



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

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

معهد الصيانة و الأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de sécurité industrielle et environnement

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : sécurité industrielle
Spécialité : prévention et intervention

Thème

Étude optimisée d'un système anti incendie préventif dans l'industrie

Présenté et soutenu publiquement par :

Mr. TAHAR Hamza

Mr. BENAOUA Zakarya

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
Mr. LALAOUI Mohamed Amin	MAA	IMSI	Président
Mr. CHENNOUFI Mohammed	MCB	IMSI	Encadreur
Mr. BENFEKIR Abderrahim	MCB	IMSI	Examineur

Année 2019/2020

Résumé

Dans le milieu industriel les incendies causent des dommages en perte des vies humaines et des pertes économiques très considérables, pour prévenir contre ce risque il est essentiel d'installé un système anti incendie adapté par l'utilisation des différentes méthodes d'analyse de risques pour obtenir tous les scenarios d'incendie possibles qui peuvent avoir lieu, et optimiser le coût de ce système par l'utilisation de critère ALARP et l'analyse coût/bénéfice et en optimisant la performance de système dans son efficacité, temps de réponse et son niveau d'intégrité de sécurité.

Abstract

In the industrial world, fires cause multiples damages in loss of human life and very considerable economic losses, to prevent against this risk is necessary to install a suitable fire fighting system by using different risks analysis methods for getting all fire scenarios possible that can be happened, and optimize the cost of this system by using ALARP criteria and cost benefit analysis and optimize the system performance in its effectiveness, response time, and its safety integrity level.

ملخص

في المجال الصناعي تسبب الحرائق أضرارا جسيمة تتمثل في موت الأشخاص بالإضافة إلى خسارة اقتصادية جد معتبر, للوقاية ضد هذا الخطر من الضروري القيام بتنصيب نظام لمكافحة الحريق يكون مناسباً و العمل على تحسينه اقتصادياً و ذلك بتطبيق معيار ALARP وتحليل التكلفة / المنفعة و أيضاً العمل على تحسين كفاءته من حيث فعالية النظام ووقت الاستجابة للمكافحة الحريق و درجة الثقة عند استعماله.

REMERCIEMENTS

Nous tenons tout d'abord à remercier ALLAH le tout puissant, qui nous a donné la force et le courage pour achever ce modeste travail.

Nos plus sincères remerciements sont destinés à notre encadreur monsieur CHENNOFI Mohammed pour son aide et ses précieux conseils tout au long de cette période de réalisation de ce présent travail.

Nos plus chères remerciements sont réservés à nos familles et plus particulièrement à nos parents pour leurs soutien et encouragement tout au long de nos études.

Nous tenons enfin à remercier tout le personnel de l'institut de maintenance et de sécurité industriel, ainsi que à toutes les personnes qui auront contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.



Dédicace

A ma mère, l'être le plus cher de ma vie

A mon père, à celui qui m'a fait de moi un homme

A mes beaux frères et belles sœurs

A mes proches et à toute personne qu'il me connue de

Proche ou de loin

Je dédie ce modeste travail

TAHAR Hamza



Dédicace

Je dédie ce modeste travail

*à mes très chers parents, source de vie,
d'amour, et d'affection.*

*à mes frères et leurs enfants, source de
joie et de bonheur.*

à toute ma famille, source d'espoir.

et à tous mes amis

BENAOUDA Zakarya

Liste des figures

<i>Les figures de chapitre I</i>	
Numéro de la figure	Titre de la figure
Figure I-a	le triangle de feu
Figure I-b	la représentation de la combustion de méthane
Figure I-c	un élément stable au feu
Figure I-d	un élément pare flamme
Figure I-e	un élément coupe feu
Figure I-f	illustré le classement des matières
<i>Les figures de chapitre II</i>	
Figure II- a	système de sécurité incendie
Figure II- b	le type de détecteur utilisé en chaque phase de l'incendie
Figure II- c	la détection ponctuelle
Figure II- d	la détection linéaire
Figure II- e	la détection multi ponctuelle
Figure II- f	la détection conventionnelle
Figure II- g	la détection adressable
Figure II- h	équipement de contrôle et de signalisation
Figure II- i	unité de commande manuelle centralisée
<i>Les figures de chapitre III</i>	
Figure III- a	représentation d'un scénario d'accident par le nœud papillon
Figure III- b	Diagramme ALARP
Figure III- c	exemple d'un système sprinkler
Figure III- d	mise en œuvre d'un système anti incendie
<i>Les figures de chapitre IV</i>	
Figure IV- a	la zone de stockage de GPL
Figure IV- b	le phénomène de BLEVE
Figure IV- c	le périmètre affecté par le BLEVE
Figure IV- d	les diamètres de trois zones affectées par le BLEVE
Figure IV- e	l'effet de BLEVE sur le site
Figure IV- f	le système de déluge

Liste des tableaux

Numéro de tableau	Titre de tableau
Tableau -1-	Les classes de feu
Tableau -2-	Les classes des matières
Tableau -3-	Les zones ATEX
Tableau -4-	quelques défaillances potentielles et leurs solutions envisagées
Tableau -5-	les données pour la modélisation de BLEVE
Tableau -6-	tableau récapitulatif des détecteurs de gaz.
Tableau -7-	tableau récapitulatif des détecteurs de feu
Tableau -8-	tableau récapitulatif des points de communication
Tableau -9-	tableau récapitulatif des vannes de déluge des sphères de stockage GPL
Tableau-10-	tableau récapitulatif des alarmes visuelles et sonores.

Liste des abréviations

ACB: analyse coût bénéfice

AdD : arbre de défaillances.

AdE: arbre d'évènements.

ALARP: as low as reasonably practicable

ATEX : atmosphère explosif.

BAAS : bloc autonome d'alarme sonore.

BLEVE: boiling liquid expanding vapor explosion

CF : coupe feu.

CMSI : centralisateur de mise en sécurité incendie.

DAC : dispositifs adaptateurs de commande.

DAS : dispositifs actionnés de sécurité.

DCMR : dispositif de commande manuelle regroupée.

DM : déclencheur manuel.

DS : diffuseurs sonores.

DSNA : diffuseurs sonores non autonome.

EA : équipement d'alarme.

ECS : équipement de contrôle et de signalisation.

ESD: emergency shutdown

GPL : gaz pétrolier liquéfié.

HAZID : hazard identification.

IGH : immeuble de grande hauteur.

LII : limite inférieur d'explosivité.

LSI : limite supérieur d'explosivité.

MTTR: mean time to repair

PF: pare flamme.

SDI : système de détection incendie.

SF: stable au feu.

SIL: safety integrity level

SMSI : système de mise en sécurité incendie.

SSI : système de sécurité incendie.

UCMC : unité de commande manuelle centralisée.

UGA : unité de gestion d'alarme.

UGCIS : unité de gestion centralisée des issues de secours.

US : unité de signalisation.

ZA : zone d'alarme.

ZC : zone de compartimentage.

ZD : zone de détection.

ZF : zone de désenfumage.

ZS : zone de mise en sécurité.

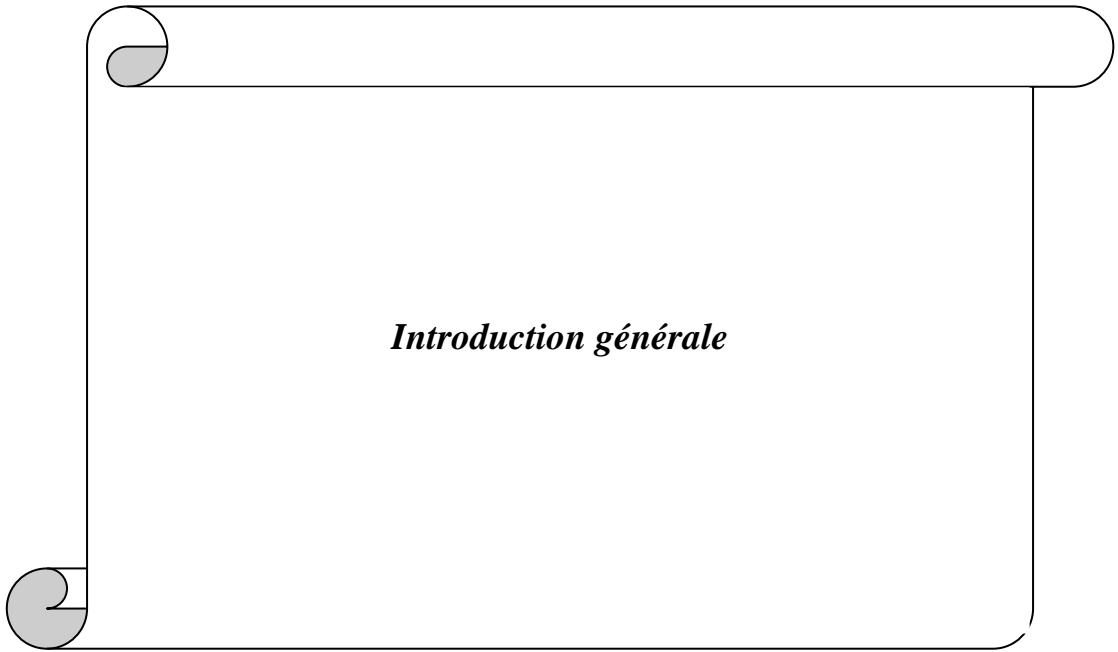
Table des matières

Résumé.....	1
REMERCIEMENT.....	
Dédicace.....	
Dédicace.....	
Liste des figures.....	
Liste des tableaux.....	
Liste des abréviations.....	
Table des matières.....	
Introduction générale	1
Chapitre-I-Les principales notions sur les feux et les incendies	5
Introduction	6
I-1- Termes et définitions.....	6
I-2 - Le triangle de feu	8
I-3 - Les classes de feu.....	9
I-4 - Le comportement au feu.....	10
I-4-1- la résistance au feu.....	10
I-4-2 – la réaction au feu.....	11
I-5 - Les modes de propagation de l’incendie.....	12
I-7 - Les différentes phases de l’incendie	12
I-8 - Les causes de l’incendie	13
I-9 - Les conséquences de l’incendie.....	14
I-10- Les méthodes d’extinction	14
I-11 - La prévention de risque incendie	15

Conclusion.....	16
Chapitre-II-La description de système anti incendie (SSI)	17
II-1- La définition de SSI.....	18
II-2- Le système de détection incendie (SDI).....	18
II-2-1 - Le déclencheurs manuels (DM).....	20
II-2-2 - La détection automatique d'incendie (DAI).....	20
II-2-2-1 -Les types de détecteurs.....	21
II-2-2-2 – Les différentes configurations de détecteurs	23
II-2-2-3 – Les différentes technologies de détection	24
II-3 – Le système de mise en sécurité incendie (SMSI).....	27
II-3-1- Le centralisateur de mise en sécurité incendie (CMSI)	27
II-3-1-1 – Unité de gestion d'alarme (UGA).....	28
II-3-1-3 - Unité de signalisation (US)	29
II-3-1-4 – Unité de gestion centralisée des issues de secours (UGCIS) ...	29
II-3-2 – Dispositif adaptateur de commande (DAC)	29
II-4 – Les catégories de système de sécurité incendie (SSI) [9].....	30
II-5 –L'équipements d'alarme et ses types [17]	31
II-6 – les zones de système de sécurité industriel (SSI).....	32
II-7 – les fonctions de système de sécurité incendie	33
Chapitre-III-La détermination et l'optimisation de système anti incendie	34
Introduction	35
III-1- la détermination du système anti incendie	35
III-1-1 – étude de dangers	35
III-1-1-1- identification des dangers par la méthode HAZID	35
III-1-1-2 - l'estimation des scénarios d'incendie par la méthode de nœud de papillon.....	36

III-1-1-3- les zones de risques (ATEX)	37
III-1-2- les critères pour choisir un système anti incendie	39
III-2-l'optimisation de système anti incendie	39
III-2-1- l'optimisation économique	40
III-2-1-1- le critère ALARP (as low as reasonably practicable)	40
III-2-1-2 – l'analyse coût/bénéfice (ACB)	41
III-2-2-l'optimisation de la performance de système anti incendie	42
III-2-2-1- l'efficacité de système anti incendie.....	43
III-2-2-2- le temps de réponse.....	45
III-2-2-3 – le niveau de confiance	47
Conclusion.....	49
Chapitre-IV- le système de feu et gaz dans la zone de stockage de GPL ..	50
Introduction	51
IV -1 – présentation de la zone de stockage de GPL	51
IV-2-1- la description du phénomène de BLEVE.....	52
IV-2-2 -modélisation de scénario de BLEVE par logiciel CAMEO- ALOHA.....	53
IV-3- système de feu et gaz dans la zone de stockage de GPL	56
IV-3-1- le système de détection incendie [29].....	57
IV-3-1-1- la détection de gaz	57
IV-3-1-2- la détection de feu.....	58
IV-3-1-3- la détection manuelle	59
IV-3-2- le système de mise en sécurité incendie	60
IV-3-2-1- système des couronnes de refroidissement (système de déluge)[29]	60
IV-3-2-2- système d'alarme [29]	63

IV-3-2-3- système d'arrêt d'urgence (ESD)[29]	63
IV-4- l'optimisation de la performance de système de feu et gaz	64
IV-4-1-la performance de système de détection [31].....	64
IV-4-3- la performance de système d'alarme [33].....	67
IV-4-4- la performance de système d'arrêt d'urgence (ESD) [34]	68
Conclusion générale	70
La bibliographie.....	



