réaliser une évaluation des dangers et des risques pour identifier les exigences globales de sécurité ;
- D'effectuer une allocation des exigences de sécurité au(x) système(s) instrumenté(s) de sécurité ;
- D'être inscrite dans un cadre applicable à toutes les méthodes instrumentées qui permettent d'obtenir la sécurité fonctionnelle ;
- De détailler l'utilisation de certaines activités, telles que la gestion de la sécurité, qui peuvent être applicables à toute méthode permettant d'obtenir la sécurité fonctionnelle.

II.3.3 Norme ISA-84

La norme ISA-84 était acceptée par l'institut national américain des normes (American National Standards Institute, ANSI) en mars 1997. Elle spécifie les

exigences pour la conception, l'installation, l'utilisation et la maintenance des systèmes instrumentés de sécurité.-

La norme ISA-84 dispose uniquement de trois niveaux d'intégrité de sécurité, SIL1 à SIL3 (les SILs sont employés pour spécifier les exigences de sécurité des fonctions de sécurité réalisées par de systèmes E/E/EP relatifs à la sécurité). C'est une norme nationale et incomplète par rapport à la norme CEI 61511 qui est une harmonisation de normes de plusieurs pays.

En 2004, le comité d'ISA SP84 a voté pour adopter le CEI 61511 comme nouvelle version d'ISA-84 (ANSI/ISA S84.00.01- 2004) [ISA 84.00.01, 2004]. Il y a, cependant, une différence significative entre la norme ISA-84 et la norme CEI 61511. ISA-84 a ajouté une clause première génération dans la nouvelle version (2004) qui permet l'utilisation continue des systèmes instrumentés de sécurité qui suivent la version originale de la norme (ISA-S84, 1996). ISA est en cours de développement de directives et exemples d'implémentation basés sur le standard. [CL10]

II.4 système instrumenté de sécurité

II.4.1 Définition

La norme CEI 61508 définit les SIS comme suit : « un système E/E/PE (électrique/électronique/électronique programmable) relatifs aux applications de sécurité comprend tous les éléments du système nécessaires pour remplir la fonction de sécurité ».

La norme CEI 61511 définit, quant à elle, les systèmes instrumentés de sécurité comme « système instrumenté utilisé pour mettre en œuvre une ou plusieurs fonctions instrumentées de sécurité. Un SIS se compose de n'importe quelle combinaison de capteur(s), d'unité logique(s) et d'élément(s) terminal (aux) ».

Les SIS sont utilisés pour exécuter des fonctions de sécurité ou sous fonction de sécurité, ils sont aussi appelés boucles de sécurité. Ils comprennent les matériels et logiciels nécessaires pour obtenir la fonction de sécurité désirée.

La fonction de sécurité est définie comme la fonction qui doit être réalisée par un SIS, d'autres équipements de sécurité, cette fonction de sécurité a pour but de maintenir un état sécurisé du process. [HS12] [HT15] [CL10][BF21]

II.4.2 La composition d'un système instrumenté de sécurité

Selon la norme CEI 61508 [IEC 61508] un SIS se compose de n'importe quelle

combinaison de :

- Sous-système C (Capteur) : il est constitué d'un ensemble d'éléments d'entrée (capteurs, détecteurs) qui surveillent l'évolution des paramètres physico-chimiques représentatifs du comportement du procédé (température, pression, débit, niveau...). Si au moins un de ces paramètres dévie au-delà d'une valeur de consigne et s'y maintient, cette déviation constitue ce qui a été appelé demande ou sollicitation émanant du procédé, de l'EUC. Elle est détectée par les capteurs concernés qui envoient un signal au sous-système LS.
- Sous-système UL (Unité Logique) : ce sous-ensemble d'éléments logiques réalise le processus de prise de décision qui s'achève par l'activation du troisième sous-système FE. Le sous-système LS peut être un automate programmable ou un microordinateur doté de logiciels spécifiques.
- Sous-système A (Actionneur) : ces éléments agissent directement (vannes d'arrêt d'urgence) ou indirectement (vannes solénoïdes) sur le procédé pour neutraliser sa dérive en mettant, en général, le système à l'arrêt (état sûr) au terme d'un délai qui doit être spécifié pour chaque fonction de sécurité. [HT15] [HS12]

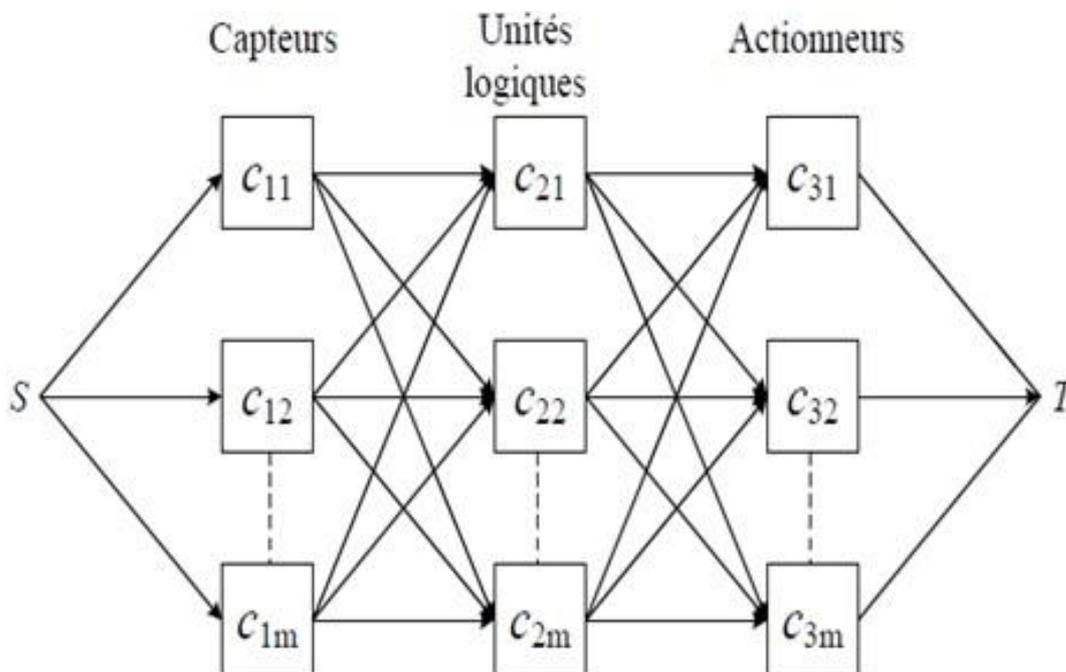


Figure II.1 : Structure générale d'un sis [BF21]

II.5 Système de sécurité d'incendie

Un système de sécurité est un ensemble des équipements qui permet de :

- Détecter et signaler l'incendie.
- Commander les organes de sécurité pour empêcher la propagation du feu et évacuer l'incendie.
- Eteindre l'incendie.

II.5.1 Détection d'incendie

La fonction de la détection incendie c'est : déclenchement du processus d'arrêt, mise en œuvre des équipements de lutte contre l'incendie, activation des systèmes d'extinction.

II.5.1.1 Les types de détecteurs d'incendie

Les détecteurs d'incendie sont généralement conçus pour détecter une ou plusieurs caractéristiques d'un incendie : fumée, chaleur, rayonnement (flamme) et autres produits de combustion. Chaque type de détecteur réagit à une vitesse différente à différents types d'incendie.

II.5.1.1.1 Les détecteurs de fumée

Il existe deux types de détecteur pour détecter la fumée.

1) Détecteur de fumé optique :

- Son principe est basé sur la visualisation des rayons de lumière en présence des particules.
- Ils ont une cellule de fumée photoélectrique, son principe de fonctionnement basé sur la diffusion de la lumière infrarouge(IR).
- L'émetteur et le récepteur sont les deux composants importants dans la cellule photoélectrique.
- En fonctionnement normal, le récepteur à photodiode ne reçoit pas les lumières IR émises par l'émetteur LED IR.
- Par contre, en cas d'incendie, les rayons IR frappent les particules accumulées dans la cellule et tombent sur le récepteur. [S3] [TS54] [AS10]



Figure II.2 : Exemple d'un détecteur de fumée optique. [S3]

2) Détecteur de fumé ionique :

- Son principe est basé sur le changement des valeurs de courant d'ionisation qui est créé entre deux électrodes par un Radio-isotope.
-
- Deux cellules sont utilisées :
 - Une cellule pour la mesure.
 - Une cellule comme référence de modification des conditions de mesure (pression, atmosphérique, température ambiante).
- Les molécules de fumée lourdes (1000 fois plus que les molécules d'air) augmentent la résistance quand elles passent entre les électrodes et le courant diminue. [S3] [TS54] [AS10]



Figure II.3: Exemple d'un détecteur de fumée ionique [S3].

II.5.1.1.2 Les détecteurs de flamme**1) Détecteur de flamme Ultraviolet UV**

- Son principe de fonctionnement basé sur :
 - Génère un signal de sortie.
 - Fonction de rayonnement.
 - Comparé à une référence minutieusement calculé.
- Il est composé d'un capteur très sensible à la radiation ultraviolet provenant d'un feu (émis dans la partie haut de feu) et autres sources telles que la soudure à l'arc, les rayons X, et les rayons gamma.
- Les détecteurs d'ultraviolets sont sensibles à la plupart des feux, entre autres à ceux d'hydrocarbures, métaux, soufre, hydrogène, hydrazine et ammoniac. [S2] [TS54] [AS10]



Figure II.4: Exemple d'un détecteur de flamme UV. [AS10]

2) Détecteur de flamme infrarouge IR :

- Son principe de fonctionnement basé sur la réaction aux feux avec flammes qui émettent de la lumière dans la portion IR du spectre.
- Il se compose d'un capteur sensible à la radiation IR.
- Les détecteurs d'I.R. sont sensibles à la plupart des feux d'hydrocarbures (liquides, gazeux et solides).
- Les détecteurs de flammes IR doubles (IR/IR) comparent les signaux de seuil de deux plages infrarouges.
- Les détecteurs de flammes IR triples comparent trois bandes de longueur d'ondes spécifiques dans la région spectrale IR et le rapport entre chacune d'entre elles et les deux autres.
- Le capteur IR3 pour la détection de flammes d'hydrocarbures n'est pas sensible au rayonnement solaire. [S2] [TS54] [AS10]



Figure II.5: Exemple d'un détecteur de flamme IR. [AS10]

3) Détecteur de flamme UV et IR

- Un détecteur de flamme ultraviolette/infrarouge consiste en un capteur d'UV et un capteur d'IR couplés de façon à constituer une seule unité. Les deux capteurs opèrent individuellement comme décrit dans les sections UV et IR.
- Il contient un microprocesseur qui traite les lectures du capteur d'UV ainsi que du capteur d'IR. Quand le capteur d'UV et le capteur d'IR détectent tous les deux en même temps la présence d'une flamme, le microprocesseur (intégré) génère un signal d'alarme. [S2] [TS54] [AS10]



Figure II.6: Exemple d'un détecteur de flamme UV et IR[AS10].

II.5.1.1.3 Les détecteurs de chaleur

Le détecteur de chaleur intègre un capteur de température. Lorsque l'appareil détecte une chaleur supérieure à 54°C dans votre environnement, une alarme se déclenche. Cette alarme, d'une puissance de 85 décibels environ, permet d'alerter les personnes présentes rapidement. Le détecteur de chaleur fonctionne avec des piles. Un signal sonore est également émis lorsque le niveau de piles est faible.

Il existe des détecteurs de chaleur hybrides qui analysent à la fois :

- **La température fixe** : une alarme est activée dès que la température atteint un certain seuil.
- **Le taux d'augmentation de la chaleur** : l'alarme se déclenche lorsque la température augmente considérablement par rapport à la température moyenne de la pièce.



Le détecteur de chaleur a une durée de vie de 10 ans. Sur votre appareil se trouve une étiquette qui vous indique la date de remplacement recommandée. [S4] [TS54] [AS10]

Figure II.7 : Exemple d'un détecteur de chaleur. [S4]

II.4.1.2 Synthèse limites et avantages des détecteurs d'incendie

Le tableau suivant présente une synthèse des limites et avantages des détecteurs d'incendie.

Tableau II.1: les limites et avantages des détecteurs d'incendie.

Détecteur	Avantages	Limites
Détecteur de fumée	les détecteurs de fumée donnent des réponses sensiblement plus rapides que les détecteurs de chaleur. Coût unitaire modéré.	Les détecteurs de fumée ne peuvent pas détecter les produits provenant de liquides

		<p>À combustion propre (comme l'alcool). Si l'incendie est susceptible d'être limité à ces matériaux et n'implique pas d'autres matériaux combustibles, des détecteurs de chaleur ou de flamme doivent être utilisés dans la zone.</p> <p>Ils sont spécialement pour les espaces fermés et seulement pour les bâtiments ne peuvent pas les installés dans les zones industriels.</p> <p>Nécessite un nettoyage chaque 6 mois pour éviter les fausses alarmes.</p>
Détecteur de flamme	<p>Les détecteurs de flammes sont particulièrement adaptés pour une utilisation dans des applications telles que la surveillance générale de grands espaces ouverts dans des entrepôts ou des parcs à bois, ou la surveillance locale de zones critiques où un feu enflammé peut se propager très rapidement.</p> <p>Le capteur IR3 n'est pas sensible au rayonnement solaire.</p> <p>Les détecteurs de flamme (IR2/3) et (UV et IR) ont faible taux de fausse alarme.</p>	<p>Des précautions doivent être prises contre les dépôts d'huile, de graisse ou de poussière.</p> <p>Coût unitaire élevé pour les capteurs (IR2/IR3) et (UV et IR).</p> <p>Le détecteur UV Aveuglé par la fumée épaisse.</p>
Détecteur de chaleur	<p>les détecteurs de chaleur ont une plus grande résistance aux conditions environnementales</p>	<p>Les détecteurs de chaleur sont sensibles au rayonnement solaire.</p> <p>Sujets aux fausses alarmes. Pas d'autotest</p>

	défavorables que les autres types. Coût unitaire modéré.	automatique.
--	---	--------------

II.5.1.3 Les critères de choix d'un détecteur

L'objectif principal du choix judicieux d'un type de détecteur est d'obtenir une détection précoce et sûre d'un début d'incendie.

L'analyse par local des causes et des scénarios de développement du feu les plus probables permettront de choisir les détecteurs les mieux adaptés.

Les facteurs affectant le choix du type de détecteur sont les suivants :

- Les exigences législatives.
- Les matériaux dans la zone et la façon dont ils brûleraient.
- Configuration de la zone (notamment hauteur sous plafond).
- Effets de la ventilation et du chauffage.
- Les conditions ambiantes dans les pièces inspectées.
- Possibilité de fausses alarmes.

On choisira toujours le détecteur le plus précoce en tenant compte du scénario de développement du feu le plus probable. [TS54] [S5]

II.5.2 L'alarme d'incendie

La fonction d'un système d'alarme d'incendie est de délivrer des signaux audibles et/ou visibles aux occupants d'un bâtiment qui peuvent être soumis au risque d'incendie.

- **Les signaux audibles :** Le niveau sonore fourni doit être tel que le signal d'alarme incendie soit immédiatement audible au-dessus de tout bruit ambiant, le son utilisé à des fins d'alarme incendie doit être le même dans toutes les parties du bâtiment.
- **Les signaux visibles :** ne doivent être utilisés qu'en complément des dispositifs d'alarme sonore; ils ne doivent pas être utilisés seuls. Toute alarme incendie visuelle doit être clairement visible et se distinguer des autres signaux visuels utilisés dans les locaux.

Les fonctions d'un système de détection d'incendie et d'un système d'alarme d'incendie peuvent être combinées en un seul système, ils peuvent initier les actions suivantes :

- Transmettre rapidement l'alarme d'incendie au service d'incendie et avertir les travailleurs désignés à cet effet (équipe d'intervention).
- Donner immédiatement à toutes les personnes présentes dans un endroit déterminé du bâtiment l'ordre d'évacuer les lieux.

- Activer automatiquement les équipements de protection d'incendie éventuellement prévus à cet effet. [TS54]

II.5.3 extinction d'incendie

II.5.3.1 les types de feu

Dans le cas d'incendie, la norme NF S6 100 catégorise les feux suivant la nature de ce qui brûle en classes de feu (A, B, C et D). [AS10] [PM05]

a) Classe A : feux solides

- Les végétaux, le bois ;
- Le charbon, le caoutchouc ;
- Papiers, cartons, plastiques;
- Les textiles naturels, synthétiques.

b) Classe B : feux de liquides ou solides liquéfiables

- Les liquides particulièrement inflammables (éthylène, propylène,...) ;
- Les liquides inflammables miscibles à l'eau (les alcools, les éthers...) ;
- Les liquides liquéfiables (graisses, paraffines, soufre....).

c) Classe C : feux de gaz

- Hydrocarbures gazeux (méthane, éthane, propane....) ;
- Acétylène ;
- Hydrogène.

d) Classe D : feux de métaux

- Aluminium, magnésium ;
- Sodium, potassium ;
- Lithium, calcium.

II.5.3.2 Procédés d'extinction

Les procédés d'extinction sont variés selon le type de feu. [PM05]

II.5.3.2.1 Le refroidissement

Pour les feux de classe **A** : avec l'aide de l'agent extincteur (exemple : eau) on va refroidir le produit en feu de telle façon qu'il ne produise plus de vapeurs inflammables.

Pour les feux de classe **B** : on va refroidir le liquide pour que sa température devienne inférieure au point éclair.

- Le refroidissement est important pour protéger du rayonnement et éviter l'inflammation.

II.5.3.2.2 L'étouffement :

L'agent extincteur va s'interposer entre le combustible et le comburant (l'O₂ de l'air).

- En formant une pellicule ou une couche isolante sur un liquide (exemple : mousse, poudre A, B, C).
- En abaissant le taux d'O₂ dans le foyer afin de rendre le feu impossible (exemple : gaz inerte).
- En recouvrant la matière enflammée (exemple : sable).

II.5.3.2.3L'inhibition

L'agent extincteur vient agir au cœur de la flamme et interrompt les réactions radicalaires en chaîne de la combustion :

- Soit en se combinant avec les radicaux libres de la flamme s'il est homogène (HFC - hydrofluorocarbure - exemple : FM200, CEM410, FE13)
- Soit en facilitant les rencontres entre radicaux libres et en réagissant avec ceux-ci, s'il est hétérogène (poudres)

II.5.3.2.4 Le transfert

C'est un mode d'extinction spécial utilisé que sur les feux spéciaux comme les métaux.

Le feu va être transféré à une matière plus facile à éteindre.

II.5.3.3 Les moyens d'extinction

Les moyens d'extinction sont aussi nombreux et variées selon le type de feu. [AS10]
[PM05]

II.5.3.3.1 Eau

Agit en abaissant la température du foyer de l'incendie et en créant une atmosphère sursaturée qui réduit la teneur en oxygène.

Différents systèmes sont utilisés :

- **Systèmes Déluge** : projettent une vaporisation d'eau sur toute la surface de la zone.
- **Rideaux d'eau** : isolent la zone délimitée de la zone affectée par l'incendie.
- **Fusibles thermiques** : détectent immédiatement l'origine d'un feu et agissent rapidement pour éteindre le feu en projetant de l'eau sous pression déclenchée par un système automatique indépendant.

Caractéristiques

- Produit non toxique et neutre (salée dans le cas de l'offshore).
- Ne pas l'utiliser sur les appareils électriques sous tension.
 - Utilisée en extérieur sur les feux de substances liquides et solides, sur les grandes structures.

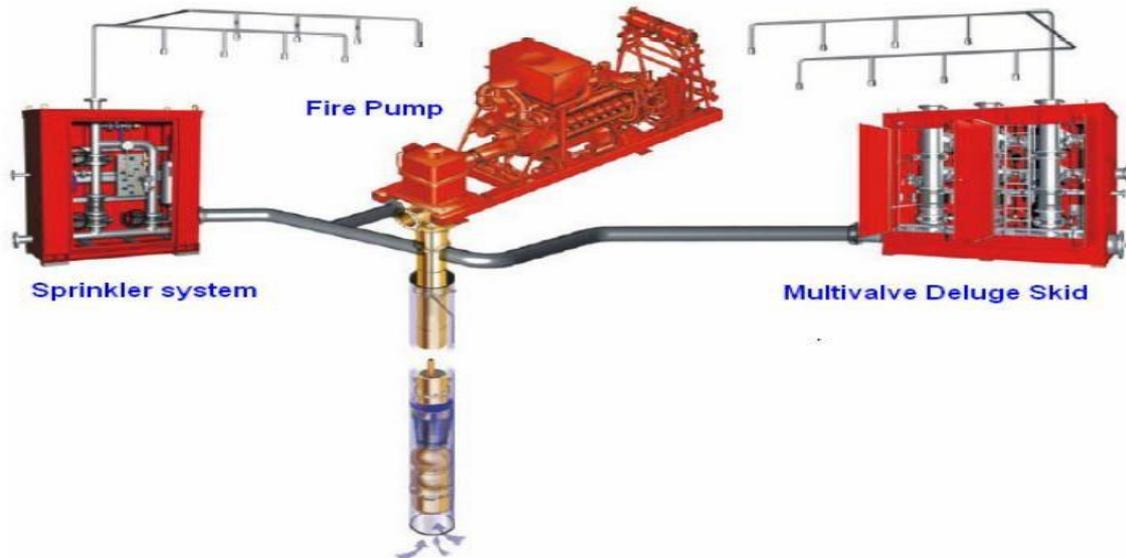


Figure II.8 : Exemple d'un système à eau[AS10]

II.5.3.3.2 La mousse

Pour fabriquer la mousse il faut :

- Du matériel : un mélangeur, un générateur.
- Des ingrédients : de l'eau, de l'émulseur, de l'air.

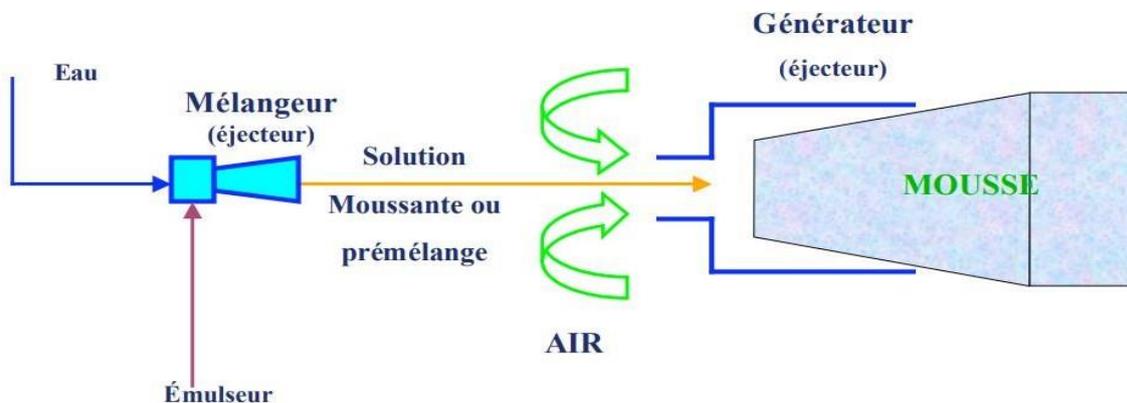


Figure II.9 : exemple d'un système pour fabriquer la mousse [PM05].

Caractéristique :

- Agit en formant un écran entre la matière combustible et l'oxygène de l'air.
- Produit non toxique et neutre.
- Ne pas l'utiliser sur les appareils électriques sous tension.
- Utilisée normalement en extérieur sur les incendies de liquides gras et sur les réservoirs de stockage.

II.5.3.3.3 Les gaz inertes

1) Le dioxyde de carbone

Stocké en :

- Phase gazeuse (57 bar et température ambiante) pour les petits volumes.
- Phase liquide (20 bar et 18°C) pour les gros volumes.

Caractéristique et recommandation :

- Alarme sonore et visuelle avant le déclenchement : au moins 30 sec. pour permettre au personnel d'évacuer l'établissement.
- Le gaz carbonique est mortel.
- Une forte concentration (40 à 50%) est nécessaire pour arrêter un feu.
- La durée optimale de l'aspersion en espace fermé est de 1 mn et elle ne doit en aucun cas dépasser 2 mn.
- Une ventilation est nécessaire pour purifier le lieu suite à une décharge.
- Condensation possible (risque de court-circuit).
- Crée des charges électrostatiques (toutes les fixations/accessoires doivent être mis à la terre).
- Utilisé normalement dans les lieux non occupés et sur les feux de substances liquides.

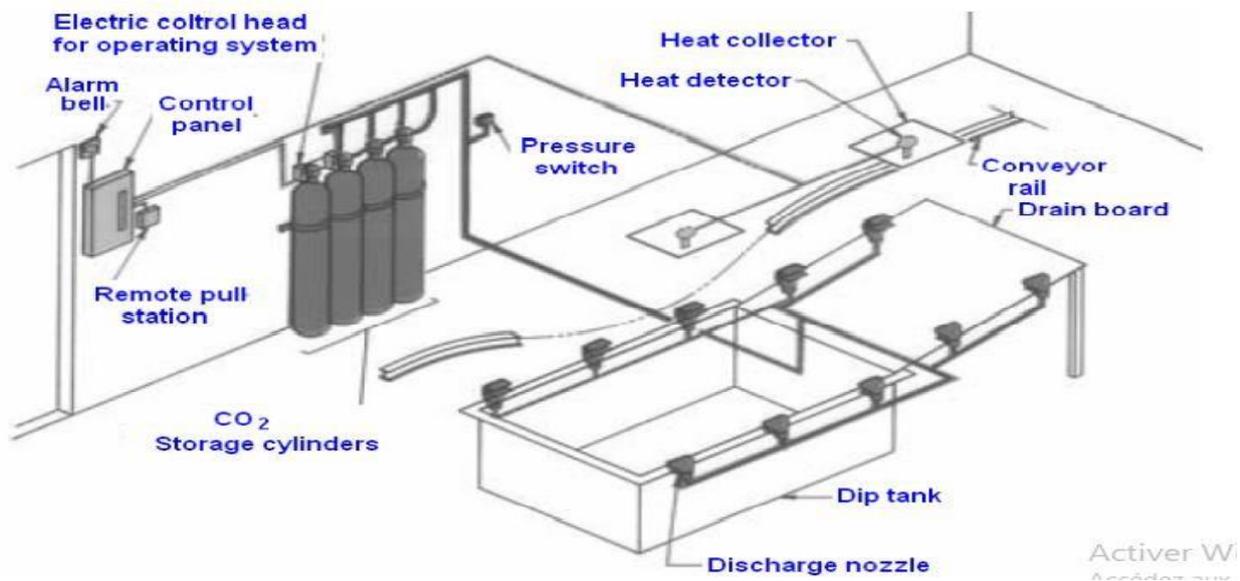


Figure II.10 : exemple d'un système d'extinction par CO₂. [AS10]

2) Autres gaz :

- **Le halons** : il existe de types de halons pour l'extinction (halons 1301, halons 1211), on l'utilisait sur du matériel de valeur (avions, ordinateurs, centres de télécommunication...), on se limitant à des concentrations n'excédant pas 7% et sur une durée inférieure à 15 minutes.
- **L'inergen** : est un mélange de 3 gaz : 52% d'azote, 40% d'argon, 8% de dioxyde de carbone. Gaz non toxique, crée moins de charges électrostatiques que les halons et le CO₂, non-conducteur d'électricité, coût élevé, utilisé uniquement en espaces fermés sur les feux de substances solides, liquides et gazeuses.

II.5.3.3.4 Les poudres

- Elles sont classées en catégories A, B, C et D qui correspondent aux différentes classes de feu.
- Le mode d'action est essentiellement l'inhibition.
- La poudre la plus répandue est la poudre ABC (phosphate mono ammoniacale) utilisable sur les 3 premiers types de feu.
- Elles peuvent contenir des additifs : hydrofugeant, fluidisant et anti-compactage.
- Non-conducteur d'électricité.
- La plus efficace pour les feux de classe C que les autres moyens d'extinction.

Synthèse

Le tableau suivant présente une synthèse sur les classes de feu et leurs moyens d'extinction.

[AS10] [PM05]

Tableau II.2: synthèse sur les classes de feu et leurs moyens d'extinction.

Classe de feu	Moyen d'extinction
Classe A	<ul style="list-style-type: none"> ▪ L'eau sous toutes ses formes. ▪ La poudre polyvalente ABC. ▪ La mousse.
Classe B	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les poudres BC et ABC. ▪ Le CO₂. ▪ La mousse. ▪ L'eau pulvérisée.
Classe C	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Il faut en premier lieu arrêter la fuite de gaz et ensuite éteindre à la poudre ou au CO₂.
Classe D	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Isoler le métal de l'air.

Conclusion

Les systèmes instrumentés de sécurité sont destinés à surveiller les paramètres de fonctionnement d'une installation, et assurer qu'ils sont maintenus en permanence à l'intérieur du domaine opératoire.

Le système de sécurité d'incendie compose se plusieurs sous-systèmes :

Système de détection : (détecteurs de flamme, détecteurs de fumée, détecteurs de chaleur) chaque type réagit à une distance et une vitesse différente.

Système d'alarme : alarme visuelle (signaux visibles) alarme sonore (signaux audibles).

Système d'extinction : pour chaque classe de feu il existe un procédé d'extinction (refroidissement, étouffement, inhibition, transfert) et un moyen d'extinction (eau, mousse, gaz inerte, poudre) appropriée.

Les industries mettent en œuvre ce type de système pour assurer la sécurité des travailleurs, des biens, des installations et de l'environnement, et le bon fonctionnement de sa production.

Dans le chapitre suivant nous allons présenter l'un de ces industries où nous avons passé notre stage.

CHAPITRE III

Introduction :

Sonatrach est l'une des plus grandes entreprises nationales et un acteur majeur de l'industrie pétrolière, elle a débuté le 01/01/1964.

Notre stage s'est déroulé au niveau du complexe GP1/Z qui est l'un des plus grands complexes au monde qui traite et sépare le GPL brut.

Dans ce chapitre vous y trouvez :

En première partie :

Une présentation du complexe GP1/Z inclus son historique, sa situation géographique, sa fiche technique, ses départements ainsi ses procédés de production.

En deuxième partie :

- Des généralités sur la turbine à gaz SULZER type S3 qui existe au niveau du complexe GP1/Z.
- Le système de sécurité d'incendie de la turbine à gaz.

III.1. Présentation du complexe GP1/Z(Arzew) :

III.1.1. Historique :

Le complexe GP1/Z est l'un des six complexes de liquéfaction appartenant à l'activité de la société nationale Sonatrach (AVAL). Le site GP1/Z est certifié ISO 14001 Edition 2004, ISO 9001 Edition 2008 et OHSAS 18001 Edition 2007.

Il a été construit dans le cadre d'un contrat clé en main avec l'aide du consortium japonais IHI-ITOCHU en trois phases de construction. La première phase a été reçue le 2 septembre 1984, la deuxième phase a été reçue le 20 novembre 1998 et la troisième phase a été reçue le 24 février 2010. [IMO10]

III.1.2. Situation géographique :

Le complexe GP1/Z nommé « Jumbo GPL » est situé à Mers El Hadjadj, il occupe 120 hectares entre la centrale thermique de Marsa EL Hadjaj, TOSYALI Algérie à l'est et le complexe GNL à l'ouest.

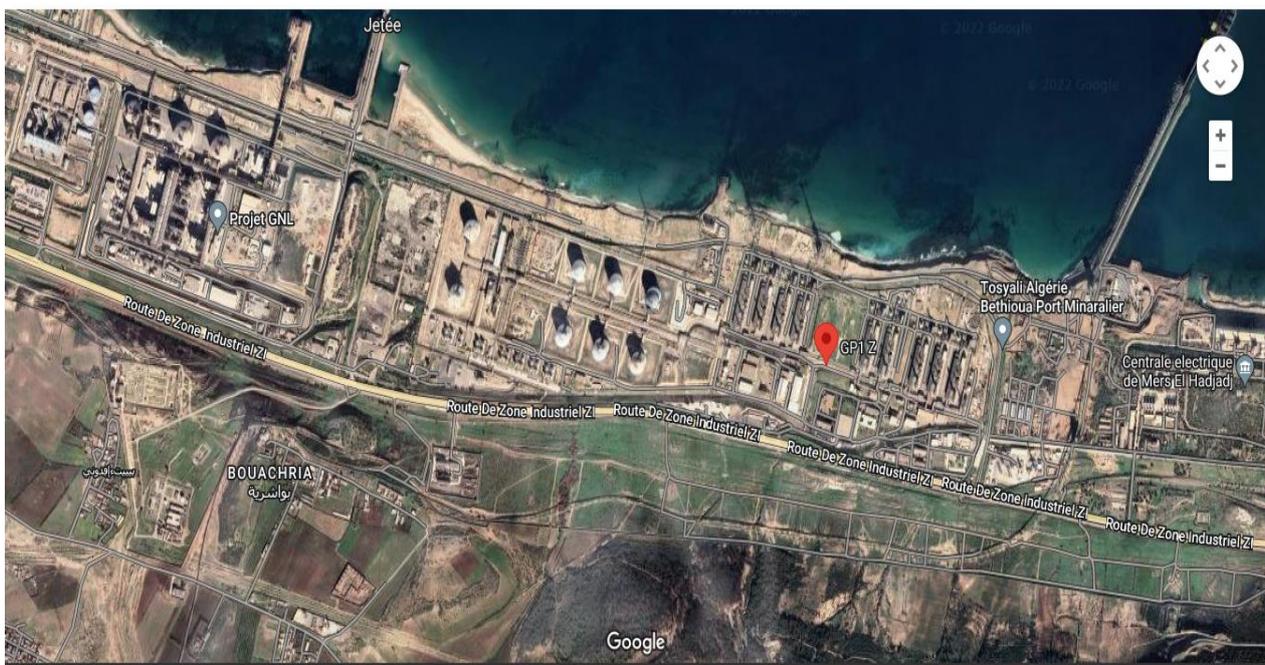


Figure III.1 : Situation géographique de complexe GP1/Z.

III.1.3. Fiche technique :**III.1.3.1. Capacité :**

A partir d'un traitement du GPL brut Algérien en provenance des champs gaziers et pétroliers du sud, la production du complexe est de 10 tonne/an de GPL : propane, butane commerciaux

Capacité totale de stockage :

- Stockage de la charge : 22000 m³
- Stockage des produits réfrigérés : 560000 m³
- Stockage des produits ambiants : 2000 m³ [CM24]

III.1.3.2. Principales installations du complexe :

- 22 Sphères de charge.
- 9 Trains + les utilités.
- 2 Sections de récupération (BOG Propane, BOG Butane).
- 4 Bacs de stockage Propane Basse Température.
- 4 Bacs de stockage Butane Basse Température.
- 5 Sphère produit finis (C3 : T23), (C4 : T24, T25, T26), (C5 : T27)
- 5 Salles de contrôle + Salle de supervision PH2.
- 2 Quais de chargement navires (D1, M6).
- 1 Rampe de chargement camions citernes.
- 1 Station de pompage eau de mer.
- 1 Salle de télésurveillance.
- 6 Salles de commutation électrique. [IMO]

III.1.4. Les zones du complexe GP1/Z :**III.1.4.1. Zone procès :**

Elle inclut neuf(09) trains de production, chaque train se compose de sections suivantes :

- Une section de déshydratation.
- Une section de séparation.
- Une réfrigération.
- Une section huile chaude.

III.1.4.2. Zone utilité :

Cette zone assure l'alimentation de l'usine avec des énergies nécessaires pour son fonctionnement comme :

- Production d'eau distillée.
- Une alimentation en gaz naturel.
- Production d'air comprimé.
- Une alimentation en carburant diesel.
- Un générateur de secours.
- Une alimentation en azote.

Et elle contient :

- Section de stockage de la charge GPL composée de 22 sphères et un système de filtration de la charge brute de GPL.
- Quatre (04) Chaudières d'une capacité unitaire de 10t/h
- Deux (02) dessaleurs de 10t/h chacun
- Trois (03) Sections de production d'air comprimé.
- Six (06) Générateurs assurant l'énergie de secours du complexe.
- Une (01) section d'azote.
- Trois (03) sections de distribution de gaz naturel.

III.1.4.3. Zone Stockage Et Chargement :

- Produits réfrigérés : Le propane et le butane réfrigérés sont stockés respectivement à - 42°C et - 5°C dans quatre bacs chacun, d'une capacité unitaire de 70 000 m³.

Le Chargement de ces produits est assuré par deux quais de chargement pouvant recevoir des GPL d'une capacité de 3 000 à 50 000 tonnes. Chaque quai est doté de Trois (03) bras de chargement

- ✓ Un bras (01) retour vapeur (Boil Off)
- ✓ Un Bras (01) de sautage
- Produits ambiants : Le propane et le butane sont stockés à température ambiante dans quatre (04) sphères, d'une capacité unitaire de 500 m³. Le pentane est aussi stocké dans une sphère de 500 m³

Le chargement de ces produits est assuré par une rampe de chargement camions qui est dotée de :

Butane :

- ✓ Trois (03) bras de chargement
- ✓ Trois (03) bras retour vapeur (Boil Off)

Propane :

- ✓ Deux (02) bras de chargement
- ✓ Deux (02) bras retour vapeur (Boil Off)
- ✓

Pentane :

- ✓ Un (01) bras de chargement.
- ✓ Un (01) bras retour vapeur (Boil Off)

Un (01) Pipe Arzew - Sidi Bel abbés -Tlemcen connu sous le nom de AST est entré en service le 14/10/2005 pour alimenter à partir du complexe GP1Z les trois wilayas en butane ambiant vrac à raison de 125 m3 par heure.