Introduction générale

Le monde professionnel connaît plusieurs catastrophes, notamment dans les sites industriels, parmi eux le risque d'incendie qu'il est considéré comme un risque majeur dans la réglementation algérienne selon la loi 04-20 relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable, pour cela il est prévu de faire des procédures et mettre en place des moyens matériels et humain pour faire face à ce risque dans le cadre de la sécurité incendie, parmi ces moyens les systèmes anti incendie ou les systèmes de sécurité incendie.

La problématique

La mise en place des systèmes anti incendie devenu l'un des choses primordial pour lutter contre les incendies, le problème qu'il se pose comment peut déterminer notre système, comment peut interpréter, juger que notre système est performant et accomplir la fonction de sécurité incendie de façon efficace et de manière à optimiser le coût d'investissement de ce système.

Pour répondre à ces questions et atteindre l'objectif d'un système optimisé, nous avons devisé notre étude sur :

- **Historique** : à ce stade, nous avons montré des accidents catastrophiques due aux risques incendie qu'ils ont affecté des sites industriels et causé des pertes humains et économiques.
- **Chapitre –I-** : dans ce chapitre nous avons déterminé les principales notions et les généralités sur les incendies donc
 - on a définie qu'est qu'un triangle de feu
 - les classes de feu
 - la protection passive et active contre les incendies

Ce chapitre a pour but de comprendre comment l'incendie peut se manifeste, ça va nous aider pour quels moyens de prévention et de protection on va les mettre en place.

- **Chapitre-II-** : dans ce chapitre on a donné une description générale sur les systèmes anti incendie utilisés.
- **Chapitre-III-** : ce chapitre est considéré le cœur de notre étude, nous avons montré comment peut déterminer le système anti incendie qui sera utilisé pour l'installation ou le local à protéger selon une analyse des risques qu'il détermine les différents

scénarios d'incendie qu'ils peuvent avoir lieu. Ce chapitre a consacré aussi sur l'optimisation de système pour avoir un système plus performant avec un coût réduit.

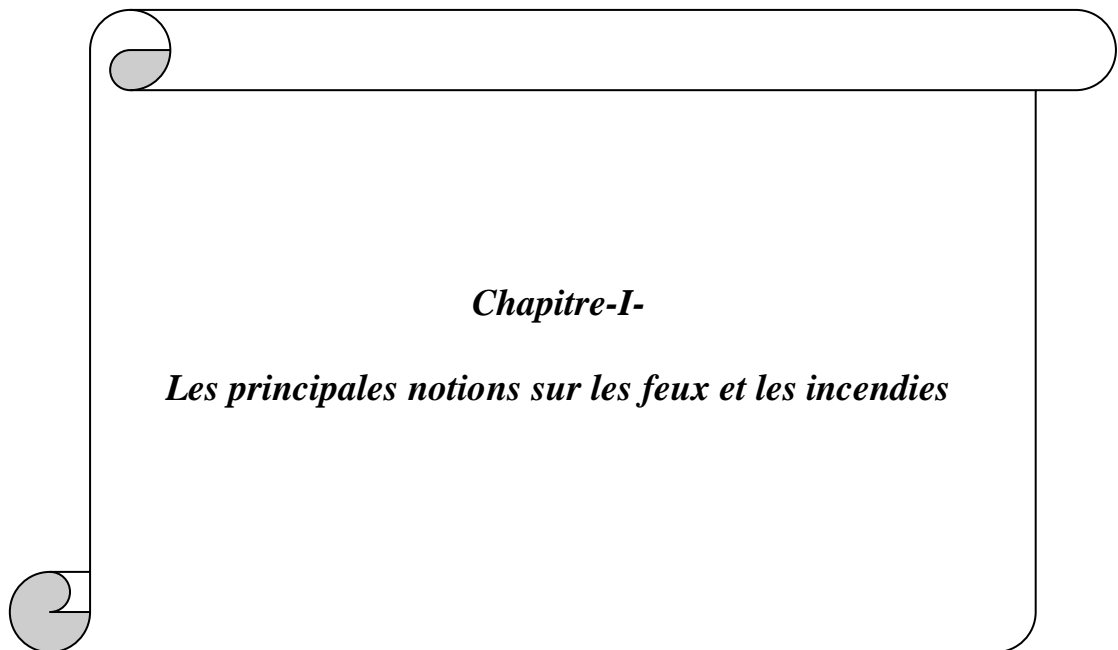
- **Chapitre-IV- :** ce chapitre on a donné une description et optimisation d'un système feu et gaz dans une de zone de stockage de GPL

À ce stade, on a déterminé les différents critères d'optimisation que ce soit dans le côté économique ou dans le côté de la performance de système anti incendie.

Historique [1]

Certains incendies et explosions peuvent affecter des sites industriels et leurs environnements, on va citer des incendies et des explosions qu'ils ont eus lieu

- 04 janvier 1966 : explosion à la raffinerie de Feyzin en France a fait 18 morts et 84 blessés, l'explosion a été entendue jusqu'à seize kilomètres de la raffinerie.
- 1969 : explosion à bord du pétrolier motorisé MACTRA
- 1984 : Mexico (Mexique) : explosion dans un centre de stockage de gaz de pétrole liquéfié ; 500 morts, 7000 blessés, 200000 évacués
- 2 juin 1987 : Port Edouard Herriot à Lyon, explosion et incendie survenus dans un dépôt pétrolier a fait 2 morts
- 1987 : Nantes (France) : incendie dans un entrepôt d'engrais ; pas de victimes, 40000 personnes évacués
- 6 juillet 1988 : PIPER ALPHA, un incendie qui fait 167 morts
- 11 décembre 2005 : explosion d'un dépôt de carburant au nord de Londres provoquant un nuage de fumée qui s'est étendue sur la capitale britannique – 39 blessés
- 2013 : explosion d'une usine d'engrais au Texas.



Introduction

La compréhension de tout phénomène indésirable c'est une étape indispensable avant de proposer des solutions pour l'éviter pour cela on va donner les règles de base concernant le risque d'incendie.

I-1- Termes et définitions

- **Danger** : source susceptible de causer un traumatisme et pathologie [2].
- **Risque** : est la combinaison de la probabilité de la manifestation d'un évènement dangereux et de la gravité de la lésion ou de l'atteinte à la santé causée à des personnes par cet évènement [3].
- **Prévention** : c'est l'ensemble des dispositions à mettre en œuvre pour préserver la santé et la sécurité des salariés, améliorer les conditions de travail et tendre au bien-être au travail, la prévention visé à minimiser la probabilité d'occurrence des dangers.
- **Protection** : c'est l'ensemble des dispositions à mettre en œuvre visés à minimiser la gravité des dommages.
- **Intervention** : c'est l'ensemble des moyens humains et matériels destinés à limiter les dégâts d'un accident
- **Barrières techniques de sécurité** : sont appelés aussi les mesures techniques, ensemble d'éléments techniques nécessaires pour assurer une fonction de sécurité
- **Feu** : c'est un développement d'une combustion, il est maîtrisé dans l'espace et dans le temps comme l'utilisation de chalumeau pour effectuer certains travaux
- **Incendie** : c'est un développement d'une combustion mais il n'est pas maîtrisé ni dans le temps ni dans l'espace, il devient maîtrisé après l'intervention
- **Point d'éclaire** : la plus basse température dans laquelle un produit combustible (liquide ou solide) émet des vapeurs en mélange avec l'air ambiant s'enflamme sous l'effet d'une source d'énergie
- **Point d'inflammation** : la température la plus basse à laquelle un liquide émet des vapeurs en mélange avec l'air ambiant s'enflamme sous l'effet d'une source d'énergie, une fois la combustion débutée elle puisse maintenir d'elle-même après le retrait de la source d'énergie
- **Point d'auto inflammation** : la température à laquelle un liquide émet des vapeurs en mélange avec l'air ambiant s'enflamme spontanément (absence de la source d'énergie).

- **Limite d'inférieur d'inflammabilité (LII) :** concentration en volume au-dessous de laquelle un gaz ou une vapeur inflammable en présence d'air ne peut pas être enflammé.
- **Limite supérieur d'inflammabilité (LSI) :** concentration en volume au-dessus de laquelle un gaz ou une vapeur inflammable en présence d'air ne peut pas être enflammé
- **Fumée :** partie visible des effluents du feu
- **Exutoire de fumée :** c'est un dispositif d'évacuation de fumée et de chaleur intégré dans un élément de construction séparant l'intérieur du bâtiment de l'extérieur. Cet élément de construction doit présenter un angle supérieur ou égal 30^0 par rapport à la verticale
- **Agent extincteur :** produit contenu dans l'extincteur et dont l'action provoque l'extinction
- **Système :** combinaison d'éléments formant un ensemble et qui se coordonnent pour concourir à un résultat
- **Contrôle :** ensemble de dispositions permettant de vérifier que chaque dispositif visé est bien dans l'état assigné
- **Fiabilité :** probabilité pour qu'une entité puisse accomplir une fonction requise dans des conditions données, pendant un intervalle de temps donné
- **Centre de contrôle opérationnel :** Local avec présence humaine permanente et complètement équipé (dans les locaux des services d'incendie), dans lequel sont reçus les appels et sont prises les mesures appropriées pour mobiliser le personnel et les équipements.

I-2 - Le triangle de feu

La combustion c'est une réaction chimique d'oxydoréduction exothermique, il ne peut pas se produire que si l'on réunit trois éléments : un combustible, un comburant et une source d'énergie en proportion suffisante, On représente de façon symbolique cette association par le triangle du feu.

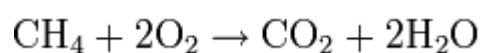


Figure - I-a- le triangle de feu. [4]

- le combustible peut être un liquide (gasoil, essence, kérosène), un gaz (éthane, méthane) ou un solide (bois, papier).
- le comburant c'est généralement l'oxygène de l'air mais il existe autres matières de comburant comme dioxygène et peroxyde d'azote.
- la source d'énergie permet le démarrage d'un feu, son origine généralement c'est la chaleur mais elle peut aussi être autre source comme les frottements mécaniques, la pression et les étincelles électriques.

La réaction de combustion, comme toutes les réactions, est la rupture des liaisons entre les molécules de deux corps, et la création de nouvelles molécules plus stables chimiquement.

Exemple : Combustion du méthane dans le dioxygène. [4]



Chapitre-I- les principales notions sur les feux et les incendies

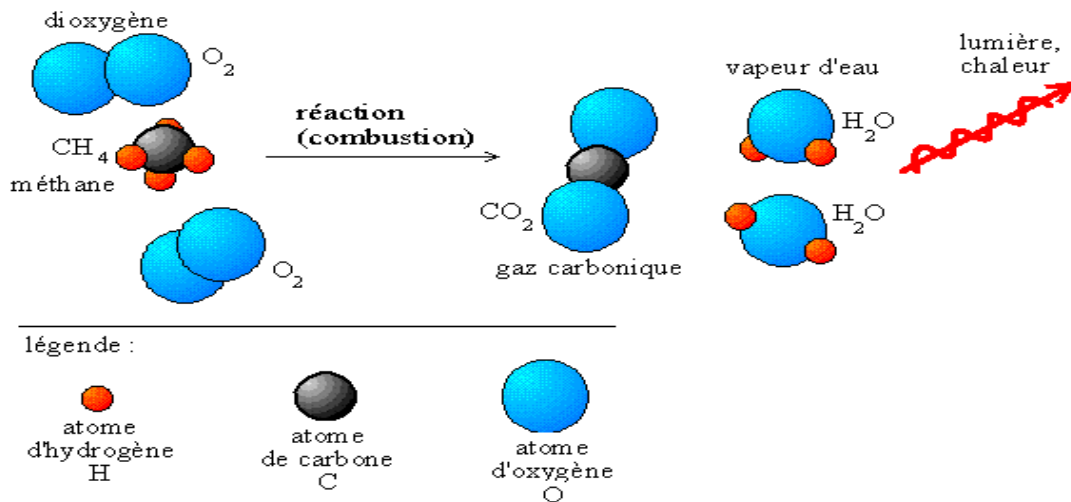


Figure I-b – la représentation de la combustion de méthane. [4]

I-3 - Les classes de feu

Les feux sont classés conformément aux normes NF EN 2 selon le tableau suivant :

Nature de feu	Classe
Feux de matériaux solides, généralement de nature organique, dont la combustion se fait normalement avec formation de braises (papier, bois, carton)	A
Feux de liquides ou solides liquéfiables (alcool, caoutchouc...)	B
Feux de gaz (éthane, butane, propane	C
Feux de métaux	D
Feux liés aux auxiliaires de cuisson (huiles et graisse animales ou végétales) sur les appareils de cuisson	F

Tableau -1- les classes de feu.

I-4 - Le comportement au feu

Le comportement au feu est défini par deux critères la résistance au feu et la réaction au feu.

I-4-1- la résistance au feu

C'est le temps pendant lequel un élément peut se conserver ses propriétés physiques et lutter contre le feu.

On parle de degré de la résistance au feu en deux critères :

- Un critère qualitatif, de l'élément vis-à-vis du feu.
- Un critère quantitatif, c'est-à-dire le temps pendant lequel l'élément va conserver cette propriété qualitative.

Pour le critère qualitatif il existe trois degrés de résistance au feu :

- Stable au Feu(SF) : un élément Stable au Feu (SF) possède une Résistance Mécanique (RM).

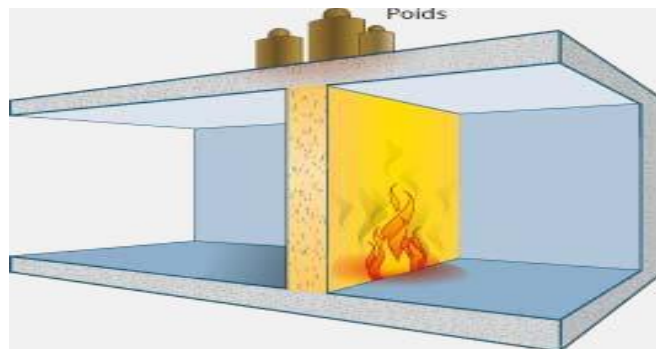


Figure – I- c - un élément stable au feu. [5]

- Pare Flamme (PF) : un élément Pare Flamme (PF) possède une Résistance Mécanique (RM) ainsi qu'une Etanchéité aux Flammes, fumées et gaz chauds (EF).

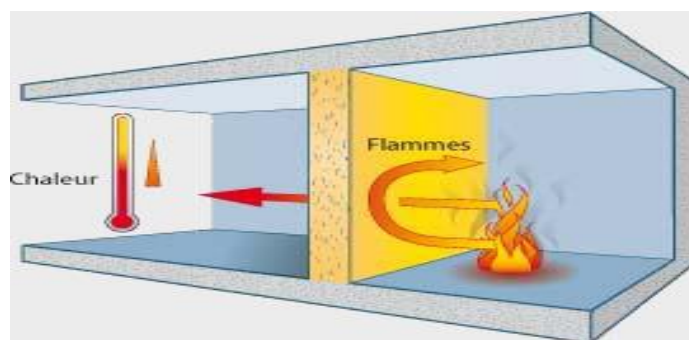


Figure - I-d – un élément pare flamme. [5]

Chapitre-I- les principales notions sur les feux et les incendies

- Coupe Feu (CF) : un élément Coupe Feu (CF) possède une Résistance Mécanique (RM) ainsi qu'une Etanchéité aux Flamme, fumées et gaz chauds (EF) et qu'une Isolation Thermique (IT).

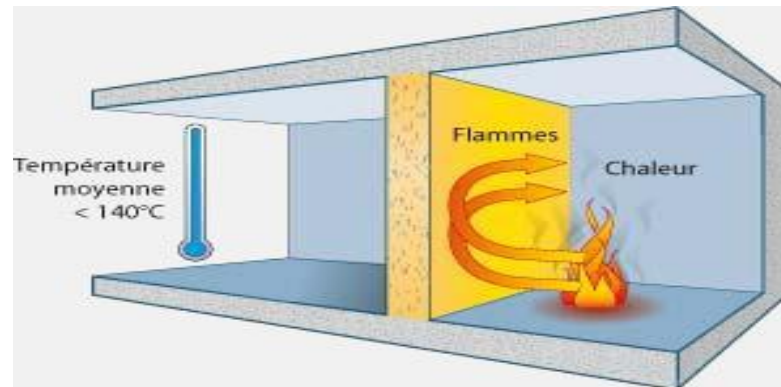


Figure - I –e – un élément coupe feu. [5]

Ces trois degrés précédents SF, PF, et CF devient respectivement R, E, et I ainsi que SF = R, PF = RE, CF = REI.

I-4-2 – la réaction au feu

C'est la capacité de la matière à alimenter le feu ou maintenir le développement d'un incendie, on distingue cinq catégories de matériaux selon :

- Leur combustibilité : la quantité de chaleur dégagée lors de la combustion complète du matériau. [5]
- Leur inflammabilité : la quantité de gaz plus ou moins inflammable dégagée par le matériau.

	Combustibilité	Inflammabilité	Exemples
M0	Incombustible	Ininflammable	Pierre, Béton
M1	Combustible	Ininflammable	Matériaux composite, PVC
M2	Combustible	Difficilement inflammable	Moquette murale
M3	Combustible	Moyennement inflammable	Bois
M4	Combustible	Facilement inflammable	Papier
Non classé	-	-	-

Tableau-2- les classes des matières.

I-5 - Les modes de propagation de l'incendie

Le feu se propage par des différents modes selon les principes de transfert de chaleur, ces modes sont les suivants :

- Par conduction : c'est l'apport de la chaleur par l'intermédiaire de même matériau.
- Par convection : c'est le transfert de la chaleur entre deux matériaux par l'intermédiaire d'un fluide (liquide ou gaz).
- Par rayonnement : c'est le transfert de la chaleur par des rayons thermiques comme les rayons solaires.
- Par projection : déplacement des substances déjà en combustion. [4]

I-6-Les facteurs de propagation de l'incendie

Les principaux paramètres de la phase de développement du feu sont liés :

- à la quantité de combustibles présents qui détermine la quantité d'énergie disponible.
- Au pouvoir calorifique du combustible.
- à la forme du (ou des) matériau(x).
- aux produits de décomposition : certains matériaux engendrent des gaz combustibles propageant l'incendie à de grandes distances comme les plastiques...
- au degré hygrométrique : la sécheresse augmente les possibilités d'inflammation.
- à la ventilation et à la circulation des gaz qui sont fonctions de l'importance, de la forme et de la répartition des ouvertures (portes, fenêtres, exutoires de fumées...).
- à la nature du local en feu : les dimensions du local et la nature des parois vont conditionner son isolement thermique. [6]

I-7 - Les différentes phases de l'incendie

On peut distinguer dans le développement d'un incendie cinq phases successives en fonction de l'élévation de la température, ces phases sont les suivantes :

- **La phase d'initiation** : sous l'effet de l'énergie d'activation (cigarette, étincelle ...) une combustion se déclenche, les flammes ne sont pas produites encore mais on peut voir des fumés, l'élévation de la température de locale est quasiment nulle, la durée de cette phase peut être de quelques second, quelques minutes, quelques heures ou encor quelques jours.
- **La phase de croissance** : la première flamme bénéficie généralement d'une quantité suffisante d'oxygène pour se développer régulièrement si la masse de combustible est suffisante, le feu pourra s'éteindre de lui-même par manque d'air si la combustion se

fait dans un local fermé, dans cette phase on peut s'éteindre le feu par l'utilisation des moyens d'extinction manuels.

- **La phase d'inflammation généralisée** : l'inflammation généralisée se produit après une abondante émission de gaz de distillation qui en mélange avec l'air ambiant s'enflamment sous l'effet de la chaleur, la température dans cette phase s'élève rapidement et elle peut atteindre 600 °C, la durée de cette phase est très courte de quelques minutes mais c'est la plus important pour le développement de l'incendie.
- **La phase de feu pleinement développé** : La durée de cette phase et son intensité varient, bien entendu, en fonction du potentiel calorifique du local et de l'arrivée d'air frais par les issues. La température s'élève très rapidement, atteignant 1000 à 1200 °C, suivant l'importance de la charge calorifique. L'importance de la masse totale de produits combustibles fait que l'incendie sera principalement influencée soit par la ventilation, soit par le combustible.
- **La phase de décroissance** : lorsque le combustible se consumé l'incendie perd son ampleur et les flammes vont disparaître et laisser la place aux braises, la température décroître lentement de 7°C à 10 °C par minute, en règle générale plus la phase active de combustion a été longue plus la long de la phase de décroissance sera long. [7]

I-8 - Les causes de l'incendie

On sait que toutes les établissements industriels utilisent des matières combustibles que ce soit comme matière première ou comme matière finis donc le combustible est présent par des quantités suffisant et le comburant qu'il est souvent l'oxygène de l'air est aussi présent, donc les causes dépend de l'énergie d'activation celle-ci peut se matérialiser sous différentes formes comme les suivants :

- **Origines techniques** :
 - Thermiques (sources de chaleur).
 - Mécaniques (Disfonctionnement, frottement).
 - Chimiques (réaction de produits).
 - Biologiques (fermentation).
 - Electriques (court-circuit).
- **Origines humaine** :
 - Imprudence.
 - Erreur.
 - Ignorance.

- Oubli.
- Malveillance.
- Négligence.
- **Origines naturels :**
 - Soleil.
 - Foudre.
 - Combustion spontanée.
- **Origines accidentelles :**
 - Cigarette mal éteinte.
 - Mauvaise utilisation d'un chalumeau. [6]

I-9 - Les conséquences de l'incendie

Les effets de l'incendie dans l'entreprise sont sur les personnes, les installations industriels et sur l'environnement

- **Sur les personnes :** les effets de l'incendie sur l'homme sont dus de deux phénomènes, les gaz et les fumés et la chaleur
 - Les gaz et les fumés dégagés par l'incendie vont diminuer la concentration de l'oxygène dans le local (asphyxie). L'inhalation des gaz chauds va pénétrer dans le corps et peut brûler le système respiratoire.
 - La chaleur des flammes dans l'incendie peut atteindre 1200 °C, cette température peut détruire la peau et des lésions immédiates apparaissent sur le corps de l'homme.
- **Sur les biens :** les incendies peuvent aussi détruire les installations industrielles et les bâtiments administratifs ça va créer une perte d'argent pour reconstruire les installations ou faire des maintenances pour la remise en service de l'installation.
- **Sur l'environnement :** les fortes de chaleur de l'incendie peut changer le climat et détruire les espaces verts et les locaux de repos dans l'entreprise. [6]

I-10- Les méthodes d'extinction

L'extinction de l'incendie peut se faire par plusieurs méthodes selon la nature de l'incendie :

- **Par étouffement :** cette méthode consiste à éliminer l'approvisionnement d'air au foyer de l'incendie sachant que l'oxygène est important pour l'incendie se développer donc il suffit que diminuer le renouvellement de l'air au niveau de foyer, on entrave

considérablement la combustion, et en supprimant complètement l'arrivée d'air, le feu sera éteint.

- **Par refroidissement** : l'agent le plus utilisé pour refroidir un foyer d'incendie c'est l'eau, cette méthode consiste à absorber l'énergie calorifique.
- **Par inhibition** : on ajoute à des produits inflammables certains produits pour diminuer considérablement l'affinité de l'oxygène de l'air dans le foyer d'incendie pour arrêter la formation des flammes, ces produits comme le fluor, le brome et le chlore.
- **Par dispersion** : cette méthode consiste à séparer les éléments de foyer d'incendie par un jet plein ou un déblai, la température de l'ensemble s'abaisse et devient insuffisant pour former nouvelles flammes pour que l'incendie soit entretenu.
- **Par soufflage** : elle est basée sur le principe d'éteindre une bougie par une souffle puissante, elle est utilisée dans le domaine de forage et les puits pétroliers mais ce procédé a une certaine dangerosité si la souffle est insuffisante car le feu va être activé avec le renouvellement de l'air, on peut éviter ça si on ajoute des produits inertes.
- **Par la coupure de courant électrique** : dans les feux d'origine électrique la coupure de courant est suffisante dans la plupart des cas pour que l'incendie soit entretenu.
- **Par la fermeture d'une vanne de gaz** : dans les feux de fuite de gaz il suffit qu'éliminer le gaz (le combustible) par la fermeture de la vanne.
- **Par réduire la part de feu** : en réduisant la part de feu par l'éloignement les parties intactes du feu c'est-à-dire on mettre un écart, cette méthode est utilisée généralement dans les feux de forêts. [4]

I-11 - La prévention de risque incendie

Le monde de la protection de risque incendie connu deux méthodes de protection sont bien différentes, les responsables des établissements industriels peuvent favoriser une méthode de l'autre mais l'utilisation des deux façons reste la solution idéal pour garantir une meilleur protection, ces deux méthodes sont la protection passive et la protection active.