III.1.5. Organisation de complexe :

La description de la structure nous permet de comprendre l'emplacement géographique, la main-d'œuvre, les objectifs et les rôles de chaque secteur, ainsi que de comprendre toutes les fonctions du complexe GP1/Z. Le complexe GP1/Z est géré selon un organigramme bien défini pour une meilleure maîtrise des tâches. Il se compose d'un bureau général, de deux sous-bureaux et d'un service de contrôle, comme le montre l'organigramme suivant :

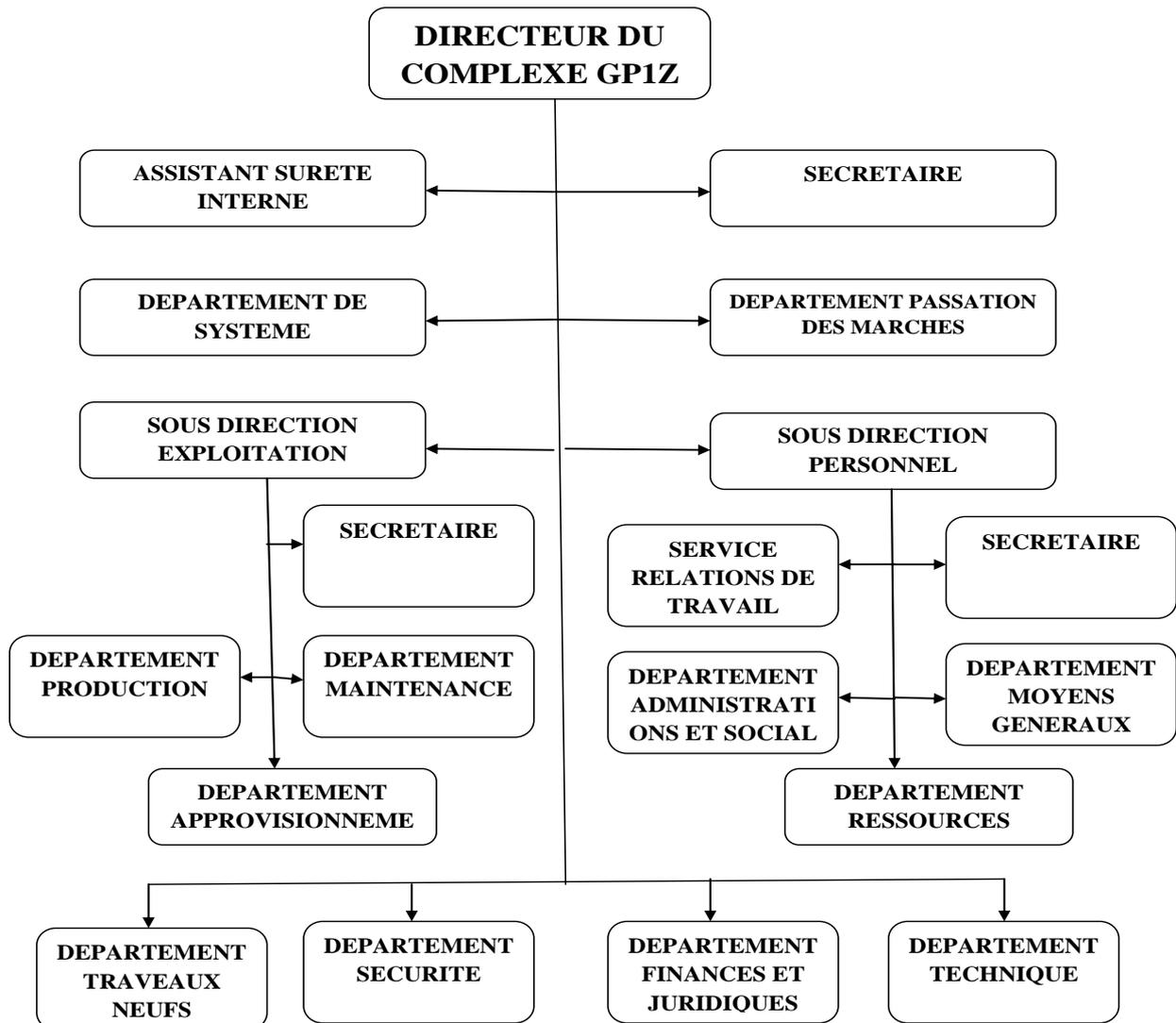


Figure III.2 : Organigramme du complexe GP1/Z.

III.1.5.1. Les départements du complexe GP1/Z : [IMO10]

III.1.5.1.1. Département de sécurité :

Le département de la sécurité est chargé de s'assurer qu'aucun incident ou accident ne vient perturber la continuité de la production ou mettre en danger la vie humaine ou les différentes installations du complexe. Pour mener à bien cette mission, cette division est composée de deux services:

III.1.5.1.1.1. Service de prévention :

Ce service déploie les moyens mis à sa disposition pour offrir les meilleures conditions de travail et assurer toutes les interventions. Ce service comporte trois sections.

III.1.5.1.1.1.1 Section animée :

Le rôle principal de cette partie est :

- Informer et sensibiliser le personnel sur les mesures de sécurité à prendre par des affiches, des messages et des formations.

- Analyser l'accident à l'aide d'une méthode appelée arbre des causes pour éviter sa reproduction.

III.1.5.1.1.1.2. Section de contrôle et de surveillance des travaux :

Cette section a pour rôle de vérifier et de contrôler tout travail perturbant l'équipement.

Tous les travaux de réparation ou d'entretien doivent être autorisés par un inspecteur préventif, moyennant l'obtention d'un permis de travail (par exemple, permis de travail à chaud ou à froid, permis d'entrée, etc.).

III.1.5.1.1.1.3. Section de l'Etude des Risques HSE (salarié) :

Sa mission est de mettre en œuvre la politique environnementale du complexe, telle que l'établissement de rapports relatifs aux rejets liquides, atmosphère de rejet, déchets de toutes nature sonores et autres et nuisances.

III.1.5.1.1.2. Services d'intervention : Ce service se compose de deux parties :**III.1.5.1.1.2.1. Une Section d'intervention :**

Cette section intervient en cas d'urgence et à tout moment. A cet effet, il est équipé d'un système de télésurveillance acoustique composé de caméras fixes et mobiles, d'un système d'interphone composé d'un téléphone, d'une radio VHF et d'un téléphone Gene, et d'un système de télécommande (DCS), le tout relié à une salle de contrôle à distance. En cas d'incident ou d'accident, ce service comprend un important dispositif d'intervention fixe ou mobile.

Camions d'intervention, ambulances, extincteurs, traîneaux, systèmes anti-tempête et anti-inondation.

Ce service peut demander l'assistance d'unités voisines du PAM (protocole d'entraide). Ce service assure également l'entretien des équipements de sécurité.

III.1.2.1.1.2.2. Section matériel :

Cette section révisé tous les équipements de sécurité, assure la maintenance et est prête à toute intervention.

III.1.5.1.2. Département de Maintenance :

Le rôle de ce service est d'entretenir les équipements du complexe pour le maintenir en bon état, en privilégiant la production. Pour cela, il s'appuie sur les performances de spécialistes différents qui prennent en charge différentes parties de cette division :

III.1.5.1.2.1. Partie mécanique : Assurer la maintenance des autres caméras entre elles : turbines, pompes, etc.

III.1.5.1.2.2. Service d'ébullition : Ce service assure la maintenance des équipements fixes : colonnes, vannes, etc.

III.1.5.1.2.3. Service Instrumentation: Son rôle est de régler et réparer tous les équipements de mesure et d'enregistrement du complexe.

III.1.5.1.2.4. Service électrique : Ce dernier est chargé de l'entretien de l'énergie électrique et de la rénovation des équipements électriques.

III.1.5.1.2.5. Logistique : Elle assure l'isolation des canalisations et autres installations ainsi que le transport du matériel et du personnel de maintenance ainsi que l'intervention dans les bâtiments.

III.1.5.1.2.6. Service Ordonnancement : Ce service est principalement responsable de la planification des activités de travaux selon leur nature et du suivi de l'exécution des travaux.

III.1.5.1.3. Service technique : Le service technique est divisé en quatre services :

III.1.5.1.3.1. Service recherche et développement : Ce service contacte directement différents départements du complexe. Sa mission est de trouver des solutions à tout problème qui se pose au niveau du complexe et nécessite d'en trouver la cause, d'autre part il étudie et développe les projets en cours et autres projets de rénovation dont peuvent citer quelques-uns :

- Construction d'unité de dessalement.
- Rénovation du tableau de commande de la turbine.

III.1.5.1.3.2. Service numérique : Après l'extension de la phase I à la phase II, l'équipe numérique est obligée d'améliorer son système de contrôle au niveau de complexité pour un meilleur suivi de l'installation de ce système est appelé DCS (Distributed Control System) qui permet à distance surveillance et contrôle des paramètres depuis l'interface dans la machine (panneau de commande). De ce fait, l'ingénieur système peut modifier, ajouter ou soustraire une zone sur le site grâce aux données fournies par les différentes salles de contrôle:

- MCR (Main Control Room) : pour la sortie des produits (9 trains et utilités).
- LCR (Local Control Room) : pour les caisses, les sphères de stockage et de chargement des navires.
- SCR (Security Control Room) : pour la sécurité.

- CCR : (chargement de camion) pour les camions.
- SVR (Super Tank Room).

III.1.5.1.3.3. Service Laboratoire : L'objectif de ce service est de vérifier la qualité des produits finis ainsi que d'analyser l'eau et l'huile utilisées. Ces analyses sont effectuées selon les exigences du service de fabrication ou de la réglementation.

Analyse de gaz : Les analyses des gaz : Concernant les charges avant procès et le pré chargement des produits finis.

Le laboratoire effectue des analyses de gaz sur six fréquences toutes les 24 heures.

L'analyse de l'huile est effectuée tous les six mois ou à l'arrivée d'une nouvelle huile (externe).

III.1.5.1.3.4. Service d'inspection : la tâche principale de l'inspecteur technique est de détecter le danger et de le prévenir avec diverses méthodes d'inspection pour minimiser les pannes et les défaillances.

III.1.5.1.4. Département de l'approvisionnement :

La division de l'approvisionnement, comme son nom l'indique, est responsable de l'approvisionnement d'un ensemble d'articles qui affectent les opérations (pièces, équipements, matériaux, produits chimiques, etc.), tout en respectant la quantité de stock et en répondant aux besoins des utilisateurs. Cette division est divisée en deux services :

III.1.5.1.4.1. Services de gestion d'entrepôt.

III.1.5.1.4.2. Services d'achat et d'expédition.

III.1.6. Description du principe du processus de production : [MOP2]

Le service assure la fabrication de produits finis propane et butane au GPL, et également responsable de l'état et des conditions de fonctionnement des appareils présents à ce niveau trains et services publics. Pour traiter le GPL, il doit passer par la chaîne de production prochaine :

III.1.6.1. Section d'arrivée et de stockage de la charge :

La charge est un mélange de différents GPL provenant des gisements gaziers et pétroliers de HassiR'Mel et Hassi Messaoud. Il atteint le complexe GP1/Z via un gazoduc de 24" de diamètre via la station RTO située sur le plateau de Béthioua et 2 pompes d'alimentation

III.1.6.2. Section de déshydratation :

Pour réduire la teneur en eau à moins de 5 ppm poids par adsorption et éviter ainsi la formation de glace et de givre dans les parties frigorifiques de l'installation, le gaz GPL est séché dans des tamis moléculaires.

Une unité de déshydratation composée de 3 sécheurs (ou colonne d'aspiration à tamis moléculaire), d'une installation de préchauffage des gaz et d'un séparateur d'eau.

A tout moment, une colonne est active, la deuxième colonne est régénérative (séchage de l'adsorbant) ou en mode veille, et la dernière colonne est en mode veille.

III.1.6.3. Section séparation:

Après avoir été préchauffé à la limite de décomposition physique par quatre échangeurs de chaleur, le GPL sec est envoyé vers la colonne de fractionnement où s'effectue la séparation.

Le mélange propane éthane monte au sommet de la colonne, puis est pompé vers un désodorisant pour réduire sa teneur en éthane.

Le gaz riche en éthane émis par le haut de la colonne de dessalement est utilisé comme combustible de four.

Le propane sortant de la partie inférieure de la colonne du dégazeur est dirigé vers le groupe frigorifique.

Une partie du butane collecté en pied de colonne est acheminée vers le refroidisseur, tandis que le reste sera refroidi par l'aéroréfrigérant et acheminé vers le stockage environnant.

Les installations de séparation du pentane sont actuellement démantelées, le GPL brut est traité par le complexe GP1/Z sans pentane.

III.1.6.4. Section de refroidissement (réfrigération):

Le propane et le butane provenant du séparateur sont refroidis à une température correspondant à leur point de saturation liquide (Butane : 5 °C ; propane : 40 °C). Ils sont ensuite transférés dans des réservoirs de stockage à basse température.

Les produits sont refroidis par 3 échangeurs en cycle fermé formant une boucle de refroidissement au propane.

Une partie du propane refroidi est comprimée puis envoyée dans la colonne de dégazage du séparateur pour finalement refroidir la tête de colonne. Les vapeurs de propane émises par le

tambour d'aspiration, le condenseur de tête du désodorisant et le refroidisseur de butane sont comprimés par un turbocompresseur centrifuge à 3 étages. Ces vapeurs sont ensuite condensées par un refroidisseur d'air.

III.1.6.5. Section des fours :

Cette section produit de l'huile chaude pour les préchauffeurs, les fours régénératifs et le gaz naturel régénéré utilisé dans la section de déshydratation.

Le gaz combustible est de l'éthane généré dans des trains scindés (sortant en tête de la colonne de dégazage) et du gaz naturel du réseau desservant le complexe. L'éthane et le gaz naturel sont envoyés dans la cuve de mélange pour alimenter les brûleurs des fours.

L'huile sort du four à 180° C.

III.1.6.6. Bac de stockage des produits réfrigérés :

Cette section stocke les produits butane et propane réfrigérés.

Le complexe GP1/Z utilise actuellement 3 réservoirs pour le stockage de propane froid et 3 réservoirs pour le stockage de butane froid.

Les réservoirs sont du type à double intégrité et ont une capacité unitaire de 70 000 m³. La pression de travail varie entre 300 mm et 800 mm H₂O.

Immergées dans chaque cuve, 3 pompes sont destinées au chargement de la cuve et une pompe est destinée à la circulation des produits réfrigérés.

III.1.6.7. Stockage de sphères finies sous pression et charges de camion :

Il est possible d'effectuer simultanément 4 camions à température ambiante à partir d'une sphère de 500 m³ au moyen d'une pompe de charge.

Le chargement des sphères se fait depuis les séparateurs mais aussi (et plus rarement) depuis les réservoirs de stockage basse température via le réchauffeur.

III.1.6.8. BOG (gaz bouillant) : [MOB4]

Les gaz volatils provenant de différentes capacités de l'usine (réservoir et s'évaporant des réservoirs du navire en cours de chargement) sont dirigés vers la partie BOG subit les traitements ultérieurs suivants :

- liquéfié par compresseur,
- refroidi par un échangeur à air.
- stocké dans un réservoir de produit réfrigéré.

Les deux parties BOG pour le butane et le propane sont indépendantes.

III.1.6.9. Chargement de navires :

Deux systèmes d'arrimage sont installés respectivement à l'extrémité des jetées D.1 et M6. La vitesse de file d'attente est la suivante :

Butane : Max 10 000 m³/h.

Poste D.1 : 4 000 m³/h.

Poste M.6 : 10 000 m³/h.

Propane : Max 10 000 m³/h.

Poste D.1 : 4 000 m³/h.

Poste M.6 : 10 000 m³/h.

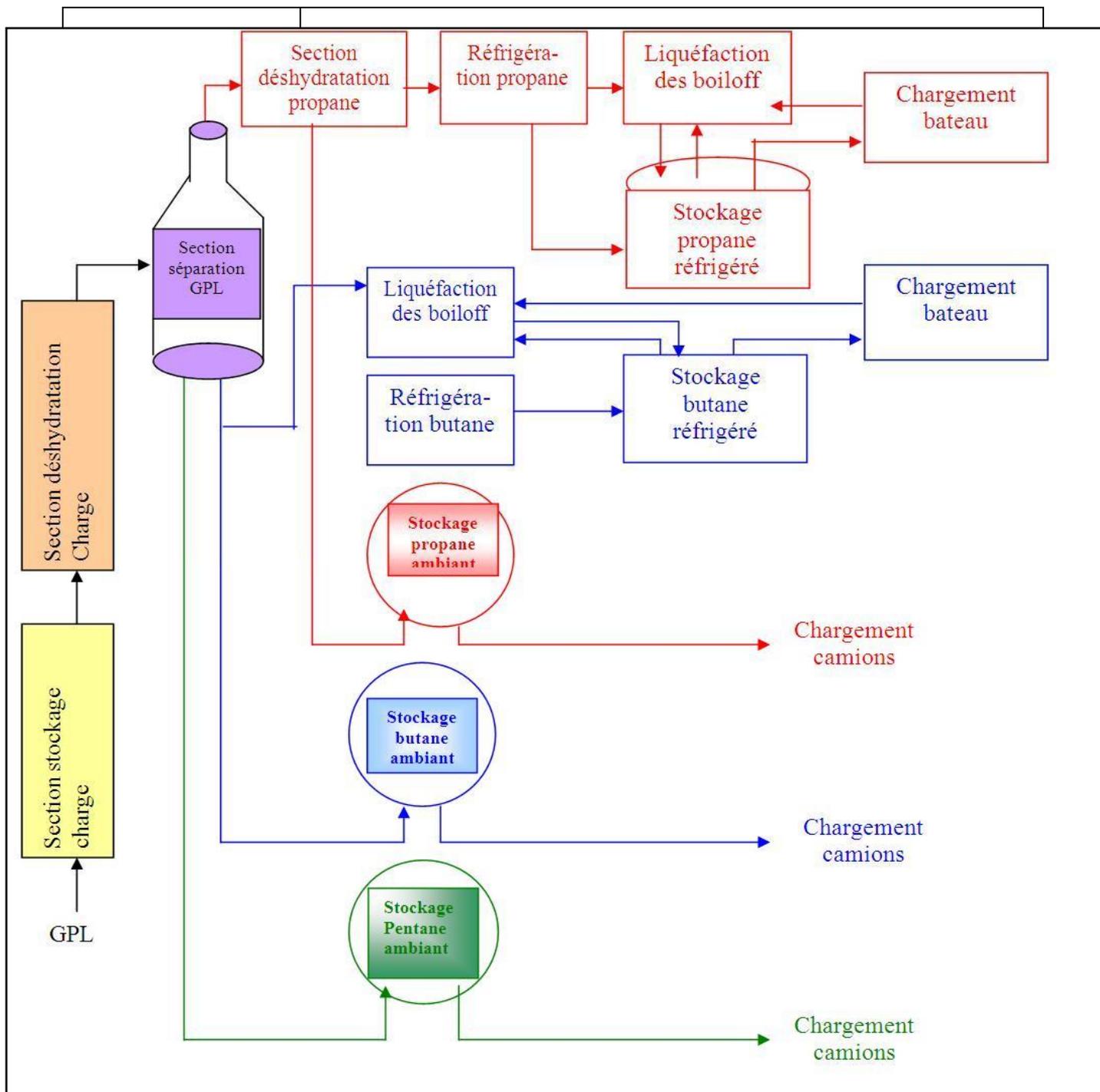


Figure III.3 : Schéma de principe du procédé de GP1/Z.

III.2. Généralités sur la turbine à gaz : [MS3]

III.2.1. Introduction :

Le complexe GP1/Z dispose de (04) quatre turbines à gaz Sulzer de type S3 pour fournir de la puissance sur l'arbre de sortie nécessaire pour l'entraînement du compresseur centrifuge de propane. Cette puissance est obtenue par détente des gaz chauds sous pression au niveau de la turbine de puissance. Comme étant notre système incendie est proposé au niveau de la turbine à gaz cette partie va mettre sous la loupe cette importante unité afin de proposer vers la fin un système qui correspond aux mieux.



Figure III.4 : Turbine à gaz SULZER S3 au niveau de complexe GP1/Z.

III.2.2. Historique :

Le premier brevet d'invention d'une turbine à gaz fut déposé en 1791 par John BARBER et La première turbine à gaz industrielle opérationnelle fut construite en 1930.

III.2.3. Position de la turbine à gaz SULZER S3 :

La turbine SULZER S3 est un équipement principal située dans la section de réfrigération des produits séparés de GPL (Butane et Propane), qui a pour rôle de refroidir les produits commerciaux de propane et butane provenant de la section séparation au niveau du train.

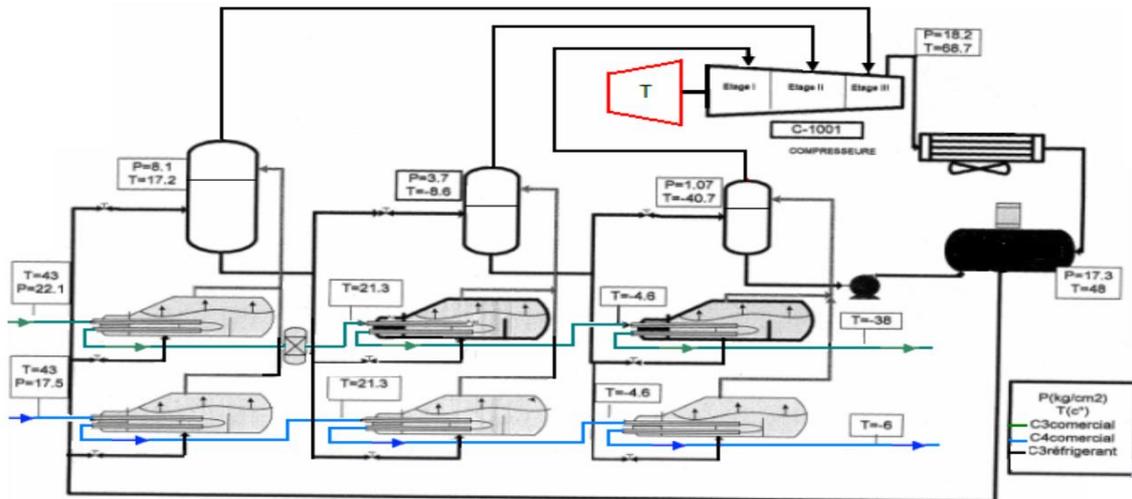


Figure III.5: situation de la turbine à gaz.

III.2.4. Définition de la turbine à gaz : [MOS3]

Une turbine à gaz, appelée aussi turbine à combustion, est une machine tournante thermodynamique appartenant à la famille des moteurs à combustion interne dont le rôle est de produire de l'énergie mécanique (rotation d'un arbre) à partir de l'énergie contenue dans un hydrocarbure (fuel, gaz...). La turbine à gaz est un moteur thermique réalisant les différentes phases de son cycle thermodynamique dans une succession d'organes traversés par un fluide moteur gazeux en écoulement continu.

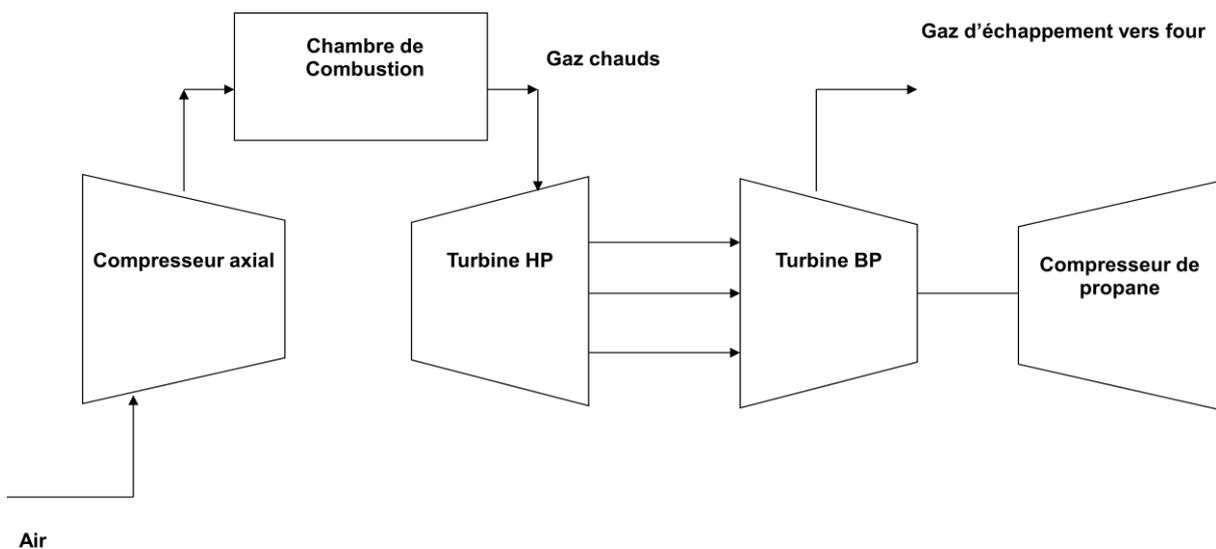


Figure II.6: Schéma d'une turbine à gaz.

III.2.5. Principe de fonctionnement d'une turbine à gaz :

Le compresseur axial à plusieurs étages aspire l'air (aspiration) et livre l'air comprimé avec la température de sortie à la chambre de combustion (compression).

Le combustible est injecté dans la chambre de combustion, brûle et l'air est chauffé par la flamme (combustion).

L'air comprimé est chaud (gaz chaud) passe par les étages de la turbine (expansion) et sort par la cheminée (échappement).

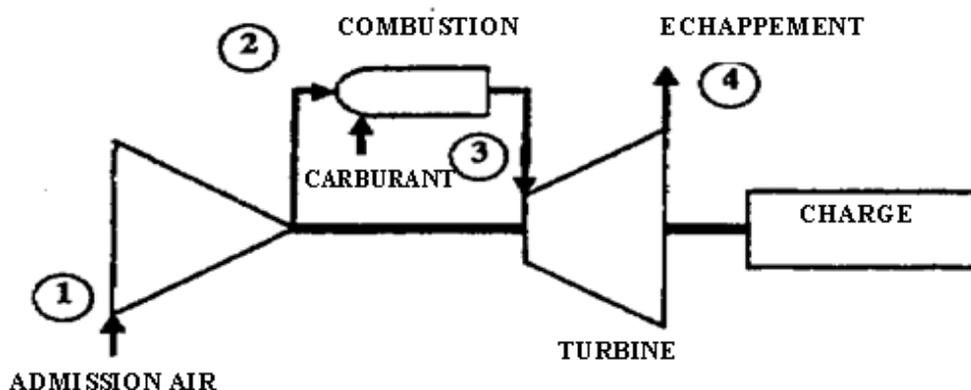
Dans les installations avec récupérateur, l'air comprimé passe d'abord par le récupérateur (échangeur de chaleur) et après par des chambres de combustions. La chaleur perdue de gaz échappé est utilisée dans le récupérateur pour réchauffer l'air comprimé.

C'est pourquoi la consommation de combustible est plus basse ce qui augmente le rendement de la turbine à gaz.

III.2.6. Types des Turbines à gaz : [MOS3]

III.2.6.1. Turbine à un seul arbre « mono arbre » :

Ce type de turbine est caractérisé par la stabilité de sa vitesse de rotation du fait que le bloc compresseur d'air ; turbine d'entraînement et turbine de puissance sont montés sur le même arbre.



Turbine à un seul arbre

Figure III.7: Turbine à gaz mono arbre.

III.2.6.2. Turbine à deux arbres « bi arbre » :

Dans ce type la turbine de puissance n'est pas mécaniquement liée à l'ensemble constitué par le compresseur d'air et la turbine génératrice de gaz (TGG). L'équipement entraîné peut être régulé en vitesse tout en conservant au compresseur une vitesse de rotation proche de celle assurant son rendement optimal. La turbine à gaz du type S3 a été conçue pour être construite en série, pour une ou deux lignes d'arbre.

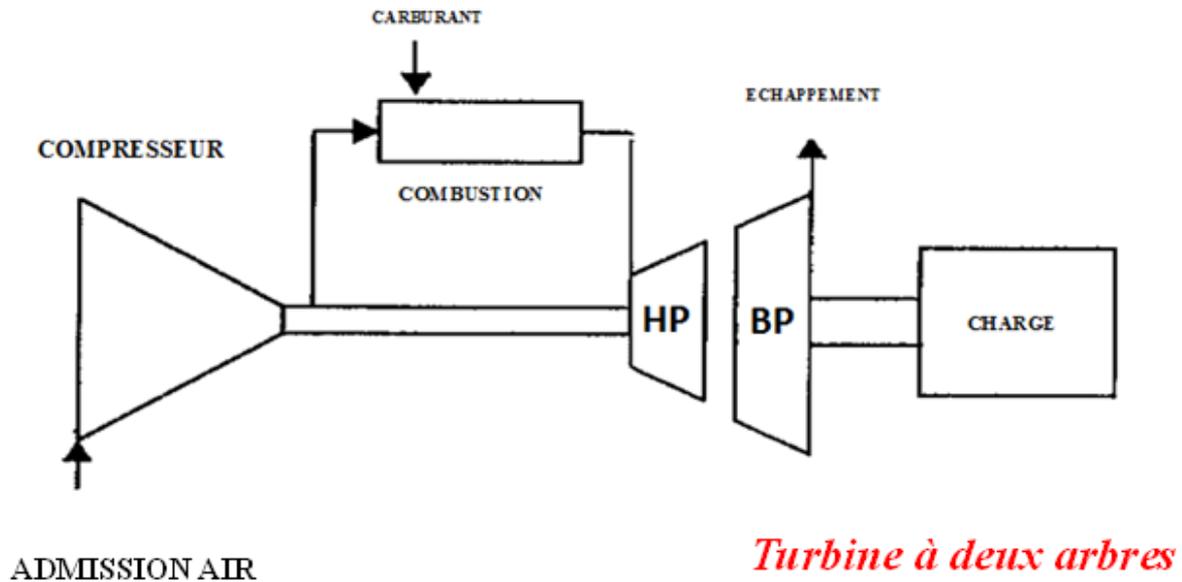


Figure III.8 : Turbine à gaz bi arbre.

III.2.7. Les éléments de la turbine à gaz : [MOS3]

La turbine à gaz est constituée essentiellement de :

- a – Le compresseur axial
- b – La chambre de combustion
- c – La turbine de charge.
- d – La turbine de puissance.
- e – la turbine de lancement
- e – Les systèmes auxiliaires :
 - Système huile de graissage.
 - Système de refroidissement
 - Système gaz combustible

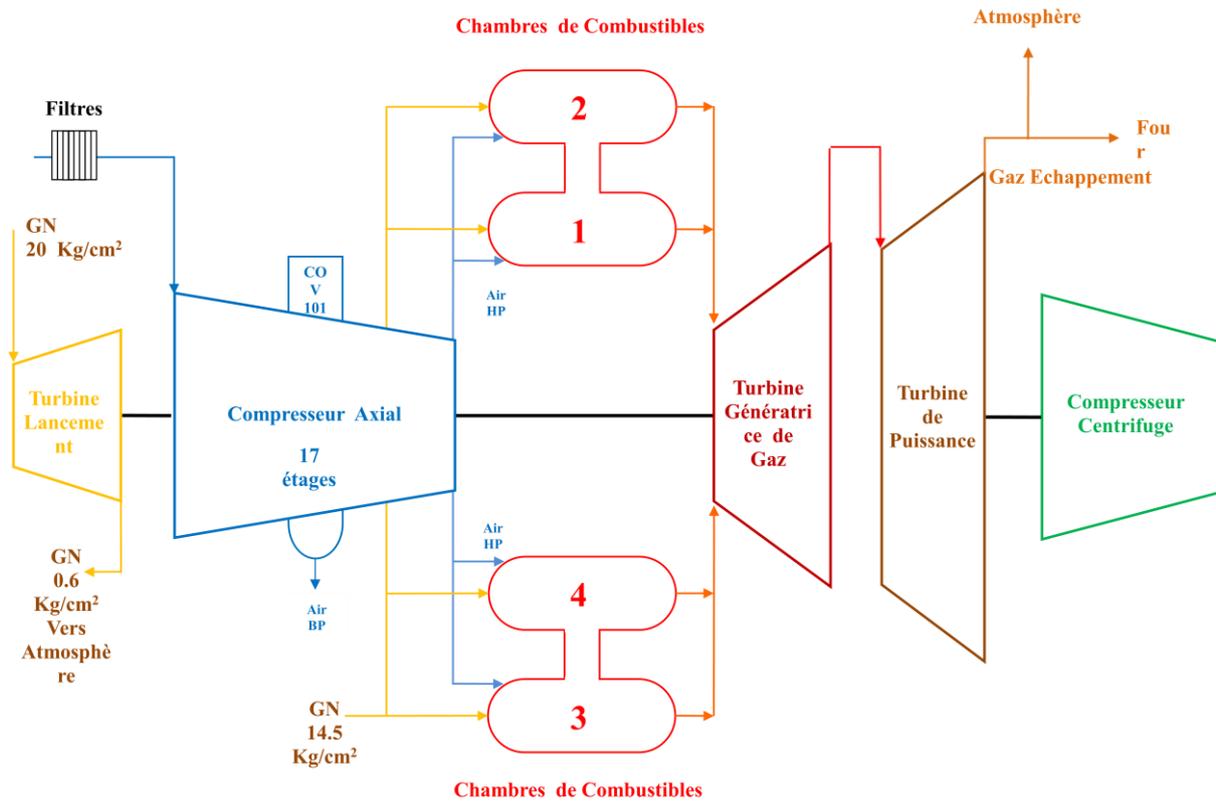


Figure III.9 : Schéma des éléments de la turbine à gaz Type S3.

III.2.8. Système instrumenté de sécurité d'incendie :

Au niveau de turbine, il existe un système de sécurité d'incendie qui s'appuie sur :

- Sprinkler sous eau.
- Extincteur CO₂.



Figure III.10 : Sprinkler sous eau.



Figure III.11 : Extincteur à poudre.

III.2.8.1. Le sprinkler sous eau :

Il fait partie du système d'eau, du collecteur d'eau en boucle avec toutefois un principe de détection du feu. C'est une des conceptions les plus simples.

Une tuyauterie contenant de l'eau est munie de plusieurs têtes de sprinklers. Les têtes de sprinklers sont fabriquées comme le montre la figure II.12.

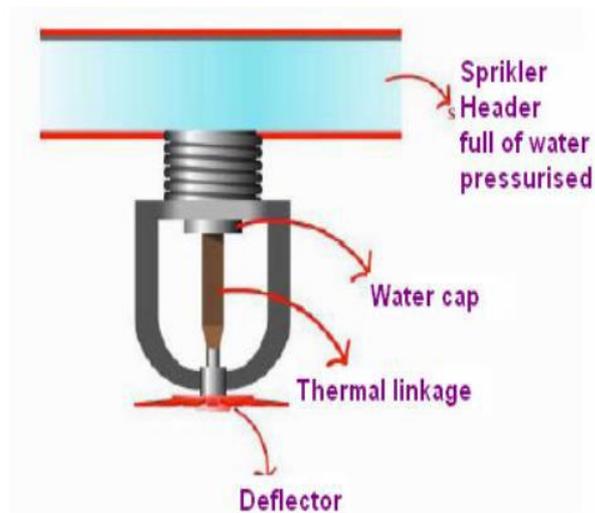


Figure III.12 : sprinkler sous eau.[AS10]

Le principe est basé sur l'éclatement d'une ampoule quand le fluide qu'elle contient se dilate. Le clapet du sprinkler s'ouvre, libérant immédiatement l'eau contenue dans la tuyauterie et le système de contrôle de la pression de cette même tuyauterie déclenchera l'action logique voulue (démarrage de la pompe à incendie).

Remarque : Le sprinkler au niveau de la turbine à gaz est modifié afin qu'il envoie un signal en cas de l'augmentation de chaleur.

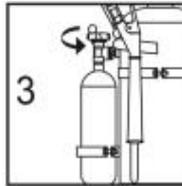
III.2.8.2. Extincteur à poudre :

L'extincteur à poudre polyvalente est efficace sur les feux de classe A (solides), B (liquides ou solides liquéfiables) et C (feux de gaz). Il agit par étouffement sur les feux de classe A grâce à la formation d'un vernis liquide qui isole les surfaces chaudes de l'oxygène et des gaz inflammables, empêchant la reprise du feu.

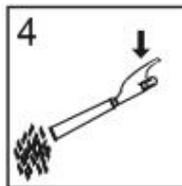
Il agit par inhibition sur les feux de classe B et C en bloquant ou en ralentissant la réaction chimique du feu.



1. Dérouler le tuyau
2. Tirer la sécurité



3. Ouvrir la vanne de la bouteille CO₂



4. Viser la base des flammes et contrôler le débit à l'aide de la gâchette

Figure III.13 : Instruction d'utilisation d'extincteur à poudre. [EX50]

Conclusion :

Le complexe GP1/Z a réussi de garantir la sécurité au niveau de ces différentes zones en adoptant des systèmes instrumentés de sécurité au niveau de ces installations et sur tous ceux de phases récentes.

Pendant le déroulement de notre stage, et d'après notre visite au niveau de la turbine à gaz nous avons remarqué que le système de sécurité d'incendie est manuel dans lequel il compte sur un sprinkler sous eau comme un détecteur de feu et extincteur à poudre, où nous avons constaté suite aux différentes discussions avec les ingénieurs et notre savoir acquis par notre formation le système est insuffisant pour garantir la mission de sécurité, c'est la raison pour laquelle nous avons proposé tout un système de sécurité d'incendie automatique dès la détection jusqu'à l'extinction et c'est ce que vous allez voir par le chapitre suivant.

CHAPITRE IV

Introduction

Le système de sécurité d'incendie (système de détection et extinction) au niveau de la turbine à gaz est d'une grande importance afin de sécuriser contre les risques d'incendie non seulement la turbine mais aussi les installations avoisinantes, le personnel et l'environnement.

L'objet de ce chapitre est de :

- Présenter une étude FDMS détaillée de système de détection et extinction permettant de définir son fonctionnement.
- Par la suite, étudier avec précision les défaillances du système afin de proposer un model fiable permettant d'assurer la sécurité des travailleurs, les installations avoisinantes et l'environnement.

Philosophie du système proposé

La complexité de fonctionnement de la turbine à gaz rend la probabilité de survenance d'incendie élevée.

Lors de notre stage au niveau du complexe GP1/Z, les visites sur site et les différents échanges avec les ingénieurs, nous avons trouvé que le système installé dans cette turbine à gaz de la première phase est manuel se compose de sprinkler sous-eau modifié dans lequel en cas de détection d'une augmentation de la température il s'éclate d'où sa pression diminue et envoie un signal vers la salle de contrôle, le tableautiste au niveau de la salle de contrôle de sécurité doit confirmer le signal avec la caméra de surveillance qui se trouve au niveau de l'abri de la turbine avant de procéder à l'intervention afin d'éviter les fausses alarmes reçues, après la confirmation l'intervention se fait manuellement par l'équipe d'intervention avec un extincteur à poudre qui se trouve sur place. Nous avons trouvé que la durée entre la détection et l'extinction est si longue qu'une catastrophe peut se produire, c'est pour la raison pour laquelle nous avons proposé un système de sécurité d'incendie automatique pour diminuer cette durée et éviter les dégâts à partir de notre réflexion, les avis reçus par les ingénieurs ainsi que notre formation de base, tout en respectant les exigences des normes NFPA 12 et APSAD r3.

IV. 1 Système de sécurité d'incendie proposé

Le système SSI proposé c'est un système de détection et d'extinction par CO₂ qui fonctionne automatiquement se compose de trois sous-systèmes principaux.

IV.1.1 Composants du système

Le tableau suivant présente les composants du système :

Tableau IV.1 : composants du système.

Sous-système	Composants
Système de détection	Détecteur de chaleur (sprinkler sous eau).
	Détecteur de flamme IR3.
Système d'alarme	Alarme visuelle et sonore
	Chronomètre

Système d'extinction	Unité logique
	Lien d'activation solénoïde
	Electrovanne d'activation solénoïde
	Bouteille de nitrogène pressurisé
	Vanne de commande directionnelle
	Vanne contre pression
	Dispositif de poids de bouteille de CO ₂
	Soupape de bouteille de CO ₂
	Les pipes (la tuyauterie)
	Les bouteilles de CO ₂ pressurisé

IV.1.2 Principe de fonctionnement de système de CO₂

Le fonctionnement de ce système est divisé en trois fonctions principales :

Fonction 01 : Détecter les flammes et la chaleur

Les détecteurs de flamme et de chaleur envoient le signal vers l'unité logique.