- **La protection passive** : elle ne nécessite aucunement d'être activée manuellement ou automatiquement pour fonctionner. Les systèmes de protection passive contre l'incendie ne sont ni la conséquence d'une activation externe ni prétendent-ils éteindre les flammes. Ces systèmes jouent cependant un rôle fondamental dans la prévention des incendies. Ils permettent effectivement d'empêcher que les petits feux

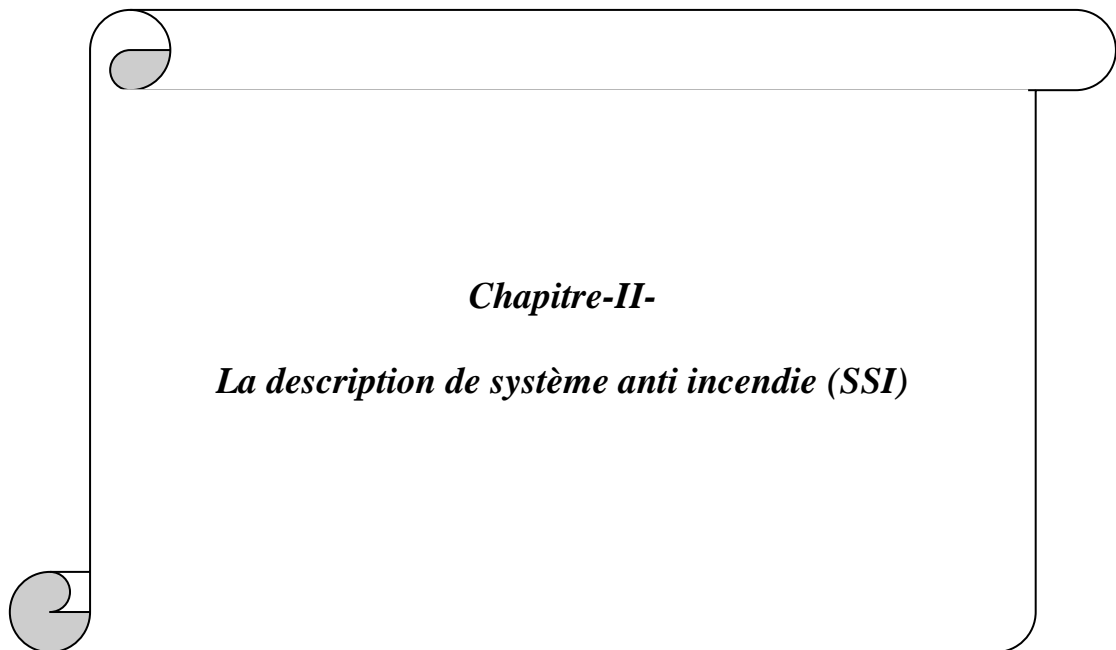
Chapitre-I- les principales notions sur les feux et les incendies

qui se déclarent ici et là ne prennent de l'ampleur et soient à l'origine de conséquence désastreuse. Elle comporte :

- La protection structurelle : c'est d'assurer que la structure utilisée peut résister contre le feu par exemple des murs avec une bonne résistance mécanique à une température élevée.
- Le cloisonnement : son objectif de fermer les passages où le feu s'est déclaré aux autres espaces (les portes coupe feu).
- **La protection active** : elle nécessite une activation automatique ou manuelle pour la mettre en service, elle base sur deux choses nécessaires :
 - la détection : elle comporte les détecteurs automatiques ou manuels.
 - La suppression du feu : cette catégorie comprend toutes les activités visant à éteindre le feu par le biais d'une action directe. [8]

Conclusion

D'après ces notions sur les feux et les incendies on peut dire que le système anti incendie qu'il sera installé est considéré comme l'un des moyens pour la lutte contre l'incendie.



II-1- La définition de SSI

Un système constitué de l'ensemble des matériels servant à collecter toutes les informations ou ordres liés à la seule sécurité incendie, à les traiter et à effectuer les fonctions nécessaires à la mise en sécurité d'un bâtiment ou d'un établissement. Dans sa version la plus complète, un S.S.I. est composé de deux sous-systèmes principaux : un Système de Détection Incendie (S.D.I.) et un Système de Mise en Sécurité Incendie (S.M.S.I.). [9]

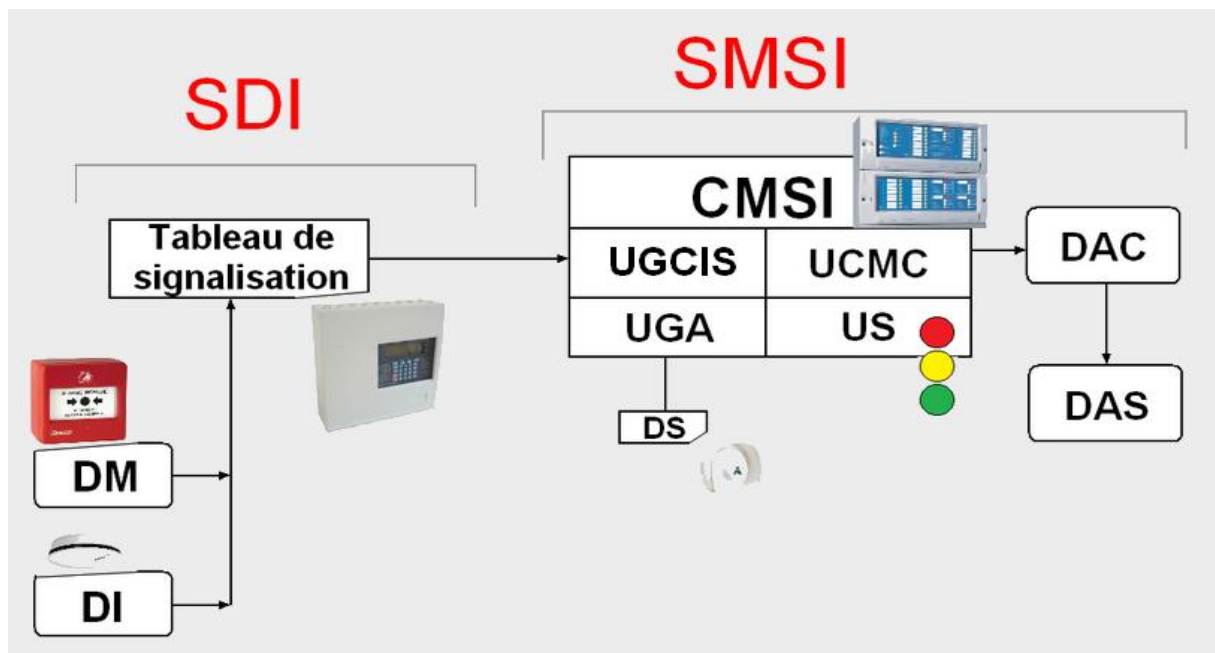


Figure – II-a- système de sécurité incendie. [5]

Donc les systèmes de sécurité incendie sont des systèmes automatiques qui garantissent la sécurité des personnes comme premier intérêt dans la sécurité industrielle et la sécurité des installations de production. Le système de sécurité incendie a plusieurs sous systèmes, chaque système ou bien chaque composants de ces sous système destiné pour un rôle à faire.

II-2- Le système de détection incendie (SDI)

Système constitué de l'ensemble des équipements nécessaires à la détection d'incendie et comprenant :

- Les Déclencheurs Manuels (D.M.).
- Les détecteurs d'incendie (D.I.).

Chapitre - II –La description de système anti incendie (SSI)

- L'équipement de contrôle et de signalisation (E.C.S.) ou le tableau de signalisation (T.S.).
- L'équipement d'alimentation électrique.
- Les organes associés pouvant être placés entre les détecteurs d'incendie et l'équipement de contrôle et de signalisation (ou le tableau de signalisation). [9]

Ce système a pour but de déceler, de signaler le plus tôt possible un incendie, pour réduire le délai de mise en œuvre des moyens pour lutter contre un incendie et d'en limiter les conséquences et de donner l'alarme pour que les mesures appropriées puissent être prises.

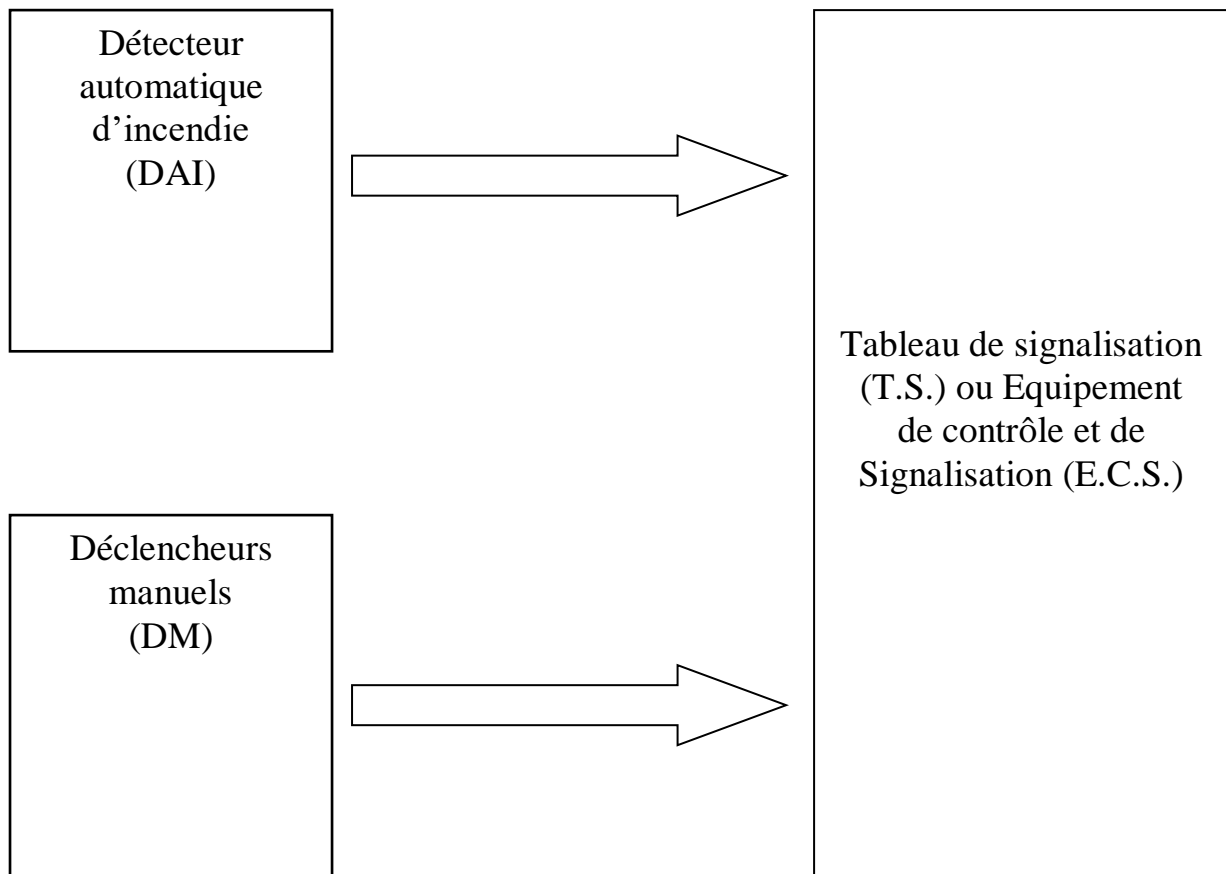


Schéma descriptif sur le fonctionnement de SSI.

II-2-1 - Le déclencheurs manuels (DM)

Appareil qui, à partir d'une action manuelle, émet une information à destination de l'équipement de contrôle et de signalisation (ou du tableau de signalisation) d'un S.D.I., d'un C.M.S.I. du type B (au sens de la norme NF S 61-934), ou d'un Bloc Autonome d'Alarme Sonore (B.A.A.S.). Il doit être constitué d'un coffret d'une couleur rouge muni d'une vitre d'un élément déformable. Une inscription doit être portée en lettres noires sur le fond blanc soit directement, soit sur la partie interne.

Les déclencheurs manuels doivent être disposés dans les circulations à chaque niveau près des escaliers et au réze de chaussées près des sorties, ils doivent :

- Etre placés à 1.30 m.
- Etre non dissimulés par un ventail de porte.
- Ne pas faire une saillie supérieure à 0.10m. [10]

II-2-2 - La détection automatique d'incendie (DAI)

La détection automatique d'incendie (DAI) repose sur des différentes technologies qui permettent de détecter les phénomènes liés à un départ de feu : gaz de combustion, chaleur, fumé, gaz et autres phénomènes.

Lors d'un incendie, le détecteur est activé, il envoie un signal à la centrale incendie. Ce signal est traduit d'une part en une information claire pour l'utilisateur, et d'autre part, dans le cadre d'un système de sécurité incendie (SSI), il met en œuvre les automatismes à commander pour protéger les personnes et les biens. [11]

Donc la détection automatique est différente que la détection manuelle, elle peut être activée sans l'intervention de l'être humain.