Pour la détection du flamme on a choisi un détecteur de flamme infrarouges (IR) triples, ce détecteur compare trois bandes de longueur d'ondes spécifiques dans la région spectrale IR et le rapport entre chacune d'entre elles et les deux autres afin de pouvoir détecter les flammes de manière fiable et de réduire les fausses alarmes. Il se fait que deux détecteurs IR détectent la flamme pour déclencher l'alarme. (Voir *figure II.5*)

Et pour la détection de chaleur on a gardé le détecteur existant (sprinkler sous eau). (Voir *figure III.12*)

Fonction 02 : Activer l'alarme

L'activation de l'alarme visuelle et sonore et début de compte à rebours de décharge par le chronomètre se fait suite à la détection pour l'évacuation de la zone et la fermeture des entrées d'air (les portes, les ouvertures de ventilation) afin d'assurer une bonne extinction.

Fonction 03 : Activer le système d'extinction :

Une fois que la détection est confirmée par l'unité logique et le système VA

1) Faire passer le nitrogène pressurisé :

Transmettre le signal envoyé de l'alarme par l'unité logique qui active un autre signal pour l'ouverture de soupape de la bouteille de nitrogène pressurisé par le lien d'activation.

Le lien d'activation électromagnétique de l'électrovanne permet l'ouverture de manuel d'activation pour libérer le nitrogène pressurisé.

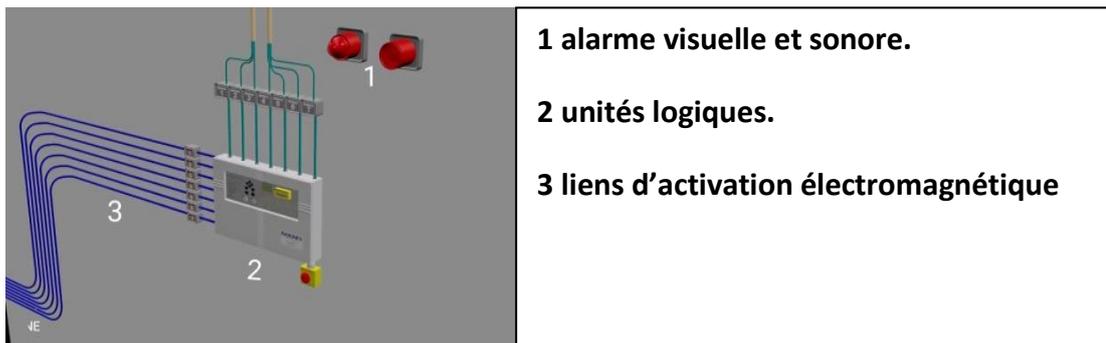


Figure IV.1 : système d'activation.

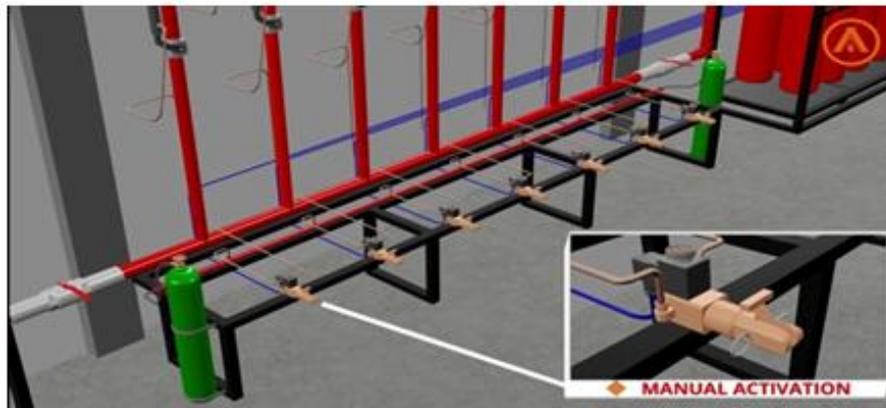


Figure IV.2 : manuel d'activation.

2) Décharger le CO₂ pressurisé :

La pression de Nitrogène assure l'ouverture des pipes de décharge de CO₂ par les vannes de commande directionnelle.

La pression de nitrogène autorise l'ouverture de soupape de bouteille pour décharger le CO₂ pressurisé qui fait l'extinction de feu.

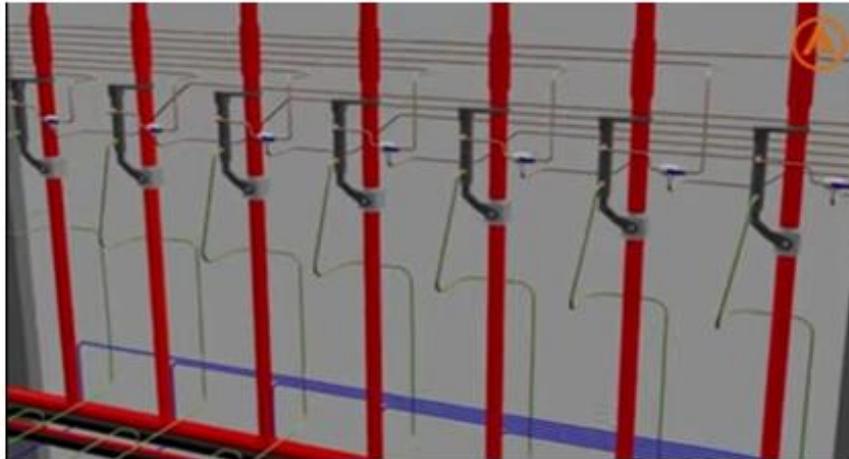


Figure IV.3 : vanne de commande directionnelle.



Figure IV.4 : bouteilles de CO2.

IV.2 Analyse fonctionnelle

Les méthodes d'analyse fonctionnelle sont indispensables pour réaliser une décomposition fonctionnelle et matérielle d'une installation industrielle en cours de conception ou en fonctionnement. L'utilisation de ces méthodes, par leurs caractères systématiques et exhaustifs, représente une garantie formelle pour décomposer une installation industrielle en niveaux fonctionnels et matériels nécessaires pour identifier les modes de défaillances et leurs conséquences sur les objectifs opérationnels retenus pour l'installation ou l'équipement concerné.

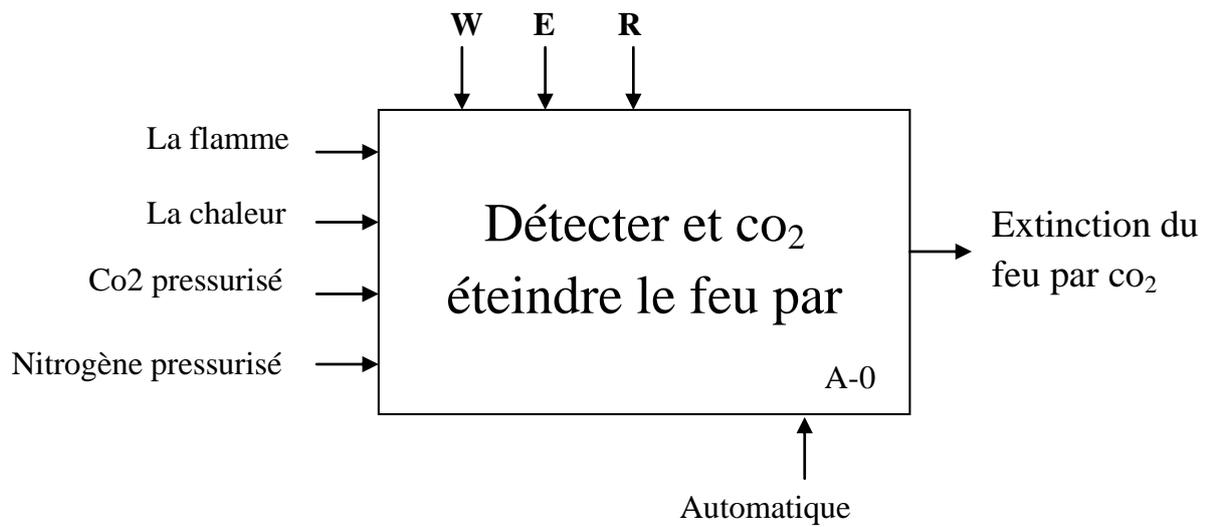
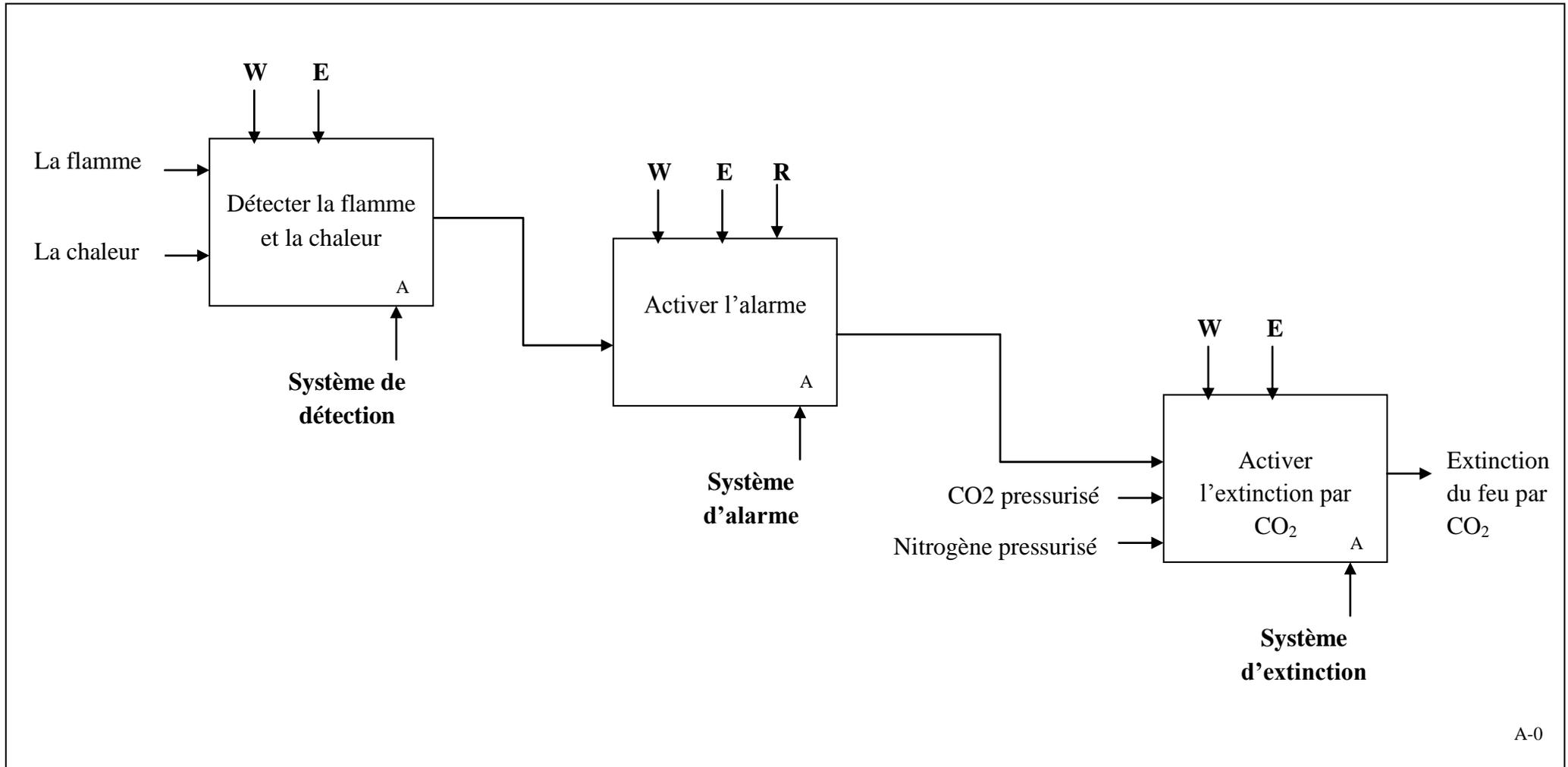


Figure IV.5 : fonction principale du système.

W : énergie électrique, électromagnétique, pneumatique.

E : système marche automatiquement.

R : réglage du temps entre la détection et le démarrage de système d'extinction.



A-0

Figure IV.6 : analyse fonctionnelle de système.

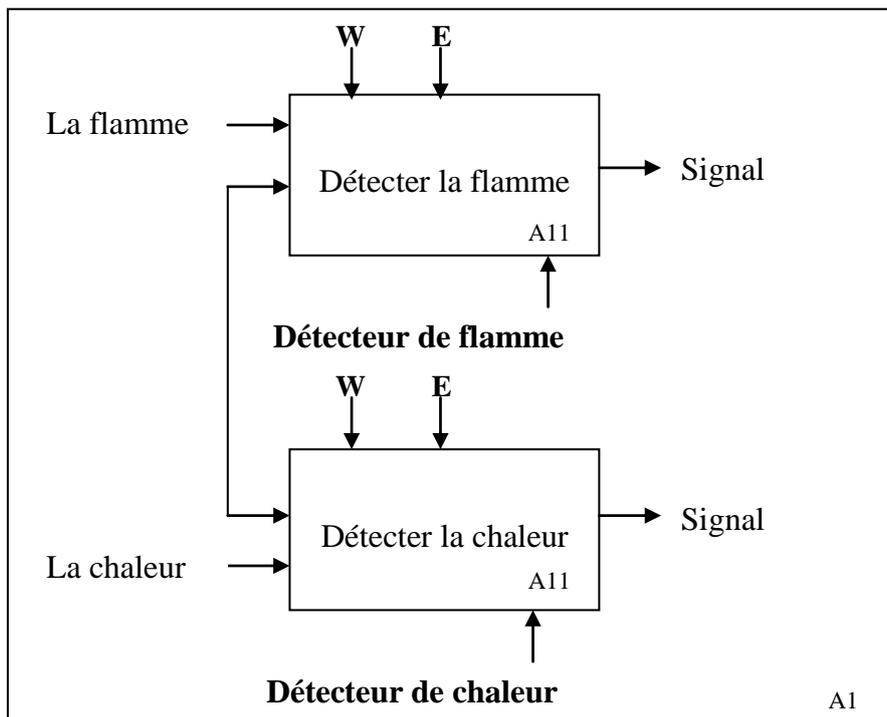


Figure IV.7 : analyse fonctionnelle de système de détection.

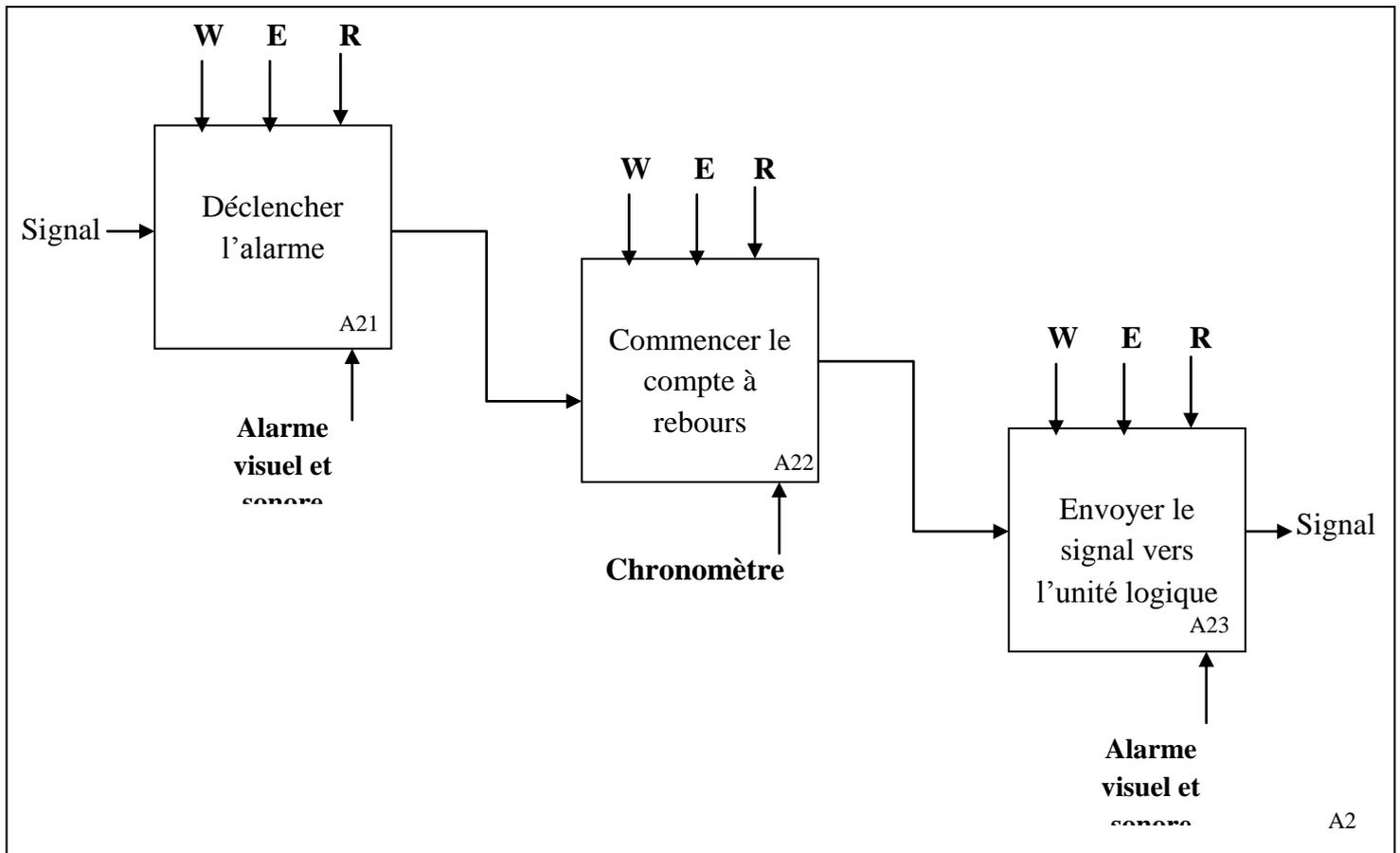


Figure IV.8 : analyse fonctionnelle de système d'alarme.