II-2-2-1 -Les types de détecteurs

Les détecteurs sont généralement composés de trois parties :

- Un capteur, dont le but est de mesurer l'évolution d'un paramètre physique ou chimique auquel il est adapté (fumée, température, flamme, etc.) et de le transformer en signal électrique exploitable.
- Une partie traitement, qui analyse les informations délivrées par le capteur et qui fait la distinction entre les états de veille, de dérangement ou d'alarme.
- Une partie transmission, qui envoie l'information représentative des états hors service, de veille, de dérangement ou d'alarme feu vers un équipement de contrôle et de signalisation. Une information permettant l'identification du détecteur peut également être envoyée.

Les détecteurs doivent être conçus et réalisés de façon à satisfaire à certains principes notamment :

- Détecter à temps et transmettre fidèlement le signal résultant de cette détection.
- Traduire clairement et sans ambiguïté ce signal sous forme d'information d'alarme.
- Etre insensible à tous les phénomènes autres que ceux qu'il a pour but de détecter.
- Signaler clairement et rapidement toute anomalie de son fonctionnement.
- Ils doivent également être capables de résister, dans des limites définies par les normes, à un minimum d'agressions : vibrations et chocs susceptibles d'intervenir dans des conditions normales d'installation et de transport, atmosphère humide ou corrosive, variations thermiques, variations de tension d'alimentation électrique, phénomènes électromagnétiques. [12]

Donc on cite les différents types de détecteurs utilisés dans les systèmes de sécurité incendie, pour la détection de fumée, on cite les différents détecteurs suivants :

- **Détecteurs ionique de fumée** : détecteurs analysant la présence de fumée par l'intermédiaire d'une chambre ionisante.
- **Détecteurs optiques** : détecteurs analysant la présence de fumée par l'intermédiaire d'un capteur optique intégré.
- **Détecteurs optiques linéaires** : détecteurs analysant la présence de fumée par une mesure d'atténuation d'un faisceau de lumière.

- **Détecteurs de fumée haute sensibilité** : Détecteurs analysant les tout premiers gaz de combustion par un système de comptage de particules à chambre laser.

Il existe autre phénomène dans l'incendie à détecter c'est la chaleur et pour cela on voit deux types de détecteurs pour ce phénomène sont les suivants :

- **Détecteurs thermostatiques** : détecteurs réagissant lorsque la température mesurée dépasse un seuil déterminé.
- **Détecteurs thermo vélocimétriques** : détecteurs réagissant lorsque la vitesse d'augmentation de la température excède une certaine valeur.

Le feu est caractérisé par ses flammes pour cela on a :

- **Détecteurs de Flammes** : Les détecteurs de flammes sont des détecteurs réagissant au rayonnement émis par les incendies, en particulier le rayonnement ultraviolet et le rayonnement infrarouge.

Et il existe autre types des détecteurs sont :

- **Les détecteurs de gaz** : sont sensibles aux produits gazeux de combustion et/ou de décomposition due à la chaleur.
- **Les détecteurs multicritères** : ou multi capteurs sont sensibles à plus d'un phénomène. [11]

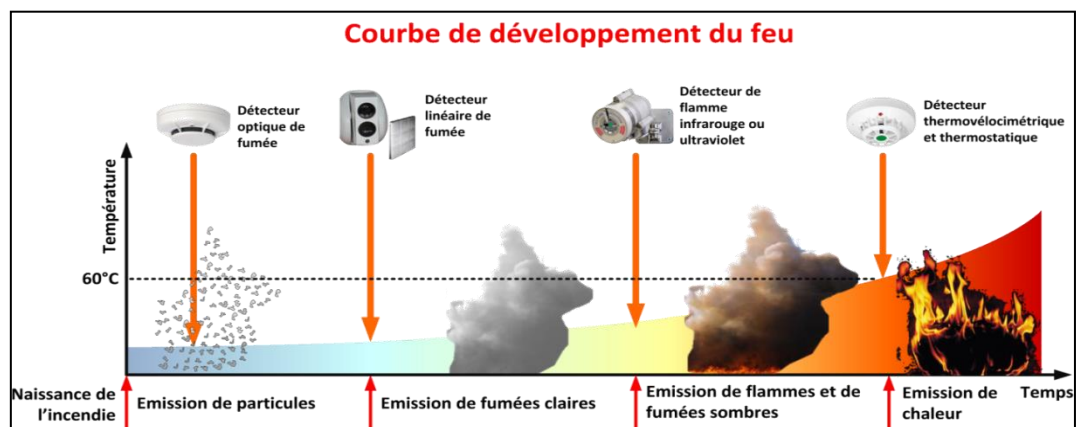
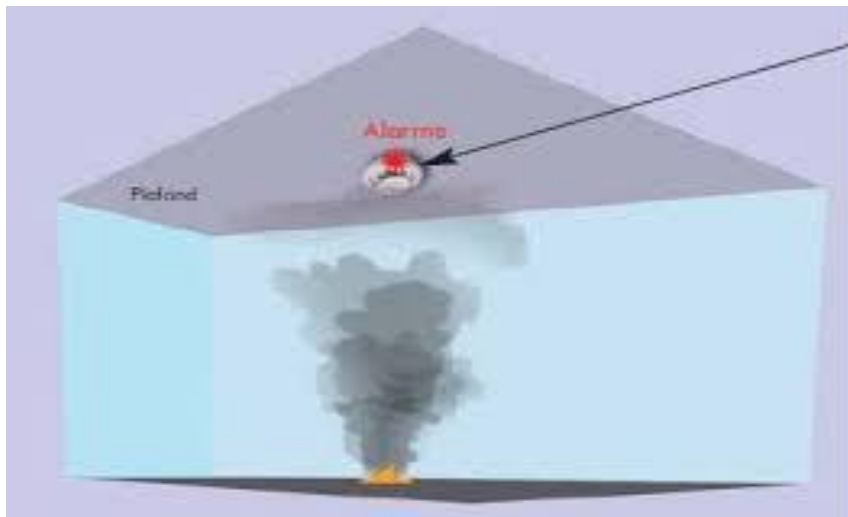


Figure-II-b – le type de détecteur utilisé en chaque phase de l'incendie [11]

II-2-2-2 – Les différentes configurations de détecteurs

En fonction du phénomène physique à détecter et des surfaces à surveiller, il existe plusieurs configurations de détecteur :

- **Détecteurs ponctuels** : Ils répondent à un phénomène détecté au voisinage direct d'un point déterminé.

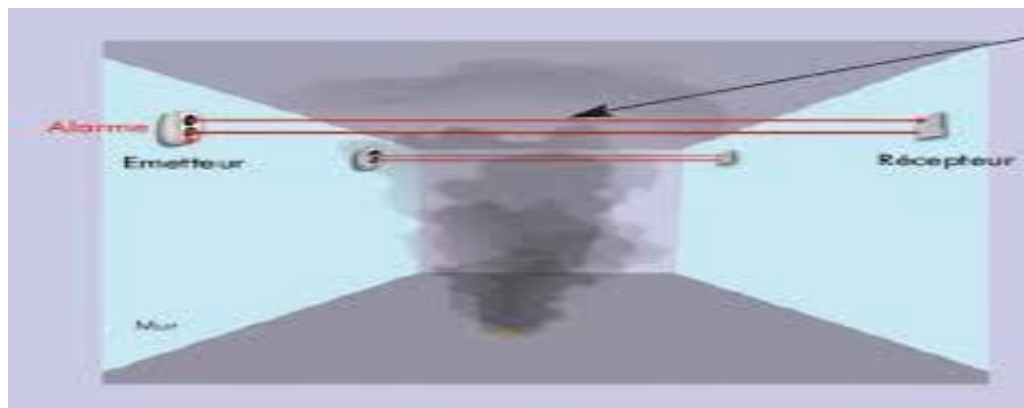


Détecteur ponctuel surveillant ponctuellement ses alentours.

Figure-II-c- la détection ponctuelle. [11]

La détection ponctuelle c'est l'une des différentes configurations de détecteurs, elle permet de surveiller une surface bien déterminée, on peut voir ce type au voisinage des armoires électriques, des installations gazières où le risque de fuite est probable et dans les salles de repos.

- **Détecteurs linéaires** : Ils répondent à un phénomène détecté au voisinage direct d'une ligne continue.



Rayon
lumineux
Opacifié par
la fumée.

Figure-II-d- la détection linéaire. [11]

La détection linéaire est constituée de deux détecteurs un émetteur qui envoie le signal et un récepteur, elle est utilisée pour surveiller une grande surface.

- **Détecteurs multi ponctuels** : Ils répondent à un phénomène détecté au voisinage d'un certain nombre de points déterminés (réseau d'aspiration). [11]

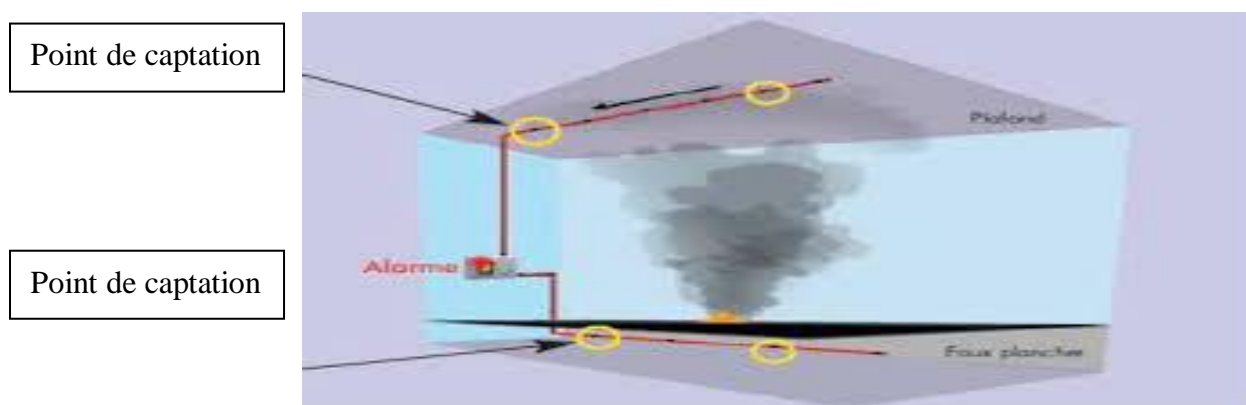


Figure II-e- la détection multi ponctuelle. [11]

II-2-2-3 – Les différentes technologies de détection

La détection automatique de l'incendie peut se faire en différentes manières, il existe trois technologies pour la détection d'un incendie :

- **La technologie conventionnelle** : elle délivre une information de synthèse qui permet de gérer un ensemble de points agencés en zone de détection, cette technologie ne

permet pas de préciser la localisation de l'incendie, elle est utilisée pour les petites installations ou pour une détection de local.

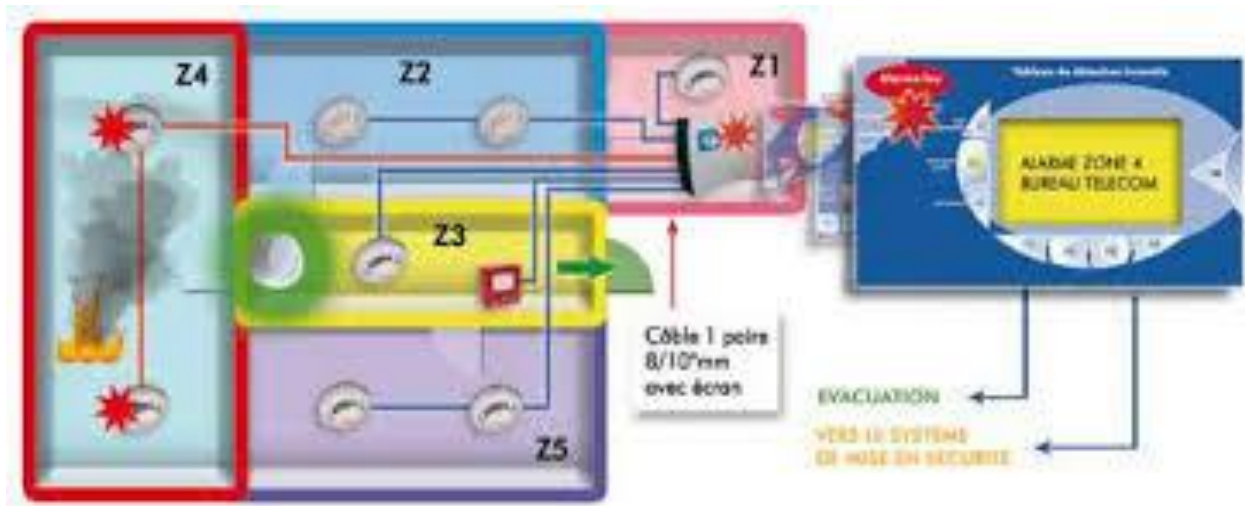


Figure II-f- la détection conventionnelle. [11]

- **La technologie adressable** : elle permet de gérer toutes les informations d'une installation point par point. Chaque élément possède une adresse et un libellé qui lui est propre. Un ensemble adressable facilite grandement l'exploitation d'un système de sécurité. On peut même dire qu'il est indispensable pour les grands sites.