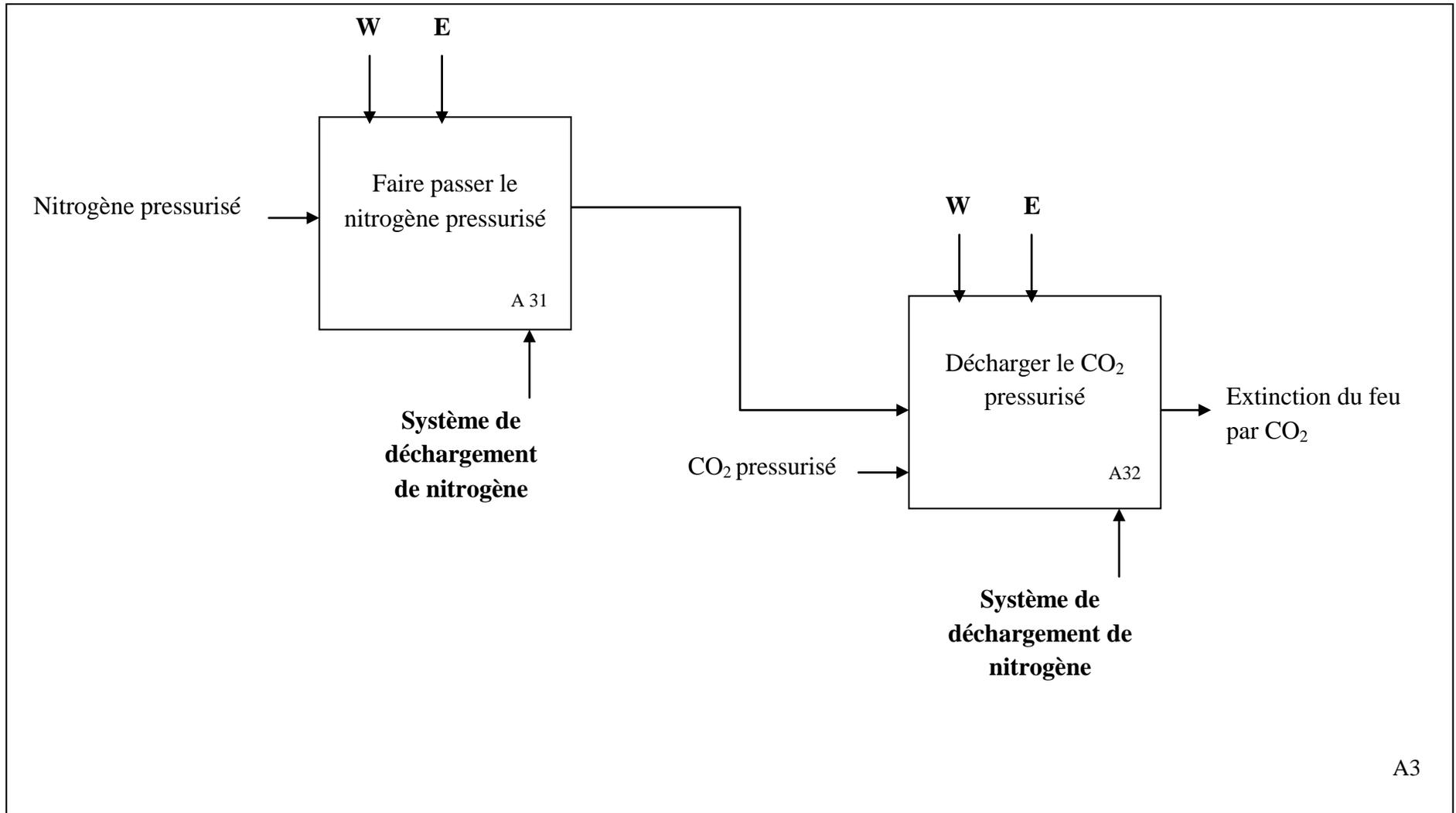


Figure IV.9 : analyse fonctionnelle de système d'extinction.

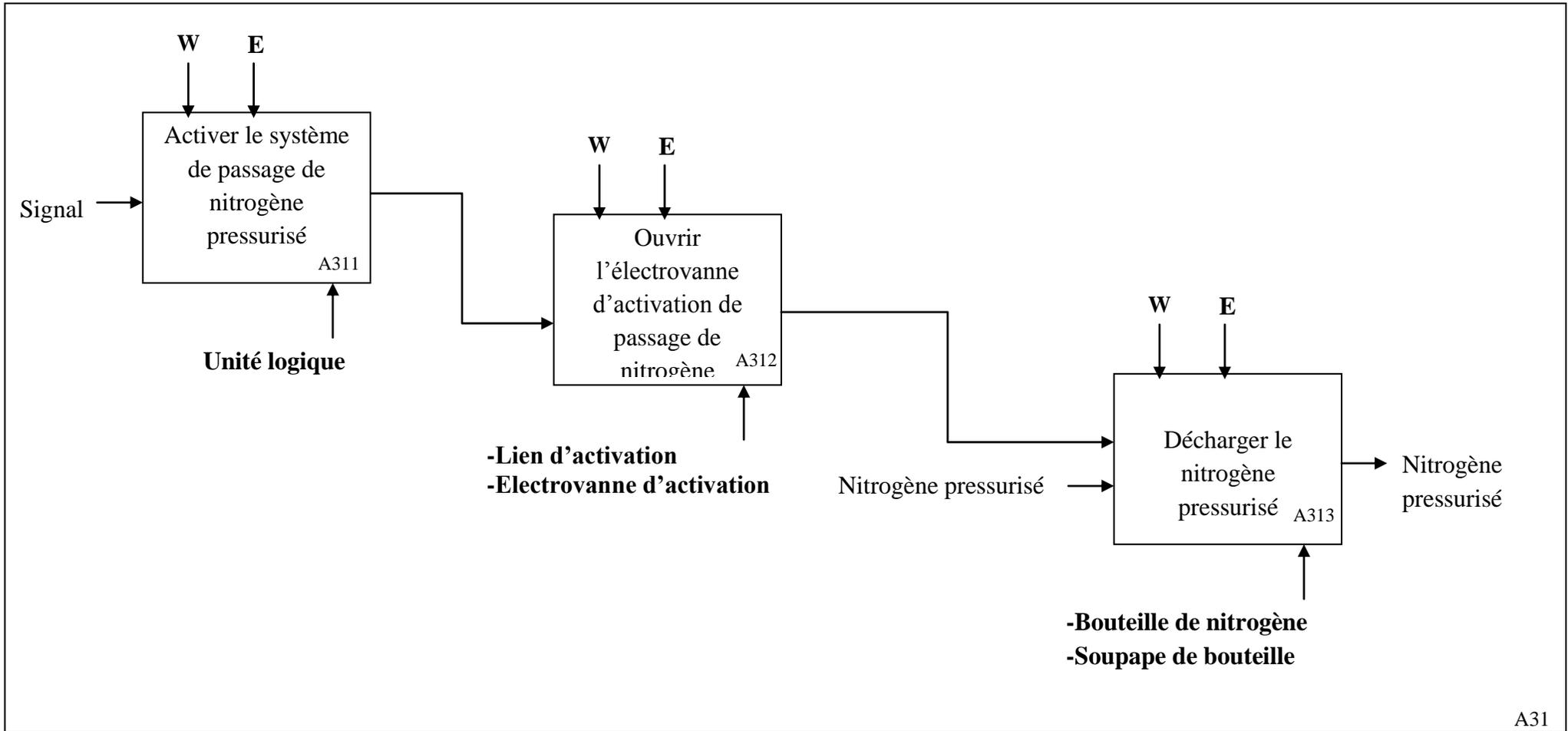


Figure IV.10 : analyse fonctionnelle de passage de nitrogène.

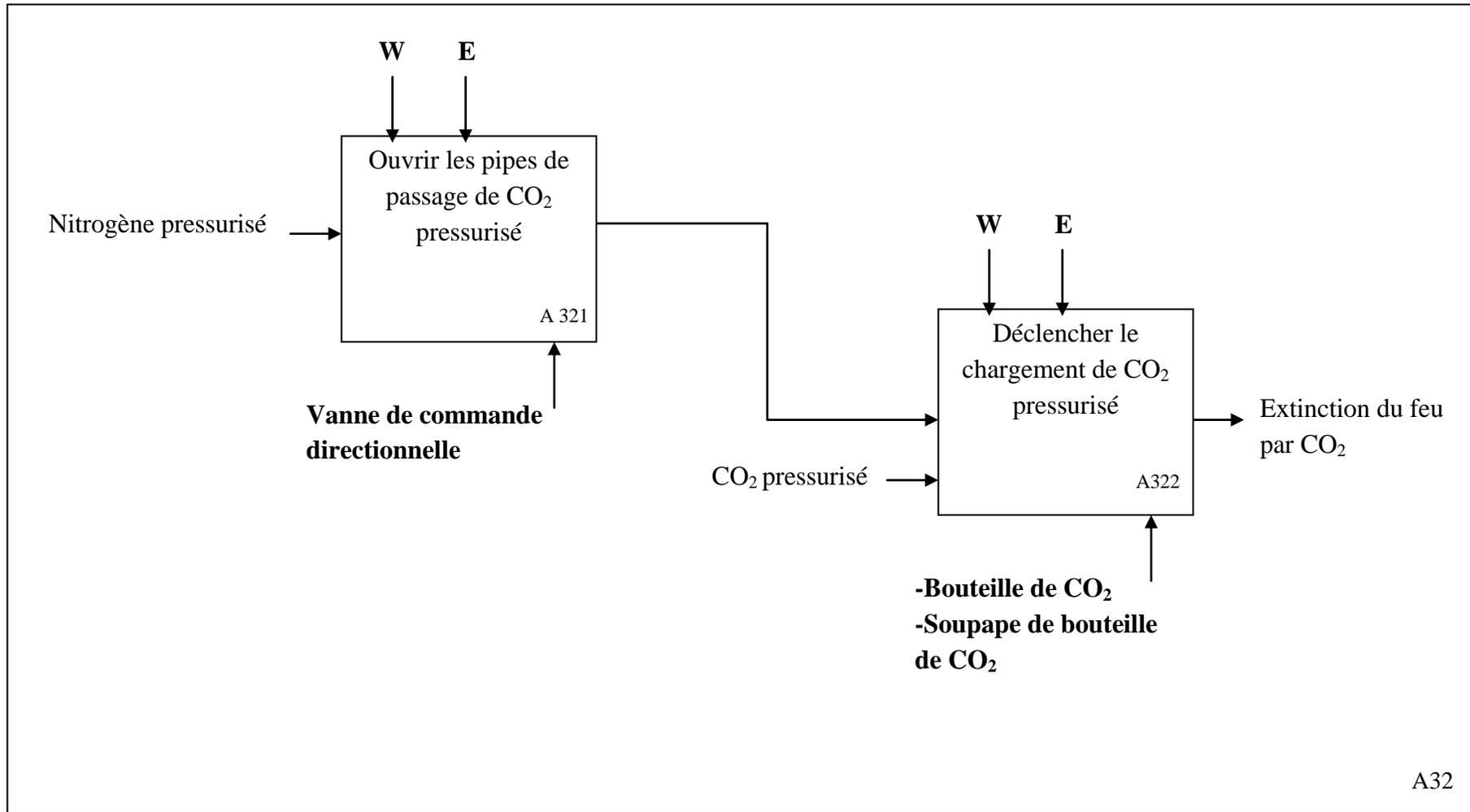


Figure IV.11 : analyse fonctionnelle de déchargement de CO₂.

IV.3 Analyse par Arbre de défaillance

La réalisation d'arbre de défaillance nécessite d'identifier l'événement redouté et les sous-systèmes de système étudié, ainsi que les données de fiabilité de chaque équipement susceptible d'être défaillant tel que : taux de défaillance (λ), taux de réparation (μ), temps moyen de réparation (MTTR)...

Ces données sont mentionnées par retour d'expérience dans la base de données OREDA 2009. OREDA 2015.

IV.3.1 Construction de l'ADD

Nous avons choisi :

- L'événement redouté comme : système extinction indisponible.

Les sous-systèmes :

- Système de détection.
- Système d'alarme.
- Système d'extinction.

Le tableau suivant présente les données de (λ ; MTTR) des composants :

Tableau IV.2 : données de (λ ; MTTR) des composants.

Sous-système	Composants	λ	MTTR
Système détection	Détecteur de chaleur (sprinkler sous eau).	6,8E-06	/
	Détecteur de flamme IR.	7,3E-07	4
Système alarme	Alarme visuelle et sonore	7E-07	/
Système extinction	Unité logique	1,737E-05	24
	Lien d'activation solénoïde	2,16E-06	9,9
	Electrovanne d'activation solénoïde	1,98E-05	9
	Bouteille de nitrogène pressurisé	1E-07	/
	Vanne de commande directionnelle	8,5E-06	4
	Vanne contre pression	1,3E-07	/

	Dispositif de poids de bouteille de CO ₂	1E-07	/
	Soupape de bouteille de CO ₂	8,5E-06	4

Les figures suivantes représentent la construction de l'arbre de défaillance par logiciel isograph présenté en sous-système :

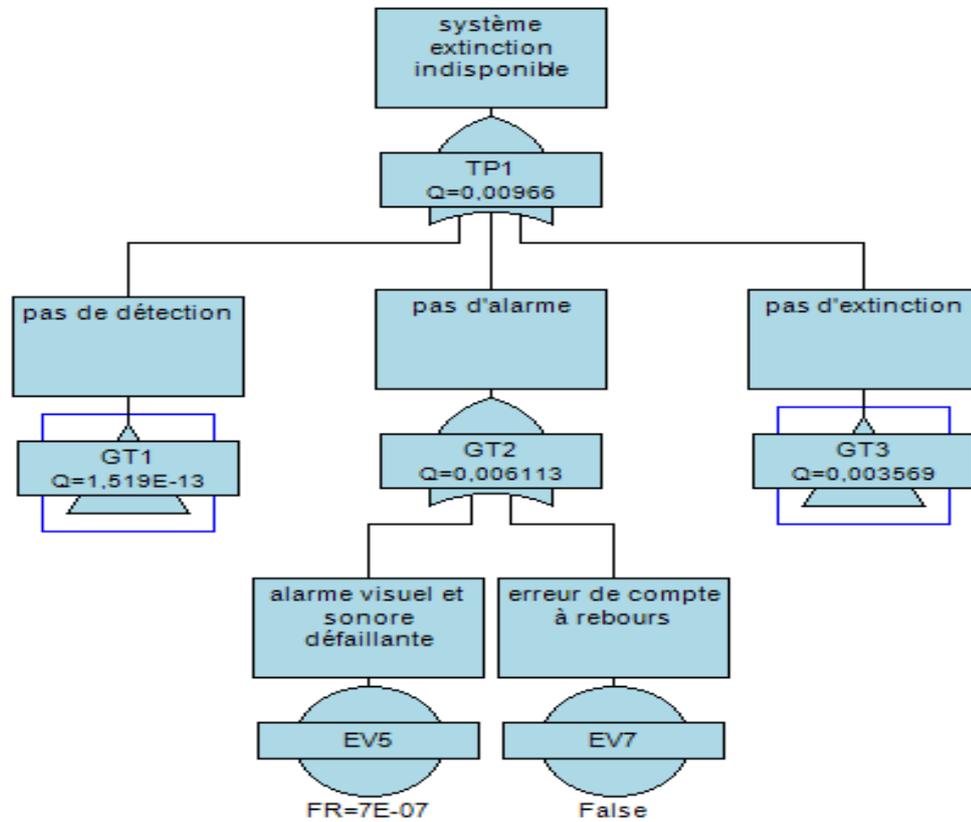


Figure IV.12 : ADD de système de détection.

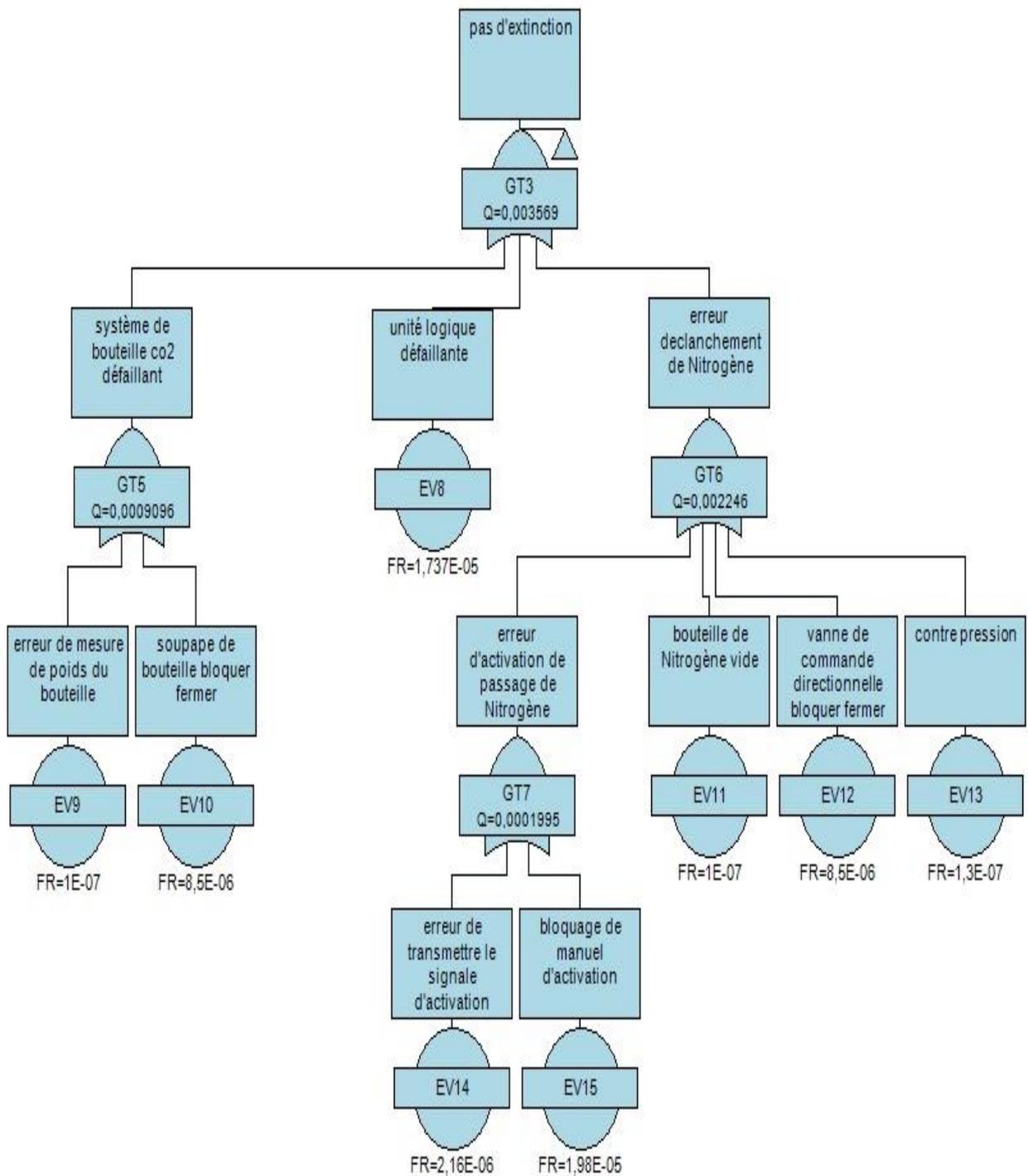


Figure IV.13 : ADD de système d'extinction.

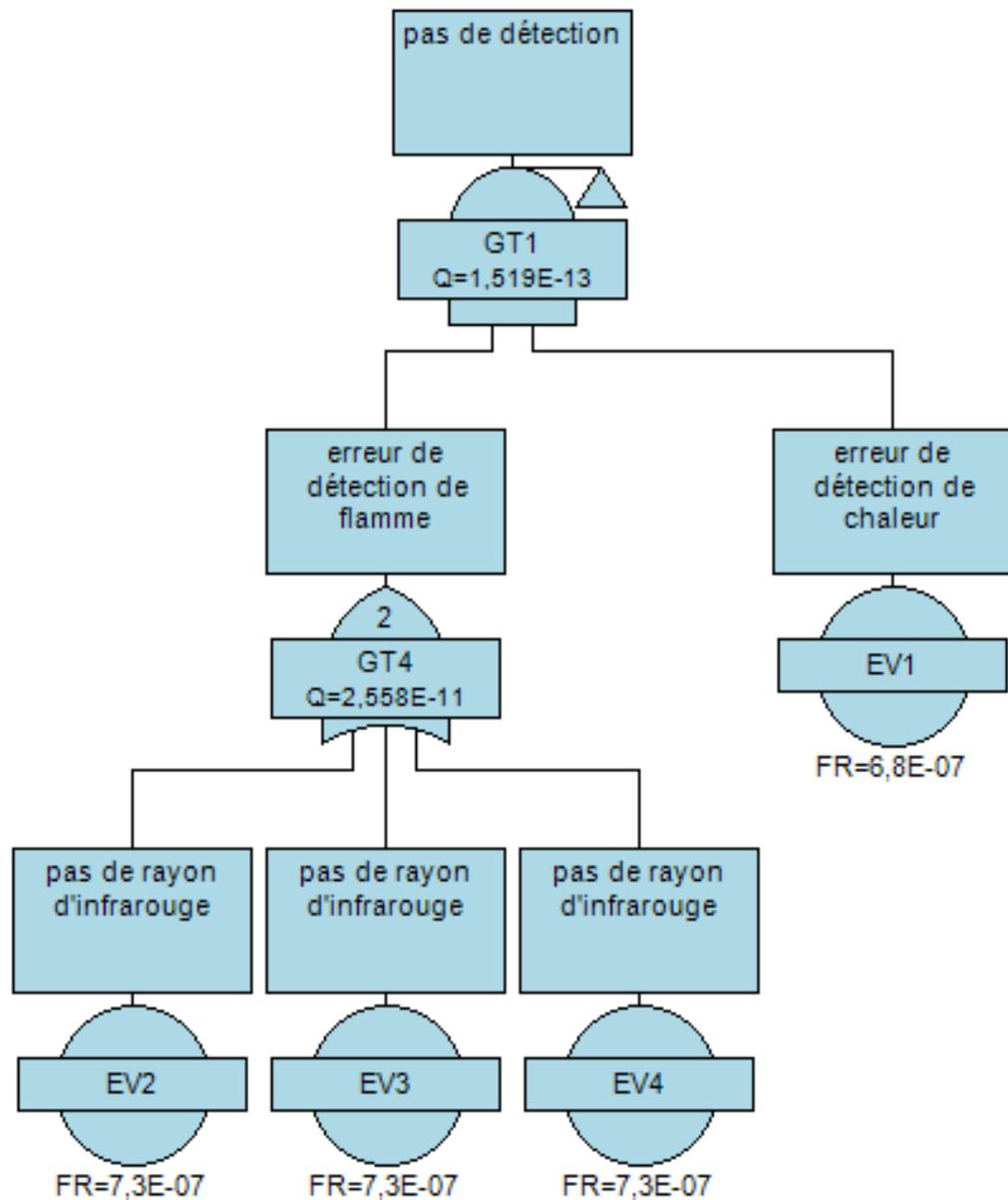


Figure IV.14 : ADD de système d'événement redouté.