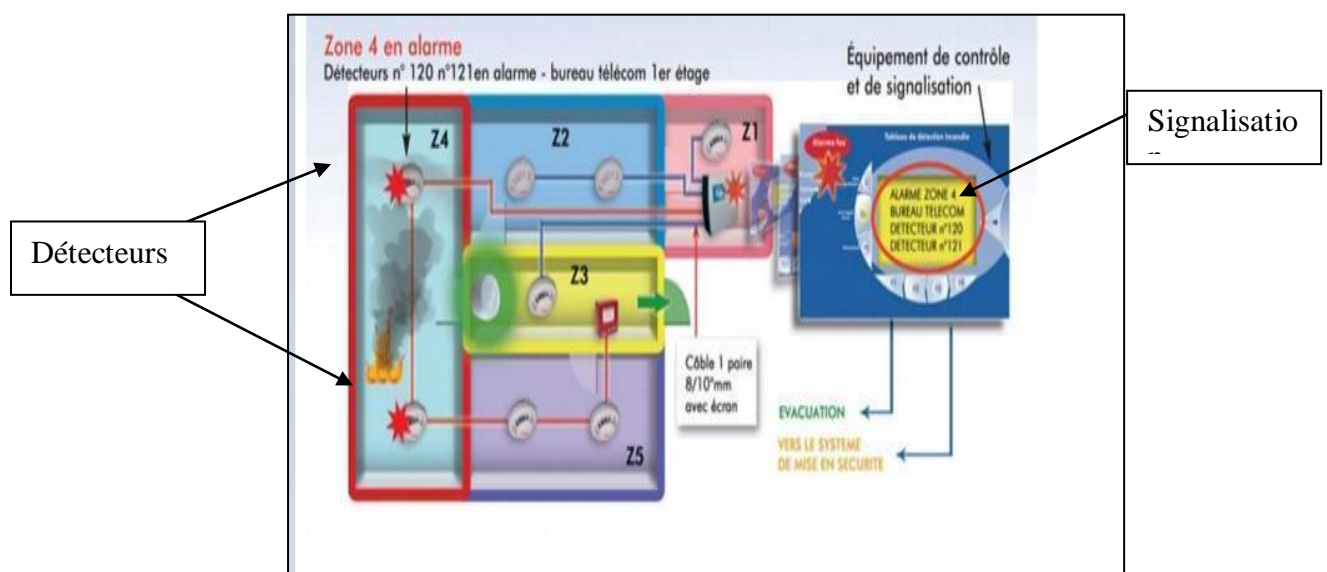


Figure-II-g- la détection adressable. [11]

- **La technologie interactive :** La technologie interactive permet, en la souplesse d'une technologie adressable, de gérer une installation point par point en termes d'architecture et en termes de sensibilité. Chaque élément, en plus de posséder sa propre adresse, peut être réglé en sensibilité. Outre la sensibilité, l'interactivité permet de connaître individuellement un niveau d'encrassement et d'effectuer certains réglages, de tracer les historiques pour chaque élément, d'inscrire la sensibilité d'un détecteur dans un cycle horaire ou dans un cycle jour/nuit pour s'affranchir des phénomènes d'exploitation gênants. [11]

II-2-3 Equipement de control et de signalisation (ECS)

Composant du système de détection incendie par l'intermédiaire duquel les détecteurs peuvent être alimentés et qui est conçu pour :

- Recevoir les signaux des détecteurs d'incendie et déclencheurs manuels qui lui sont reliés.
- Définir si ces signaux correspondent à une condition d'alarme feu.
- Signaler cette condition d'alarme feu sous forme audible et visible.
- Localiser le lieu de danger.
- Enregistrer tout ou partie de cette information.
- Surveiller le fonctionnement correct du système et signaler tout dérangement de façon audible et visible. (exemples ; courte circuit, coupure d'une ligne, défaillance d'une source d'alimentation).

Et capable, si exigé, transmettre le signale d'alarme feu :

- Aux dispositifs d'alarme feu audible ou visible.
- à une station centrale de télésurveillance par l'intermédiaire d'un dispositif de transmission.
- à une installation d'extinction automatique.
- à un système de mise en sécurité incendie. [13]



Figure-II-h-équipement de contrôle et de signalisation. [10]

II-3 – Le système de mise en sécurité incendie (SMSI)

Système constitué de l'ensemble des équipements qui assurent, à partir d'informations ou d'ordres reçus, les fonctions, préalablement établies, nécessaires à la mise en sécurité d'un bâtiment ou d'un établissement en cas d'incendie. [9]

Le système de mise en sécurité incendie a plusieurs missions à faire dans le cadre de la sécurité des bâtiments ou des installations. Le système de mise en sécurité incendie est composé de :

- centralisateur de mise en sécurité incendie (CMSI)
- dispositif adaptateur de commande (DAC)
- dispositifs actionnés de sécurité (DAS)

II-3-1- Le centralisateur de mise en sécurité incendie (CMSI)

Un Centralisateur de Mise en Sécurité Incendie (C.M.S.I.) est un ensemble de dispositifs qui, à partir d'informations ou d'ordres de commande manuelle, émet des ordres électriques de commande des matériels assurant les fonctions nécessaires à la mise en sécurité d'un bâtiment ou d'un établissement en cas d'incendie.

Il existe deux types de centralisateur de mise en sécurité incendie sont :

- **C. M.S.I de type A** : Il est conçu pour être intégré à un Système de Sécurité Incendie (S.S.I.) de catégorie A.
- **C.M.S.I de type B** : Il est conçu pour être intégré à un Système de Sécurité Incendie (S.S.I.) de catégorie B.

Le centralisateur de mise en sécurité incendie est constitué notamment de :

- L'unité de gestion d'alarme (UGA).
- L'unité de commandes manuelles centralisées (UCMC).
- L'unité de signalisation (US).
- et une unité de gestion centralisée des issues de secours (facultativement). [14]

II-3-1-1 – Unité de gestion d'alarme (UGA)

C'est un sous ensemble de l'équipement d'alarme faisant partie intégrante de C.M.S.I ayant pour mission de collecter les informations en provenance de déclencheurs manuels ou de détecteurs automatiques, de les gérer et de déclencher le processus d'alarme. Le type de l'unité de gestion d'alarme dépende de type de centralisateur de mise en sécurité incendie, un C.M.S.I de type A comporte de U.G.A .1 et un C.M.S.I de type B comporte de U.G.A .2. [9]

II-3-1-2 – Unité de commande manuelle centralisée (UCMC)

C'est un sous-ensemble d'un C.M.S.I. permettant d'émettre des ordres de télécommande par fonction et par zone à destination des D.A.S sur décision humaine. L'U.C.M.C. fait partie du matériel central du C.M.S.I. [9]

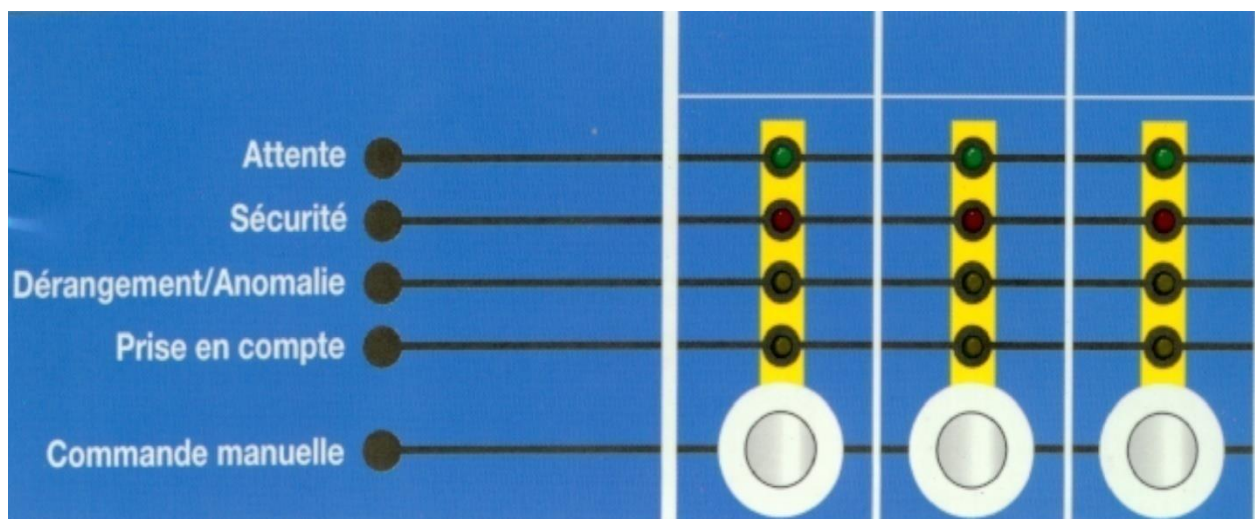


Figure-II-i - unité de commande manuelle centralisée. [10]

II-3-1-3 - Unité de signalisation (US)

C'est un dispositif qui assure la signalisation des informations nécessaires pour la conduite du Système de Mise en Sécurité Incendie (S.M.S.I.). L'unité de signalisation fait partie intégrante d'un Centralisateur de Mise en Sécurité Incendie (C.M.S.I.) ou d'un Dispositif de Commande avec Signalisation (D.C.S.) prévus pour les S.S.I. des catégories A, B ou C. Cette unité de signalisation peut être réalisée sous forme d'un tableau ou d'un synoptique. Cette unité assure le contrôle de la position des dispositifs actionnés de sécurité (DAS) et elle peut visualiser les dérangements et les anomalies. [15]

II-3-1-4 – Unité de gestion centralisée des issues de secours (UGCIS)

C'est un dispositif d'un C.M.S.I pour fonction de collecter les informations en provenance des dispositifs de demande d'ouverture des issues de secours de les gérer et d'émettre d'ordre de déverrouillage, U.G.C.I.S fait partie de C.M.S.I si elle existe. [9]

II-3-2 – Dispositif adaptateur de commande (DAC)

C'est un dispositif qui reçoit un ordre de commande de sécurité et qui se borne à le transmettre aux D.A.S. télécommandés, sous une forme adaptée à leurs caractéristiques d'entrée.

II-3-3 – Dispositif actionné de sécurité (D.A.S)

C'est un dispositif commandé qui, par changement d'état, participe directement et localement à la mise en sécurité des personnes dans un bâtiment ou un établissement. On distingue trois types des (D.A.S) selon leurs modes de fonctionnement :

- (D.A.S.) télécommandé : (D.A.S.) nécessitant un ordre extérieur pour passer en position de sécurité.
- (D.A.S.) auto commandé : (D.A.S.) ne nécessitant pas d'ordre extérieur pour passer en position de sécurité.
- (D.A.S.) télécommandé et auto commandé : (D.A.S.) comprenant à la fois les deux modes de commande précédents. [16]

II-4 – Les catégories de système de sécurité incendie (SSI) [9]

Les systèmes de sécurité incendies sont repartis en cinq catégories :

- **S.S.I. de catégorie A** : Il correspond à la configuration maximale d'un S.S.I. Il comprend
 - Un S.D.I.
 - Un S.M.S.I. comprenant :
 - Un ou plusieurs C.M.S.I. du type A1).
 - Un ou plusieurs D.A.C. (si nécessaire).
 - Des D.A.S.
 - Un E.A. (équipement d'alarme) du type 1.
- **S.S.I. de catégorie B** : Il est constitué d'un S.M.S.I. comprenant :
 - Un ou plusieurs C.M.S.I. du type B.
 - Un ou plusieurs D.A.C. (si nécessaire).
 - Des D.A.S.
 - Un E.A. du type 2a.
- **S.S.I. de catégorie C** : Il est constitué d'un S.M.S.I. comprenant :
 - Un ou plusieurs D.C.S.
 - Un ou plusieurs D.A.C. (si nécessaire).
 - Des D.A.S.
 - un E.A. du type 2b.
- **S.S.I. de catégorie D** : Il est constitué d'un S.M.S.I. comprenant :
 - Un ou plusieurs D.C.M.R. (dispositifs de commande manuelle regroupée).
 - Un ou plusieurs D.A.C. (si nécessaire).
 - Des D.A.S.
 - Un E.A. du type 2b.
- **S.S.I. de catégorie E** : Il correspond à la configuration minimale d'un S.S.I. Il est constitué d'un S.M.S.I. comprenant :
 - Un (ou plusieurs) ensemble(s) indépendant(s) constitué(s) chacun de :
 - Un D.C.M.
 - Un D.A.C. (si nécessaire).
 - Un ou plusieurs D.A.S.
 - Un E.A. du type 2b, 3 ou 4.

II-5 –L'équipements d'alarme et ses types [17]

Un ensemble des appareils nécessaires au déclenchement et à l'émission des signaux sonores d'évacuation d'urgence. Cet ensemble fait partie d'un système de mise en sécurité incendie.