IV.3.2 Résultats et discussion

Après une analyse par l'arbre de défaillance on obtient les graphes de l'indisponibilité afin d'établir une synthèse d'évaluation des sous-systèmes et le système global :

IV.3.2.1 L'indisponibilité des sous-systèmes

Tableau IV.3 : indisponibilité des sous-systèmes à $t=8760h$.

Sous-système	L'indisponibilité
Système de détection	1,519E-13
Système d'alarme	0,006113
Système d'extinction	0,003569

Tableau IV.4 : indisponibilité de système de sécurité d'incendie à $t=8760h$.

Système	L'indisponibilité
Système de sécurité d'incendie	0,00966

IV.3.2.2 Facteurs d'importance

Tableau IV.5 : facteur d'importance des sous-systèmes.

Sous-système	Identificateur d'événement	Fussel-vesely
Système d'alarme	GT2	0,6314
Système d'extinction	GT3	0,3686
Système de détection	GT1	1.596E-11

Tableau IV.6 : facteur d'importance des équipements.

Equipement	Identificateur d'événement	Fussel-Vesely
détecteur de chaleur	EV1	1
alarme visuel et sonore	EV5	1
dispositif de poids	EV9	0,9626
électrovanne d'activation	EV15	0,8928
détecteur IR	EV2	0,6667
détecteur IR	EV4	0,6667
détecteur IR	EV3	0,6667

vanne contre pression	EV13	0,5064
bouteille de nitrogène	EV11	0,3896
unité logique	EV8	0,1167
lien d'activation	EV14	0,1072
soupape de bouteille CO2	EV10	0,03738
vanne de commande directionnelle	EV12	0,01513

IV.3.3 Synthèse

A partir du tableau IV.3 nous constatons que le sous-système d'alarme a une probabilité d'indisponibilité plus importante par rapport aux autres sous-systèmes malgré que ces probabilités n'influencent pas sur l'indisponibilité du système d'une manière générale d'où nous pouvons constater que le système est considéré comme fiable et disponible.

A partir des résultats obtenus dans le tableau IV.4 nous observons que le système alarme affecte davantage la disponibilité de système mais ça reste avec une probabilité faible contrairement à le système de détection qui affecte moins.

Et dans le tableau IV.5 nous remarquons que les équipements qu'ont facteurs d'importance plus élevés sont l'alarme et le détecteur de chaleur à cause de l'absence de leur taux de réparation ($MTTR=0$) (considérer comme non réparable), et de leur emplacement dans l'arbre (L'alarme qui contribue le plus à la disponibilité de système d'alarme, et le détecteurs de chaleur qui partage sa contribution avec le détecteur de flamme, mais, car la disponibilité de ce dernier rend à plusieurs facteurs (IR1, IR2, IR3) elle diminue leur affectation et met le détecteur de chaleur en tête). Ces résultats obtenus par le calcul de facteur d'importance Fussel-Vesely nous permet d'avoir un diagnostic que notre système et d'avoir un aperçu générale sur les équipements à prioriser pour une maintenance afin d'assurer la continuité de fonctionnement de notre système.

Pour le détecteur de flamme, l'arbre de défaillance ne prend pas en compte d'aspect temporel des scénarios d'événements conduisant à la défaillance, c'est-à-dire un événement peut soit se produire, soit ne pas se produire ce qui rend ses résultats statiques surtout vis-à-vis la gestion de maintenance à entreprendre par l'entreprise. C'est ce qui nous a amenés à utiliser la méthode chaîne de markov qui prend en compte les interactions entre fonctionnement et dysfonctionnement donc ses résultats seront dynamiques et proches aux résultats réels.

IV.4 Analyse par chaîne de markov

Les différents cas de système :

Tableau IV.7 : table de vérité.

IR1	IR2	IR3	
1	1	1	CAS 1
0	1	1	CAS 2
1	0	1	CAS 3
1	1	0	CAS 4
0	0	1	CAS 5
1	0	0	CAS 6
0	1	0	CAS 7
0	0	0	CAS 8

Tableau IV.8 : les données de $(\lambda ; \mu)$ de IR.

Equipement	Taux de défaillance	Taux de réparation
IR	0,73E-6	0,25

IV.4.1 Graphe de Markov 1

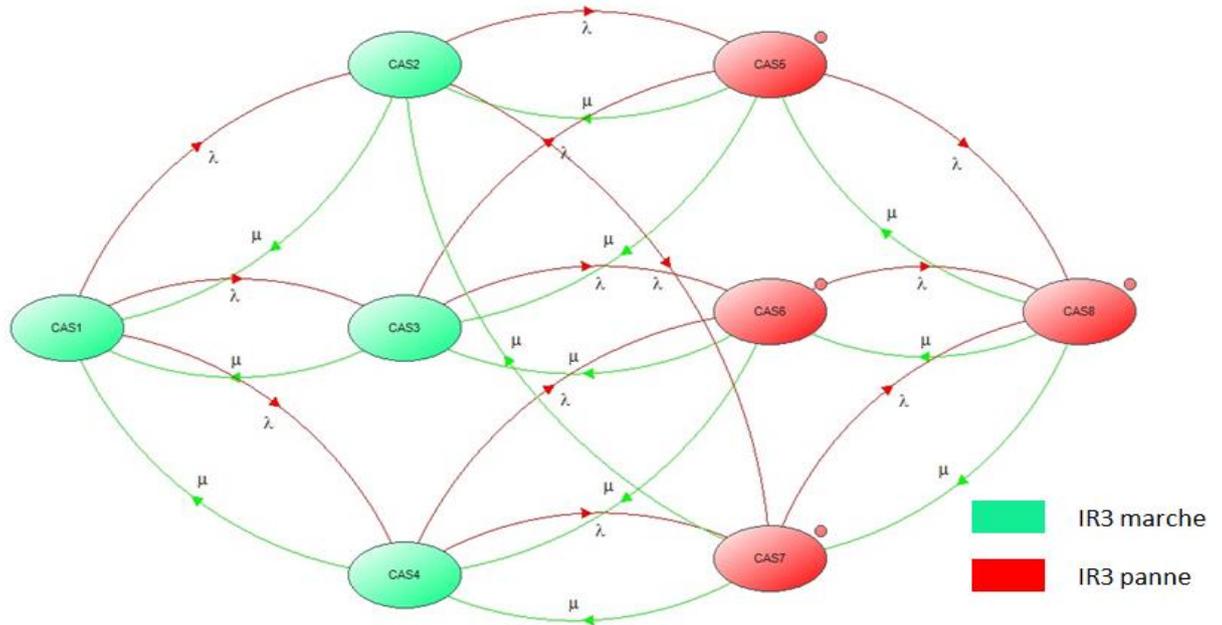


Figure IV.15 : Chaîne de markov 1 de système de détection.

Synthèse :

Ce graphe de markov présente les 8 cas (cas1, cas2, cas3, cas4, cas5, cas6, cas7, cas8) et les transitions de passage d'un cas à un autre du détecteur IR3. Nous répartirons notre graphe en deux phases :

Phase 1 : (système marche (cas1, cas2, cas3, cas4)) dans cette phase on passe de :

- Cas1 vers le cas2 par la transition de défaillance de IR1 et en revient par la transition de réparation de cas2 vers le cas1.
- Cas1 vers le cas3 par la transition de défaillance de IR2 et en revient par la transition de réparation de cas3 vers le cas1.
- Cas1 vers le cas4 par la transition de défaillance de IR3 et en revient par la transition de réparation de cas3 vers le cas1.

On passe de phase 1 vers la phase 2 soit :

- De cas2 vers le cas5 par la transition de défaillance IR2 ou vers le cas7 par la transition de défaillance IR3 et on revient de cas5 ou cas7 vers le cas 2 par la transition de réparation.

- de cas3 vers le cas5 par la transition de défaillance IR1 ou vers le cas6 par la transition de défaillance IR3 et on revient de cas5 ou cas7 vers le cas 2 par la transition de réparation.

- de cas4 vers le cas6 par la transition de défaillance IR2 ou vers le cas7 par la transition de défaillance IR1 et on revient de cas5 ou cas7 vers le cas 2 par la transition de réparation.

Phase 2 (système en panne (cas5, cas6, cas7, cas8)) : dans cette phase on passe de :

- Cas5 vers le cas8 par la transition de défaillance de IR3 et en revient par la transition de réparation de cas8 vers le cas5.

- Cas6 vers le cas8 par la transition de défaillance de IR1 et en revient par la transition de réparation de cas8 vers le cas6.

- Cas7 vers le cas8 par la transition de défaillance de IR2 et en revient par la transition de réparation de cas8 vers le cas7.

IV.4.2 Graphe de markov 2

Nous avons ajouté une proposition au même système celle-ci : la réparation se fait lorsque deux IR tombent en panne.

Le graphe de markov ci-dessous montre les résultats de notre proposition :

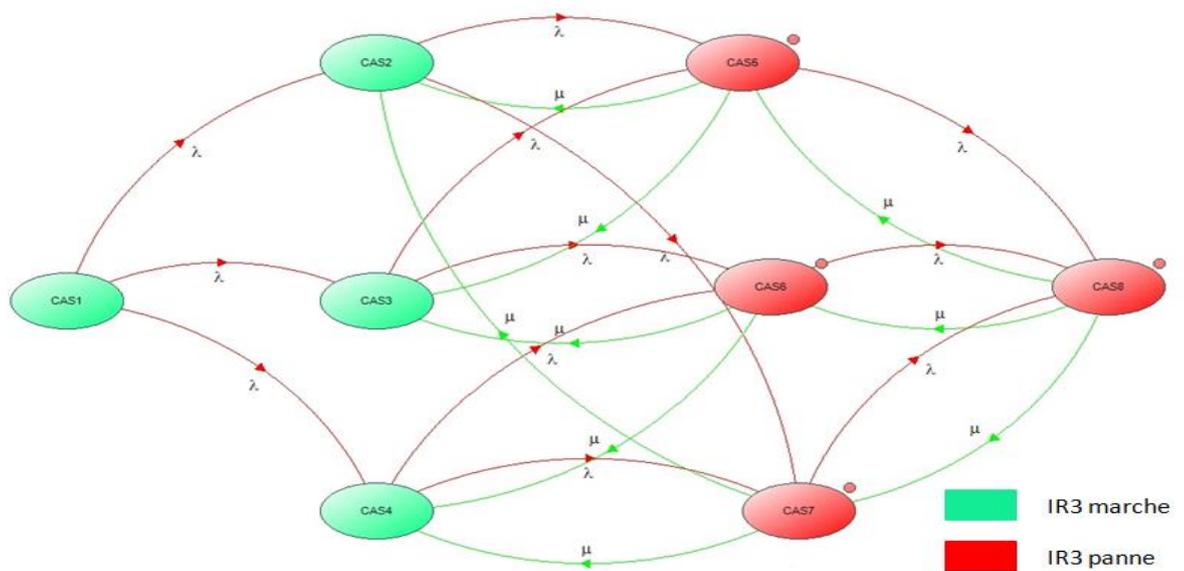


Figure IV.16 : Chaîne de markov 2 de système de détection.

Synthèse :

Dans ce graphe de markov nous avons remarqué:

- Les transitions de réparation sont absentes dans la première phase entre les cas 2, 3 et 4 vers le cas1.
- Les mêmes transitions de passage entre la première phase et la deuxième phase.
- Les mêmes transitions de passage que graphe 1 dans la deuxième phase.

IV.4.3 Graphe de markov 3

Nous avons proposé cette fois qu'aucune réparation ne sera effectuée.

Le graphe suivant montre les résultats de notre proposition :

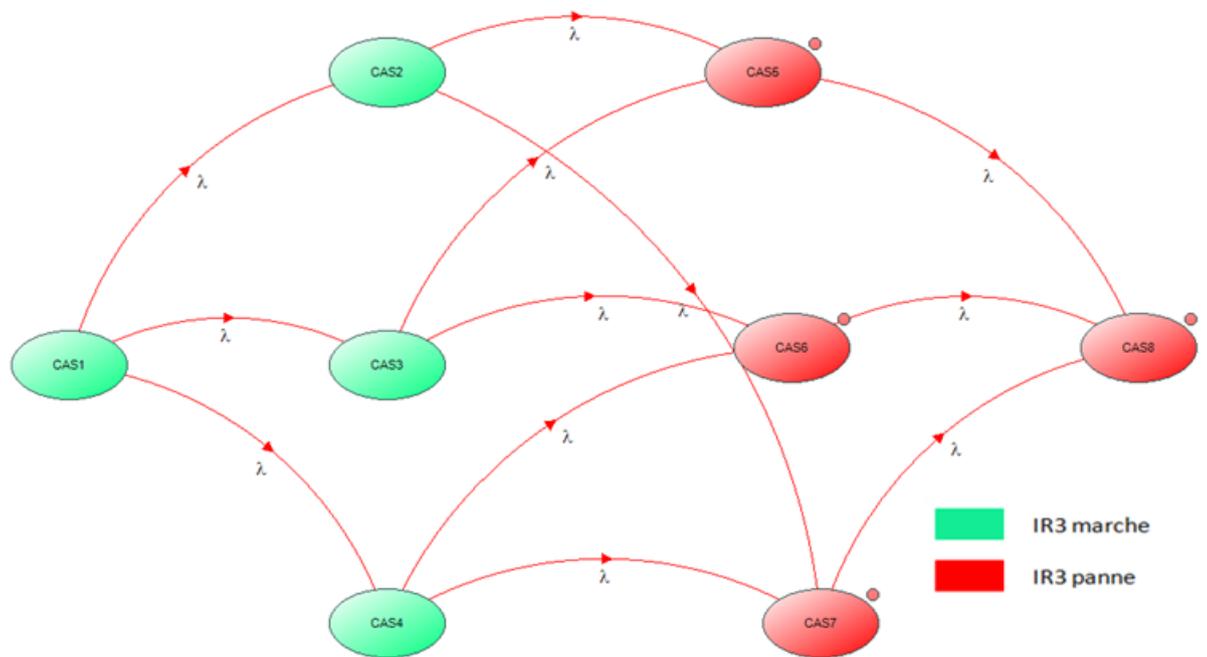


Figure IV.17 : Chaîne de markov 3 de système de détection.

Synthèse :

Nous avons remarqué dans le graphe de markov ci-dessus :

- Les mêmes transitions de défaillance dans les deux phases.
- L'absence des transitions de réparation dans les deux phases.

Synthèse globales des résultats :

Tableau IV.9 : résultats de l'indisponibilité par ADD et chaîne de markov.

Analyse par	Arbre de défaillance	Graphe de Markov 1	Graphe de Markov 2	Graphe de Markov3

L'indisponibilité	2.558E-11	2.556E-11	2.782E-8	4.058E-5
-------------------	-----------	-----------	----------	----------

D'après les résultats obtenus nous déduisons que l'indisponibilité calculée à partir de l'arbre de défaillance égale l'indisponibilité dans le graphe de markov 1.

Mais après le changement des conditions de maintenance par les chaines de markov nous constatons que les probabilités changent d'une manière remarquable qui n'est même pas détectable par les facteurs d'importances d'où l'importance de la mise en place d'un système de gestion de maintenance pour mieux assurer le bon fonctionnement de notre système en ajoutant les propositions dans le graphe de markov 2 et 3, l'indisponibilité de ces deux dernier se change car les transits de réparation sont absents.

IV.5 recommandations

Suite aux résultats obtenus et afin d'assurer le bon fonctionnement du système et sa disponibilité durant tout son cycle de vie, il est préférable de :

- ✓ Faire un test périodique des détecteurs de flamme et l'alarmes.
- ✓ Mettre des bouteilles de nitrogène et de CO₂ réserve en stock et respecter les consignes de leur stockage (APSAD r3 et r13).
- ✓ Suivre les régulations d'installation du système d'extinction automatique selon APSAD r3 et r13.
- ✓ Suivre les prescriptions d'installation des détecteurs automatiques selon APSAD r7.
- ✓ Le système d'extinction par CO₂ est efficace dans un espace confiné, pour cette raison il faut fermer l'abri de la turbine à gaz.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté en premier lieu le système de sécurité d'incendie que nous avons proposé au niveau de la turbine à gaz de phase 1.

En deuxième lieu, nous avons appliqué l'étude FDMS sur notre système par l'analyse fonctionnelle, l'arbre de défaillance, chaîne de markov de système de détection IR3 des différents scénarios en utilisant le logiciel isograph.

Nous avons terminé notre chapitre par une comparaison entre les résultats obtenues et proposé quelques recommandations afin d'améliorer les performances de notre système.

Conclusion générale

Ce projet de fin d'étude avait pour but d'élaborer une étude FDMS à système de sécurité d'incendie que nous avons proposé au niveau de la turbine à gaz de la première phase du complexe GP1/Z SONATRACH d'Arzew, à l'aide de logiciel isograph afin d'assurer une meilleure performance de notre système ainsi que de proposer des recommandations permettant le bon fonctionnement du système .

En premier lieux, nous avons décrit, les principaux concepts de base de la sûreté de fonctionnement, c'est-à-dire les notions de: fiabilité, disponibilité, maintenabilité et la sécurité selon la norme ISO 31010, deuxièmement, nous avons présenté les différentes méthodes de la sûreté de fonctionnement: quantitative/qualitative, déductive/inductive, statique/dynamique. Les principales étapes de ces méthodes et leurs avantages et leurs limites afin de choisir les méthodes les plus adaptés à notre travail.

Par la suite nous avons présenté les notions de système, sécurité selon les normes CEI 61508, CEI 61511, ISA-84. Nous avons aussi identifié les systèmes instrumentés de sécurité et leurs compositions, ainsi que le système de sécurité d'incendie et ses sous-systèmes: de détection, d'alarme et d'extinction comme étant notre système proposé.

Dans la partie pratique nous avons commencé par la présentation, du complexe GP1/Z et ses différents départements et procédés de production ainsi que des généralités sur l'unité industrielle choisie la turbine à gaz SULZER type S3 et son système de sécurité incendie.