Les types de l'équipement d'alarme sont repartis en cinq catégories :

- **Equipement d'alarme de type 1** : il doit être associé à un (S.D.I) comprenant des déclencheurs manuels (D.M) et des détecteurs automatique d'incendie, il comprend :

- Une unité de gestion d'alarme de type 1 (U.G.A.1).
- Des diffuseurs sonores non autonomes (D.S.N.A) ou des blocs autonomes d'alarmes sonores (B.A.A.S).
- Eventuellement un tableau de report de signalisation.

L'unité de gestion d'alarme de type 1 peut gérer une ou plusieurs zone d'alarme.

- **Equipement d'alarme de type I.G.H** : il doit être associé à un (S.D.I) ne comprenant que des détecteurs automatiques d'incendie, il comprend :

- Une unité de gestion d'alarme I.G.H.
- Des diffuseurs sonores non autonomes (D.S.N.A) ou des blocs autonomes d'alarmes sonores (B.A.A.S).

L'unité de gestion d'alarme doit gérer toutes les zones d'alarme de l'immeuble I.G.H.

- **Equipement d'alarme de type 2a** : il comprend

- Des déclencheurs manuels (D.M).
- Une unité de gestion d'alarme de type 2.
- Des diffuseurs sonores non autonomes (D.S.N.A) ou des blocs autonomes d'alarmes sonores (B.A.A.S).
- Eventuellement un tableau de report de signalisation.

L'unité de gestion d'alarme de type 2 peut gérer une ou plusieurs zone d'alarme.

- **Equipement d'alarme de type 2b** : il comprend

- Des déclencheurs manuels (D.M)
- Un bloc autonomes d'alarme sonores (B.A.A.S) de type Pr.
- Un ou plusieurs blocs autonomes d'alarme sonores (B.A.A.S) de type Sa

- Eventuellement un tableau de report de signalisation.

L'unité de gestion d'alarme de type 2b peut gérer qu'une seule de zone d'alarme.

- **Equipement d'alarme de type 3** : il comprend
 - Des déclencheurs manuels (D.M).
 - Un ou plusieurs blocs autonomes d'alarmes sonores (B.A.A.S) de type Ma.
 - Un dispositif de commande de mise à l'état d'arrêt.
- **Equipement d'alarme de type 4** : il comprend tout autre dispositif autonome de diffusion sonore (cloche, sifflet, trompe, B.A.A.S de type Sa associé à un interrupteur).

II-6 – les zones de système de sécurité industriel (SSI)

Dans le cadre de la sécurité incendie, on peut distinguer des différentes zones, un zone peut correspondre à un ou plusieurs de ces volumes ou à l'ensemble d'un bâtiment, les zones de détection (Z.D) et les zones de mise en sécurité incendie (Z.S).

- **Zone de détection (Z.D)** : cette zone englobe
 - Les zones de détection automatique (Z.D.A), surveillées au moyen de détecteurs incendie automatique.
 - Les zones de détection par déclencheurs manuels (Z.D.M), surveillées au moyen de déclencheurs manuels.
- **Zone de mise en sécurité incendie (Z.S)** : toute zone susceptible d'être mise en sécurité par le système de mise en sécurité incendie (S.M.S.I).
- **Zone de diffusion d'alarme (Z.A)** : zone géographique dans laquelle le signal de l'alarme générale est audible pour donner l'ordre de l'évacuation. Une zone de diffusion d'alarme peut comporter un ou plusieurs diffuseurs sonores (D.S), elle constitue une zone de mise en sécurité (Z.S).
- **Zone de désenfumage (Z.F)** : zone géographique dans laquelle la fonction de désenfumage est assurée, elle constitue une zone de mise en sécurité (Z.S).
- **Zone de compartimentage (Z.C)** : zone géographique dans laquelle la fonction de compartimentage est assurée, elle constitue une de mise en sécurité (Z.S). [9]

II-7 – les fonctions de système de sécurité incendie

Les systèmes de sécurité incendie a plusieurs fonctions, il peut viser pour faire toutes ces fonctions à la fois ou il est prévue pour une ou deux fonctions bien déterminées selon leur configuration, ces fonctions sont réalisées par les dispositifs actionnés de sécurité, ces équipements qui permettent :

- Le compartimentage (clapets, porte coupe-feu...).
- Le désenfumage (exutoire, ventilateurs...).
- La mise à l'arrêt de certaines installations techniques.
- L'évacuation des personnes (éclairage de sécurité, diffusion de signal d'évacuation, gestion des issues de secours ...).
- L'extinction automatique (poudre, mousse ...).



Chapitre-III-

***La détermination et l'optimisation de système anti
incendie***

Introduction

Pour la lutte contre l'incendie, on doit préalablement faire des études de dangers sur le lieu où on va installer notre système pour bien comprendre comment la manifestation de l'incendie va se faire, suite de cette étude il faut bien choisir le système anti incendie avec ses composants qu'ils seront installés afin d'optimiser son coût.

III-1- la détermination du système anti incendie

La mise en place des systèmes anti incendie doit être adaptée avec le type de risque incendie, on veut dire qu'un système installé dans une salle de contrôle ce n'est pas le même qu'il est installé dans une zone de stockage de GPL par ce que la manifestation de l'incendie est différente.

III-1-1 – étude de dangers

Une étude de danger doit être effectuée dans le lieu de travail pour bien savoir toutes les phénomènes dangereux qu'ils peuvent conduire à des accidents malheureux, plus particulièrement les phénomènes liés au risque incendie. Donc une étude de dangers c'est un principe de détermination des dangers potentiels préalablement, cette étude repose sur des méthodes d'analyse de risque vis-à-vis la sécurité des personnes ainsi que la sécurité des installations.

III-1-1-1- identification des dangers par la méthode HAZID

La méthode HAZID c'est une technique d'identification de dangers de tous types (feu, effondrement...), il est très utilisable pour les nouvelles installations et projets, elle est basée essentiellement sur l'expertise de l'équipe de travail et le retour d'expérience. On peut utiliser la méthode HAZID pour identifier les dangers potentiels liés au risque incendie. [18]

On sait qu'un incendie ne peut pas se produit que si réunit les trois éléments de triangle de feu (la matière combustible, le comburant et la source d'énergie), les matières comburant sont présentes par des quantités suffisantes dans le monde industriel donc l'identification des dangers sera focalisé sur les matières combustibles et les énergies d'activation.

Pour les matières combustibles on doit identifier :

- des matières inflammables ou combustibles en quantité suffisante pour aggraver un incendie (ex. : aires d'entreposage de peinture, de tissus ou de palettes de bois).

- des produits dangereux en quantité suffisante pour dégager des substances toxiques en brûlant.
- des procédés qui génèrent des vapeurs inflammables ou des poussières combustibles
- Les zones de stockage des matières explosibles.

Donc la méthode HAZID nous permet de donner les différentes sources, le type et la localisation des ces sources qui peuvent causer un incendie.

III-1-1-2 - l'estimation des scénarios d'incendie par la méthode de nœud de papillon

Tout d'abord il est essentielle de connaitre qu'est ce qu'un scénario d'incendie.

- **Scénario d'incendie** : Un scénario d'incendie est défini comme la description qualitative des éléments clefs du déroulement possible d'un incendie, compte tenu des potentiels de danger identifiés et des moyens de prévention, de protection et de prévision : contexte, inflammation, développement, propagation, décroissance et extinction de l'incendie. Le détail d'un scénario consiste en un enchaînement chronologique et logique d'évènements conditionnant le déroulement de l'incendie.

[19]

L'estimation et la détermination des scénarios d'incendie basée sur plusieurs méthodes et techniques, parmi ces méthodes la méthode de nœud papillon. La méthode de nœud papillon c'est la combinaison des deux méthodes : l'arbre de défaillance (AdD) et l'arbre d'évènements (AdE), Il est de visualiser concrètement des scénarios d'accidents qui pourraient survenir en partant des causes initiales de l'accident jusqu'aux conséquences au niveau des cibles identifiées. Le Nœud Papillon est une approche de type arborescente.

Le Nœud Papillon est utilisé dans différents secteurs industriels par des entreprises comme SHELL qui a été à l'origine du développement de ce type d'outils. Cette démarche peut être représentée sous la forme suivante : [20]

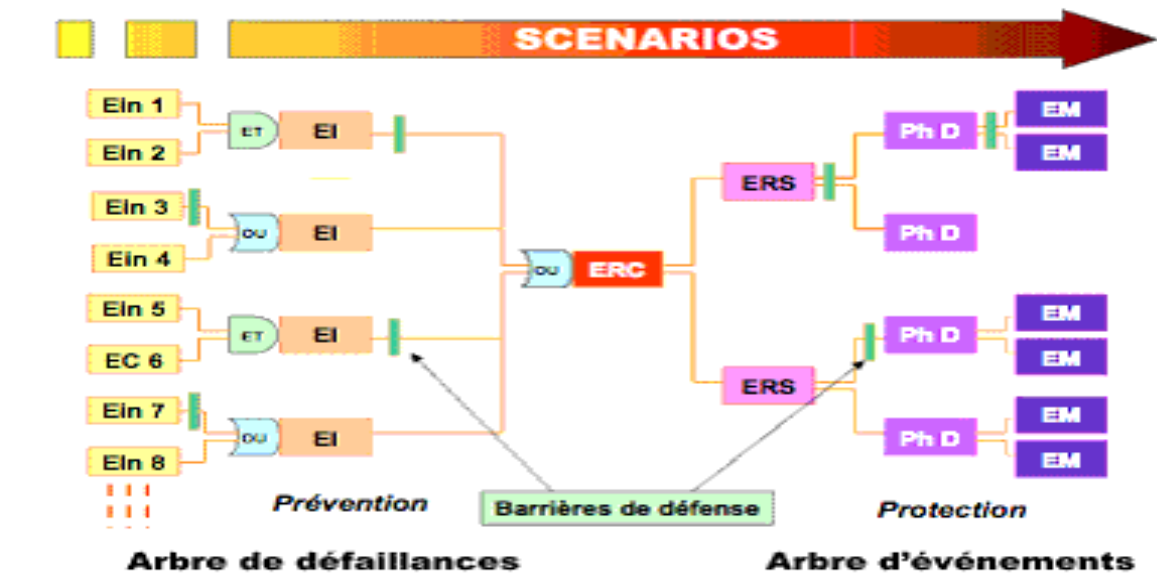


Figure-III-a- représentation d'un scénario d'accident par le nœud papillon. [20]

Les évènements de l'enchaînement accidentel dans la représentation du nœud de papillon peuvent nous aider à déterminer les barrières techniques de sécurité que ce soit de barrières préventives ou des barrières de protection pour limiter les effets négatifs d'un incendie.

III-1-1-3- les zones de risques (ATEX)

La définition des zones ATEX sur les lieux de travail passe par une analyse fine de l'ensemble du processus de production. Il convient d'identifier les zones à risques d'explosion dans un premier temps puis les caractériser afin d'apporter par la suite des moyens de maîtrise adaptés et pertinents. Le zonage ATEX reprend les étapes suivantes :

- Collecte des données physico chimiques des produits combustibles sur le site.
- Analyse fonctionnelle des installations mettant en œuvre les produits inflammables.
- Détermination des sources de dégagement et de la probabilité d'apparition d'une ATEX.
- Caractérisation de la zone (dangerosité et étendue).
- Etude des sources d'inflammation.

La détermination des zones de risque (ATEX) a pour objectif de définir le risque et mettre en adéquation le matériel à utiliser (électrique et non électrique) par zones. Le chef d'établissement ou ses collaborateurs doivent déterminer les zones à risques d'explosion sur un site en présence de gaz, vapeurs ou poussières. [21]

Chapitre-III- la détermination et l'optimisation de système anti incendie

Il existe 3 niveaux de classement de zones de risque (ATEX) en fonction du degré de dégagement de la source de matière combustible et de la nature de la ventilation en place. Une distinction est faite entre les zones avec du gaz ou des vapeurs et les zones en présence de poussières. Comme le tableau ci-dessous

Gaz / vapeurs	Zone 0	Atmosphère explosive présent en permanence
	Zone 1	Atmosphère explosive présent occasionnellement
	Zone 2	Atmosphère explosive présent accidentellement
	Hors zone	Emplacement non dangereux
Poussières	Zone 20	Atmosphère explosive présent en permanence
	Zone 21	Atmosphère explosive présent occasionnellement
	Zone 22	Atmosphère explosive présent accidentellement
	Hors zone	Emplacement non dangereux

Tableau-3- les zones ATEX.