Dans la dernière partie de notre projet nous avons présenté un système de sécurité incendie automatique proposé, ainsi l'étude FDMS sur ce système par l'analyse fonctionnelle et à l'aide de logiciel isograph par l'arbre de défaillance et chaîne de Markov de système de détection IR3 des différents scénarios pour l'obtention des résultats de l'indisponibilité et fiabilité par les deux méthode et nous les avons comparé afin de voir l'importance de la mise place d'un système de maintenance efficace. Nous avons conclu notre étude par des recommandations afin d'améliorer les performances de notre système.

Bibliographie

Bibliographie :

- [A10] : F, AUDRY. *Guide pour le professeur: la démarche d'analyse fonctionnelle* [en ligne]. Février 2010. Disponible au format PDF sur Internet : https://sti.ac-versailles.fr/IMG/pdf/analyse_fonctionnelle_guide_pour_le_professeur-2.pdf. [Consulté le 05 avril 2022].
- [AS10] : TOTAL. *Instrumentation automatisme sécurité : F&G / ESD*. Manuel de formation.
- [B07] : BIROLINI, Alessandro. *Livre de Reliability Engineering Theory and Practice*. Fifth Edition Springer, Italy, 2007.
- [BF21] : Fatima BENOMAR. *Les systèmes instrumentés de sécurité*. Cour: systèmes instrumentés de sécurité (SIS). Oran: université d'Oran 02, 2021.
- [CL10] : Loubna CHERGU. *Diagnostic des Défaillances et Optimisation des Architectures des Systèmes Instrumentés de Sécurité : Apport de la Logique Floue*. Magistère en hygiène et sécurité industrielle. Batna: université El-Hadj Lakhdar, 15 février 2010.
- [E07] : SALLAK, Mohamed. *Mémoire d'Evaluation de paramètres de sûreté de fonctionnement en présence d'incertitudes et aide à la conception : Application aux Systèmes Instrumentés de Sécurité*. Pour l'obtention du diplôme de Doctorat Institut National Polytechnique de Lorraine – INPL. le 19 Octobre 2007
- [E19] : BOULAHLIB, Amir Islem, KASRI, Sid Ali. *Mémoire d'étude de fiabilité d'un système anti incendie à mousse dans un site industriel*. Pour l'obtention de diplôme de Master. Université Oran 2 Institut de Maintenance et Sécurité Industrielle. Année 2019/2020.
- [EX50] : BEN MOHAMED, Hedi. Document de Afs---extincteur-a-poudre-50-kg sur le site scribd : <https://fr.scribd.com/document/488699910/afs-extincteur-a-poudre-50-kg> [télécharger le 17/06/2022 à 15.00].
- [FMD13] : BELLAOUAR, Ahmed, BELEULMI, Salima. *Cour de fiabilité maintenabilité disponibilité*. Université Constantine 1. Faculté des Sciences de la Technologie Département Génie des Transports. Année Académique 2013-2014
- [G19] : Islam Hadj Mohamed, GUETARNI. *Analyse Quantitative des Risques : Application sur les Bacs de Stockage*. Thèse de doctorat LMD en Sécurité industrielle et Environnement. Oran: Université d'Oran 02, 06 mai 2019.

Bibliographie

- [G21] : Islam Hadj Mohamed, GUETARNI. *Cour de module Evaluation par Simulation en Sûreté de Fonctionnement des Systèmes en contexte Dynamique et Hybride*. Université d'Oran 02, 2021.
- [GR2] : les chaînes de markov (graphes de markov) traité à l'aide du logiciel : GRIF. Disponible sur l'internet : le site scribd.
- [HS12] : Samia HADDAD. *Evaluation et Optimisation des Performances des Systèmes Instrumentés de Sécurité pour une Meilleure Maîtrise des Risques*. Magistère en hygiène et sécurité industrielle. Batna: université El-Hadj Lakhdar, 2012.
- [HT15] : Hafed TOUAHAR, *Maintenance des Systèmes Instrumentés de Sécurité (SIS): Etude de cas*. Magistère en hygiène et sécurité industrielle. Batna: université El-Hadj Lakhdar, 23 Mai 2015.
- [I31] : ISO31010. COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE. Version 2019.
- [IMO10] : IHI, Manuel Opérateur GP1/Z, Généralités sur le complexe de séparation de gaz pétrolier, GP1/Z, Volume 24, 2010.
- [J12] : Jean-Pierre SIGNORET (sous la dir.). *TECHNIQUES DE L'INGÉNIEUR l'expertise technique et scientifique méthodes d'analyse des risques: approche markovienne*. Paris-France: 01 mars 2012.
- [M12] : Michel, ROYER (sous la dir.). *TECHNIQUES DE L'INGÉNIEUR l'expertise technique et scientifique méthodes d'analyse des risques: HAZOP*. Paris-France: 01 mars 2012.
- [MGR10] : CHERGUI, Loubna. Mémoire de Diagnostic des défaillances et optimisation des Architectures des systèmes instrumentés de sécurité : Apport de la logique Floue. Pour l'obtention du diplôme de MAGISTERE. Université EL-Hadj Lakhdar Batna institut d'hygiène et sécurité industrielle. Le 15 Février2010.
- [MOB4] : IHI, Manuel Opérateur GP1/Z, Section de récupération de BOG, Volume 4, 2010.
- [MOP2] : IHI, Manuel Opérateur GP1/Z, Description générale du procédé, Volume 2, 2010.
- [MOS3] : Manuel Opérateur Turbine à gaz SULZER type S3 du complexe GP1/Z.
- [MS3] : Modernisation systèmes de commande/contrôle et systèmes auxiliaires de la turbine à gaz S3 du complexe GP1/Z.

Bibliographie

- [PM05] : ENSPM. *Formation industriel protection et lutte contre incendie: procédés et moyens d'extinction*. 2005.
- [R7] : B. DEBRAY, S. CHAUMETTE, S. DESCOURIERE, V. TROMMETER. *Rapport d'étude : Méthodes d'analyse des risques générés par une installation industrielle*. INERIS, 13 octobre 2006.
- [RM2] : DIHAHC. Document de Matrice sur le site scribd : <https://fr.scribd.com/doc/48128628/matrice> [Télécharger du site le 10 juin 2022 à 23 :31].
- [S1] : *Cour fonction d'un produit: analyse fonctionnelle* [en ligne]. Disponible au format PDF sur Internet: <http://joho.p.free.fr/EC/COURS%20DOC/ANALYSE%20FONCTIONNELLE/ANALYSE%20FONCTIONNELLE> . [Consulté le 05 avril 2022].
- [S2] : Gaz Detect. *Détecteur optique de flamme* [en ligne]. Disponible sur Internet: <https://www.gazdetect.com/installations-fixes/detecteurs-optiques-de-flammes/>. [consulté le 05 Mai 2022].
- [S3] : mavili. *Types de détecteurs de fumée et principe de fonctionnement* [en ligne]. Disponible sur Internet: <https://www.mavili.com.tr/fr/types-de-detecteurs-principes-de-fonctionnement/1822-types-de-detecteurs-principes-de-fonctionnement.html>. [Consulté le 10 Mai 2022].
- [S4] : Habitat. *les détecteurs de chaleur* [en ligne]. Disponible sur Internet: https://www.m-habitat.fr/electricite/alarme/les-detecteurs-de-chaleur-1003_A. [consulté le 15 juin 2022].
- [S5] : *CHOIX ET IMPLANTATION DU MATERIEL INCENDIE* [en ligne]. Bac sen. Disponible au format PDF sur Internet: https://ww2.ac-poitiers.fr/electronique/sites/electronique/IMG/pdf/choix_et_implantation_des_de_tecteurs_incendie_2013_partie_1.pdf. [consulté le 05 avril 2022]
- [TEF72] : SEXGIN, Alsan. Thèse d'étude de la fiabilité des systèmes de sécurité dans les réacteurs nucléaires. pour l'obtention du grade de docteur de l'université de Grenoble. université scientifique et médicale de Grenoble. Le 23 Octobre 1972.
- [TS54] : COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION. La directive CEN/TS 54-14: Systèmes de détection et d'alarme incendie - Partie 14. juillet 2004. Version anglais.

Bibliographie

- [V97] : VILLEMEUR, Alain. Livre de Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels : Fiabilité- facteurs humains informatisation. Edition EYROLLES, Paris ,1988.
- [Y03] : Yves, MORTUREUX (sous la dir.). *TECHNIQUES DE L'INGÉNIEUR l'expertise technique et scientifique méthodes d'analyse des risques: AMDEC, APR, ADD.* Paris-France: 01 mars 2012.
- [Y12] : Yves, MORTUREUX (sous la dir.). *TECHNIQUES DE L'INGÉNIEUR l'expertise technique et scientifique la sûreté de fonctionnement : méthodes pour maîtriser les risques.* Paris-France: 01 mars 2012.

Annexes

Annexe A

Arbre de défaillance

Analyse par Arbre de Défaillances :

La méthode consiste en une représentation graphique des multiples causes d'un événement dangereux. Elle permet de visualiser les relations entre les défaillances d'équipement, les erreurs humaines et les facteurs environnementaux qui peuvent conduire à des accidents. On peut donc éventuellement y inclure des facteurs reliés aux aspects organisationnels.

Coupes minimales – Réduction d'arbre :

Une coupe minimale représente la plus petite combinaison d'évènements pouvant conduire à l'événement indésirable ou redouté. On parle parfois également de « Chemin critique ».

Dans l'exemple précédent, l'occurrence simultanée des événements A, B et C conduit effectivement à l'événement final. Il ne s'agit cependant pas d'une coupe minimale puisque la combinaison A.B seule peut être à l'origine de l'événement final.

La recherche des coupes minimales est effectuée à partir des règles de l'algèbre de BOOLE en considérant que :

- À chaque événement de base correspond une variable booléenne,
- L'événement de sortie d'une porte « ET » est associé au produit des variables booléennes correspondant aux événements d'entrée,
- L'événement de sortie d'une porte « OU » est associé à la somme des variables booléennes correspondant aux événements d'entrée, Quelques-unes des principales règles de l'algèbre de BOOLE sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau A.1: principales règles de l'algèbre de BOOLE

Propriétés	Produit (t)	Somme (OU)
Commutativité	$A.B = B.A$	$A + B = B + A$
Idempotence	$A.A = A$	$A + A = A$
Absorption	$A.(A+B) = A$	$A + A.B = A$
Associativité	$A.(B.C) = (A.B).C$	$A + (B + C) = (A + B) + C$
Distributivité	$A.(B + C) = A.B + A.C$	$A + B.C = (A+B).(A+C)$

Annexes

Ainsi, dans l'exemple précédent, la recherche des coupes minimales peut s'effectuer comme suit :

$$ER = E1 \cdot E2 \quad E1 = A + E3$$

Avec

$$E3 = B + C$$

$$E2 = C + E4$$

Avec

$$E4 = A \cdot B$$

Au total, nous avons donc :

$$ER = (A+B+C) \cdot (C+A \cdot B) = A \cdot C + A \cdot B + B \cdot C + A \cdot B + C + C \cdot A \cdot B$$

Or,

$$A \cdot C + C = C \text{ et } A \cdot B + A \cdot B \cdot C = A \cdot B \text{ Par absorption)}$$

$$ER = (C + A \cdot B + B \cdot C + A \cdot B)$$

De plus,

$$A \cdot B + A \cdot B = AB \text{ (Idempotence) et } C + B \cdot C = C \text{ (Absorption)}$$

D'où

$$ER = C + A \cdot B$$

Annexe B

Logiciel isograph

Logiciel isograph :

Reliability Workbench, est intégré pour effectuer des prévisions de fiabilité et des analyses de déclassement, des prévisions de maintenabilité, des effets de mode de défaillance et une analyse de criticité (AMDEC) avec testabilité, une analyse de diagramme de blocs de fiabilité (RBD), une analyse d'arbre de défaillances, une analyse d'arbre d'événements, une analyse de Markov, Analyse de Weibull, calculs de croissance de fiabilité, allocation de fiabilité et évaluation de la sécurité.

Reliability Workbench permet aux utilisateurs de développer des projets contenant des données appropriées à un ou plusieurs de ces modules d'analyse. Les données peuvent être facilement transférées entre les modules en utilisant simplement le copier-coller et les fonctions de transfert automatique de données. Si vous utilisez les modules de prédiction MIL-217 ou Telcordia, vous pourrez également convertir automatiquement les données entre ces deux normes différentes.

Que vous utilisiez les versions Professional ou Enterprise, vous serez en mesure de maintenir et d'analyser les projets et bibliothèques de fiabilité dans un environnement intégré. Lorsque vous utilisez Reliability Workbench, vous pouvez basculer entre les différents modules en un instant. Les données peuvent être transférées entre les modules simplement en copiant et en collant les données appropriées. Les liens entre les modules sont maintenus à l'aide d'une puissante fonction de liaison de données et les données peuvent être automatiquement mises à jour dans un module en raison des modifications apportées dans un autre module. Par exemple, l'utilisateur peut exiger qu'un bloc dans un RBD obtienne son taux d'échec à partir d'une prédiction MIL-217. Le bloc dans le RBD peut donc être lié à un bloc dans le module de prédiction MIL-217. Les modifications des taux de défaillance dans le module de prédiction peuvent alors être automatiquement transférées vers le RBD. Un autre bloc dans le RBD peut obtenir ses données de taux d'échec à partir d'une prédiction NSWC. Le module d'évaluation de la sécurité permet de relier les analyses des dangers aux modèles de vérification probabilistes utilisés pour soutenir le dossier de sécurité.

Annexes

Reliability Workbench fournit un puissant générateur de rapports, permettant aux utilisateurs de créer des rapports et des graphiques personnalisés. De plus, une puissante fonction d'import / export est fournie, permettant de transférer des données directement vers et depuis les bases de données Microsoft Access et les tableurs tels que Microsoft Excel.

Reliability Workbench contient une multitude de fonctionnalités pour la construction de projets, l'analyse des données et la production de rapports. Ces caractéristiques comprennent :

- ✚ Prédictions MIL-217
- ✚ Prédictions 217Plus
- ✚ Prédictions Telcordia
- ✚ Prédictions CEI TR 62380
- ✚ Prédictions GJB / Z 299B / C
- ✚ Prédictions SN 29500
- ✚ Prédictions FIDES
- ✚ Prédictions de données mécaniques (NSWC)
- ✚ Modèles de prédiction de taux d'échec personnalisés
- ✚ Calculs de déclassement
- ✚ Prédictions MTTR
- ✚ Analyse des modes de défaillance, des effets et de la criticité
- ✚ Analyse de testabilité
- ✚ Analyse des diagrammes de fiabilité (RBD)
- ✚ Analyse de l'arbre des défauts
- ✚ Analyse de l'arborescence d'événements
- ✚ Analyse de Markov
- ✚ Analyse Weibull
- ✚ Croissance de la fiabilité
- ✚ Allocation de fiabilité
- ✚ Évaluation de la sécurité (analyse des dangers)
- ✚ Contrôle de grille personnalisable
- ✚ Rapports et graphiques personnalisables
- ✚ Installations d'importation et d'exportation personnalisables
- ✚ Fonctions de couper, copier et coller
- ✚ Faites glisser et déposez les données des bibliothèques
- ✚ Facilités de transfert de données entre différents modules

Annexes

- ✚ Création automatique de RBD à partir d'une AMDEC ou d'une prédiction
- ✚ Création automatique d'arbres de défaillances à partir d'un RBD, AMDEC ou prédiction
- ✚ Ajout de données de différents projets
- ✚ Bibliothèques de répartition et de phrases pour AMDEC
- ✚ Vérificateur d'orthographe
- ✚ Fonctions étendues de tri, de recherche et de remplacement de texte
- ✚ Interface Windows moderne avec des options familières
- ✚ Capacités d'analyse rapides et complètes
- ✚ Conversion automatique MIL-217 vers Telcordia
- ✚ Conversion automatique de Telcordia en MIL-217
- ✚ Bibliothèques de pièces intégrées

Annexe C

Méthode HAZOP

Paramètres, mots-clés et déviation:

Paramètre :

La méthode HAZOP fait appel à des paramètres spécifiques qui s'expriment par de simples mots (noms ou verbes) caractéristiques de l'intention de la conception et que l'on peut définir ainsi : « grandeur physiquement mesurable, action ou opération à réaliser ». De manière fréquente, les paramètres sur lesquels porte l'analyse sont : (la température, la pression, le débit, le niveau, le temps...).

Mots-clés ou mots guides :

Parallèlement, la méthode introduit un nombre limité (sept à l'origine) de mots-clés appelés aussi « mots guides » et définis originellement ainsi : « ...simple mot ou courte phrase qualifiant l'intention en vue de guider et de stimuler le processus créatif et ainsi de permettre la découverte de déviations... ». Liste des sept mots-clés (keywords) : non ou pas de, plus de, moins de, en plus de, en partie, autre que, inversé.

Déviations :

La combinaison de mots-clés et de paramètres va constituer une dérive, ou déviation, de ce paramètre :

MOT-CLÉ + PARAMÈTRE = DÉVIATION

Exemple :

Tableau I.4 : exemple de combinaison

Mots-clés	Paramètres	Déviations
Pas de	Niveau	Capacité vide
Plus de	Température	Température trop haute
Moins de	Pression	Pression trop basse
Inverse	Débit	Retour de débit

Elaboration d'une approche FDMS pour l'optimisation des performances d'un système de sécurité

Résumé

L'industrie de nos jours se base sur plusieurs systèmes et sous-systèmes complexes, La turbine à gaz l'un de ces systèmes complexes là où la probabilité d'incendie est élevée. Pour cette raison il est primordial de mettre en place un système de sécurité d'incendie fiable et disponible afin de garantir la sécurité de cet équipement. Ce travail est consacré à l'étude FDMS (Fiabilité, Disponibilité, Maintenabilité, Sécurité) du système proposé au niveau de la turbine à gaz de phase 1 du complexe GP1/Z. En premier lieu il est nécessaire de présenter les fondamentaux de la sûreté de fonctionnement et de ses différentes méthodes : AMDEC, APR, ADD, HAZOP et chaîne de Markov. En deuxième lieu une présentation sur les systèmes instrumentés de sécurité et le système de sécurité d'incendie nous permet de mieux cerner notre cas d'étude. En dernier lieu une étude FDMS approfondie par des méthodes probabilistes est effectuée afin d'évaluer l'indisponibilité et la fiabilité de système de sécurité d'incendie à l'aide de logiciel Isograph Reliability Workbench par les méthodes arbre de défaillance et chaîne de Markov afin d'atteindre le niveau maximal de performance de ce système et mieux gérer la maintenance pour l'efficacité lors de l'intervention.

Mots clés : Turbine à gaz, ADD, chaîne de Markov, système de sécurité d'incendie, FDMS.

Development of an RAMS approach for optimizing the performance of a security system

Abstract

The industry today is based on several complex systems and subsystems, the gas turbine one of these complex systems where the probability of fire is high. For this reason, it is important to set up a reliable and available fire safety system in order to ensure the safety of this equipment. This work is devoted to the RAMS study (Reliability, Availability, Maintainability, Safety) of our proposed system of the phase 1 gas turbine installed in the GP1/Z complex. First, it is necessary to present the fundamentals of dependability and its different methods: FMECA, PRA, FTA, HAZOP and Markov chain. Secondly, a presentation on safety instrumented systems and the fire safety system allows us to better understand our case study. Finally, an in-depth FDMS study using probabilistic methods is carried out to assess the unavailability and reliability of fire safety systems using Isograph software using fault tree and Markov chain methods in order to achieve the high level performance of this system and better manage maintenance for efficiency during the intervention.

Keywords: Gas turbine, FTA Markov chain, fire safety system, RAMS.