III-1-2- les critères pour choisir un système anti incendie

Le choix d'un système anti incendie est basé sur plusieurs critères, d'après une étude de dangers bien claire et une détermination des scénarios d'incendie qu'ils peuvent se manifester, on peut déterminer notre système anti incendie utilisé selon plusieurs critères :

- Le nombre des personnes dans l'établissement pour choisir quelle catégorie on doit mettre en place et il faut aussi prendre en compte les aspects physiologiques (effets toxiques de l'agent extingueur, stress induit par les signaux d'alarmes ou perte de repères visuels provoquée par les fumées ou la fermeture de portes coupe-feu).
Si l'installation d'extinction automatique est réalisée dans les règles de l'art, le risque pour les personnes travaillant dans les zones protégées ou à proximité des équipements d'extinction est nul.
- Le périmètre géographique : Il s'agit de définir clairement les points névralgiques que l'on veut protéger un bâtiment (protection totale), un local (protection d'ambiance), une machine (protection ponctuelle).
- Le type de détection utilisé suite aux différents phénomènes à détecter où l'incendie va apparaître.
- La méthode et l'agent d'extinction utilisés parce que ce n'est pas tous les systèmes d'extinction éteignent un incendie.
- La comptabilité entre les agents extingueurs et l'installation à protéger, en fonction de leur nature physique ou chimique, les agents extingueurs peuvent présenter des effets, comme la corrosivité, l'abrasivité et la pollution. Ainsi la poudre est fortement corrosive, mais mélangée à l'eau, elle devient abrasive. Les réactions chimiques entre les agents extingueurs et le feu doivent aussi être considérées.

Par ailleurs, la mise en œuvre des systèmes peut s'appuyer sur des effets mécaniques (pression, souffle, vibration) qui peuvent également être néfastes pour ce que l'on souhaite protéger (Impact sur les unités de stockage informatique pouvant entraîner des pertes de données...). L'agent extingueur doit être adapté au risque à protéger.

III-2-l'optimisation de système anti incendie

L'optimisation dans sa globalité consiste à chercher le maximum de rendement, de fonctionnement d'une unité de production, l'optimisation peut également consister à chercher le minimum des coûts de fabrication, à minimiser les pertes thermiques d'un procédé industriel, à identifier le temps de fabrication minimal. Donc l'optimisation de notre système

anti incendie va baser l'optimisation de l'argent et l'optimisation technique de ses composants.

III-2-1- l'optimisation économique

L'Ingénierie de la sécurité incendie inclut la compréhension du développement du feu et des fumées en tenant compte la performance des systèmes de détection et d'extinction. Elle permet de mieux adapter les moyens de sécurité incendie à mettre en œuvre à des situations réelles, la modélisation du développement d'un incendie s'effectuant alors selon la nature des risques existants sur le site d'exploitation, l'ingénierie de la sécurité incendie permet aussi d'optimiser le coût des mesures de sécurité incendie puisqu'elles sont ajustées au danger effectif.

La démarche d'optimisation et de réduction du coût repose sur des méthodes et des critères dans le domaine de management des risques.

III-2-1-1- le critère ALARP (as low as reasonably practicable)

ALARP est un acronyme qui contient le principe du "raisonnablement possible". Il représente le critère selon lequel l'essai d'acceptabilité ou de tolérabilité d'un risque repose sur le fait qu'il soit possible, de manière raisonnable, d'agir pour réduire encore le risque. Le critère ALARP exige généralement que le niveau de risque soit réduit à un niveau aussi bas que raisonnablement possible (as low as reasonably practicable). Le critère ALARP est utilisé pour décider si un risque nécessite d'être traité. Il est le plus souvent utilisé pour les risques liés à la sécurité et utilisé par les législateurs dans certaines juridictions.

Le modèle ALARP peut être utilisé pour classer les risques dans l'une des trois catégories suivantes:

- une catégorie de risque intolérable où le risque ne peut pas être justifiée, sauf dans des circonstances exceptionnelles.
- une catégorie de risque largement acceptable où le risque est si faible qu'une réduction supplémentaire du risque peut ne pas être envisagée (mais pourrait être mise en œuvre si elle était réalisable et raisonnable).
- une zone intermédiaire entre ces limites (la zone ALARP) où il convient de mettre en œuvre une réduction supplémentaire du risque si cela est raisonnablement possible.

[22]

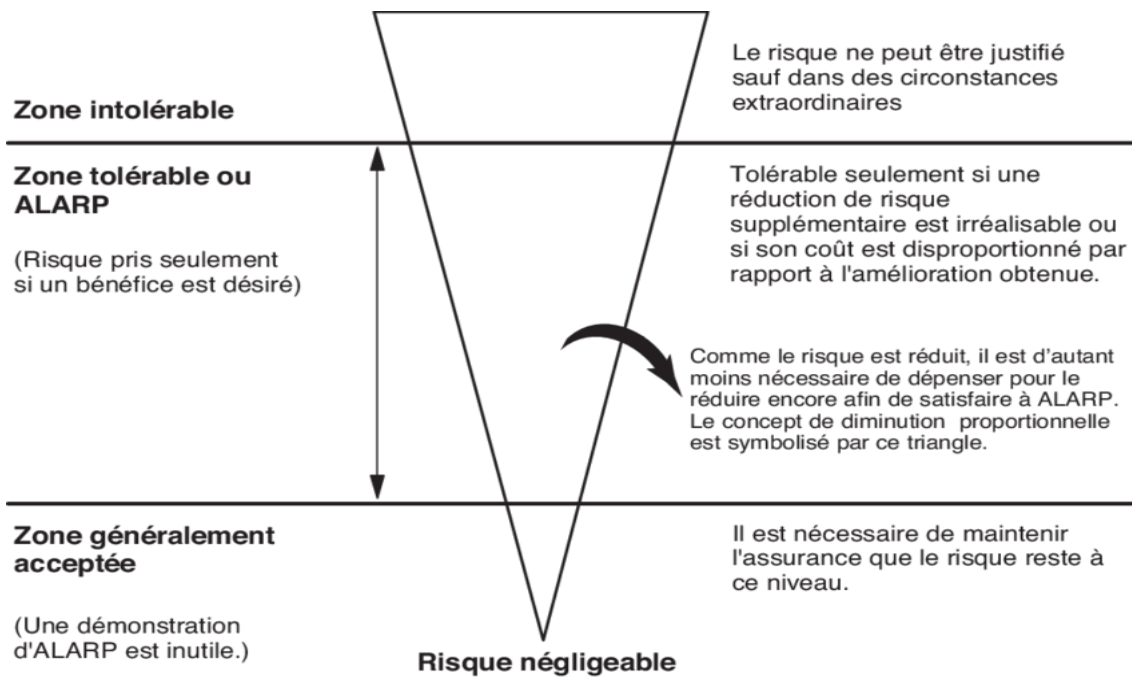


Figure – III-b- Diagramme ALARP.

III-2-1-2 – l'analyse coût/bénéfice (ACB)

L'analyse coût/bénéfice met en balance les coûts totaux attendus des options en des termes monétaires et leurs bénéfices totaux attendus, afin de choisir l'option la plus rentable ou la plus avantageuse. Elle peut être qualitative ou quantitative, ou bien combiner des éléments quantitatifs et qualitatifs, et elle peut s'appliquer à tous les niveaux d'une organisation.

➤ **L'ACB quantitative** : une valeur monétaire est assignée à tous les coûts et bénéfices tangibles et intangibles. Il arrive souvent que le coût soit engagé sur une courte période (par exemple, un an) et que les bénéfices afflents pendant une longue période. Il est alors nécessaire d'actualiser les coûts et les bénéfices pour les ramener en "monnaie courante" de manière à pouvoir obtenir une comparaison valide entre les coûts et les bénéfices.

La valeur actualisée de tous les coûts (VAC) et la valeur actualisée de tous les bénéfices (VAB) vis-à-vis de toutes les parties prenantes peuvent être combinées pour générer une valeur actualisée nette (VAN):

$$VAN = VAB - VAC$$

Une VAN positive indique que l'action pourrait être une option convenable. L'option qui présente la VAN la plus élevée n'est pas nécessairement l'option la plus avantageuse. Le rapport le plus élevé entre la VAN et la valeur actualisée des coûts

est un indicateur utile pour connaître l'option la plus avantageuse. Il convient de combiner un choix basé sur l'ACB avec un choix stratégique entre des options satisfaisantes qui pourraient offrir individuellement des coûts de traitement inférieurs, des bénéfices plus importants ou un résultat plus avantageux (meilleur rendement du capital investi). Un tel choix stratégique peut être exigé au niveau des politiques et au niveau opérationnel.

➤ **L'ACB qualitative** : ne tente pas d'attribuer une valeur pécuniaire aux coûts irrécupérables, et plutôt que de fournir une seule valeur cumulant les coûts et les bénéfices, elle examine d'un point de vue qualitatif les relations et les compromis qui existent entre les différents coûts et bénéfices. Une technique connexe est une analyse coût-efficacité. Elle prend pour hypothèse qu'un avantage ou un résultat donné est souhaité, et qu'il existe plusieurs moyens alternatifs pour l'obtenir.

L'analyse ne s'intéresse qu'aux coûts et cherche à identifier la manière la moins onéreuse d'obtenir l'avantage envisagé. Bien que les valeurs intangibles soient souvent traitées en leur attribuant une valeur pécuniaire, un facteur de pondération peut également être appliqué aux autres coûts, par exemple pour donner plus de poids aux avantages de sécurité qu'aux avantages financiers.

L'ACB est utilisé au niveau opérationnel et au niveau stratégique pour aider à choisir entre plusieurs options. Dans la plupart des cas, ces options contiendront une incertitude. La variabilité de la valeur actualisée attendue des coûts et des bénéfices, ainsi que la possibilité d'événements imprévus nécessitent d'être prises en compte dans les calculs. Donc il est nécessaire de réaliser des analyses qui prennent la considération des coûts vis-à-vis la sécurité des installations pour décider que la mise en place des systèmes anti incendie est indispensable et mieux que la reconstruction des installations si elles exposés à des incendies catastrophiques. [22]

III-2-2-l'optimisation de la performance de système anti incendie

Les exploitants des sites industriels adoptent des procédures et met en œuvre des technologies qu'ils permettent l'optimisation et l'amélioration des systèmes anti incendie.

III-2-2-1- l'efficacité de système anti incendie

L'efficacité du système anti incendie repose sur la sûreté de fonctionnement de deux sous systèmes : le système de détection incendie et le système de mise en sécurité incendie, plus généralement le système d'extinction d'incendie.

Le système de détection doit être distinct et indépendant de tout autre système destiné à la protection des installations comme les systèmes de lutte contre l'incendie.

Le système de détection incendie doit être conçu de manière à atteindre un niveau d'intégrité satisfaisant, les principes suivant sont adoptés :

- **Redondance des moyens de détection** : La mise en place de plusieurs détecteurs limite le risque d'indisponibilité du système en cas de défaut d'un détecteur et permet l'établissement d'une logique de vote.
- **Mise en place des logiques de vote** : les logiques de vote seront établies afin d'améliorer la fiabilité du système et de réduire le risque de fausses alarmes.
- **Mise en place d'une source énergétique de secours** : L'alimentation par une source de secours permet de pallier toute indisponibilité du système en cas de rupture de la source énergétique principale. [24]

Le système de détection d'incendie doit être composé, au minimum, des signaux d'entrée suivants :

- Alarmes des détecteurs de fumée.
- Alarmes des détecteurs de chaleur.
- Alarmes des détecteurs de Flamme.
- Alarmes des détecteurs de Gaz.
- Activation des systèmes automatiques de lutte contre l'incendie.
- Activation manuelle d'alarme par boutons poussoir.
- Démarrage des pompes incendie.
- Niveau bas du diesel de la pompe incendie. [24]

Les équipements électriques constituant les systèmes de détection seront conformes aux exigences des codes et standards applicables à la classification des zones dangereuses à atmosphère explosive, notamment à l'IEC 60079. [24]

La bonne efficacité du système de mise en sécurité incendie (généralement les systèmes de lutte contre l'incendie) dépend étroitement de son dimensionnement adéquat et de sa résistance aux contraintes spécifiques (conditions météorologiques par exemple).

Dans le cadre de refroidissement : l'agent le plus reconnu pour refroidir les foyers d'incendie c'est l'eau, il est généralement utilisé dans les espaces ouverts, les systèmes utilisés pour le refroidissement :

- Les systèmes Déluge : projettent une vaporisation d'eau sur toute la surface de la zone.
- Rideaux d'eau : isolent 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 l'eau sous pression déclenchée par un système automatique. [25]

Pour atteindre l'objectif de refroidissement on doit assurer telles fonctions comme :

- Les buses de pulvérisation utilisées (pour un système déluge, un rideau d'eau ou un brouillard d'eau par exemple) et leurs conditions d'utilisation doivent permettre une répartition homogène de l'eau sur l'équipement à protéger (vitesse initiale des gouttes, distribution de la taille et de la vitesse des gouttes, angle d'ouverture du jet, débit et pression d'alimentation en eau, etc.).
- Le film d'eau sur l'équipement à protéger ne doit pas être rompu par des imperfections de surface et en particulier il doit bien ruisseler jusqu'à la base de l'équipement. [26]

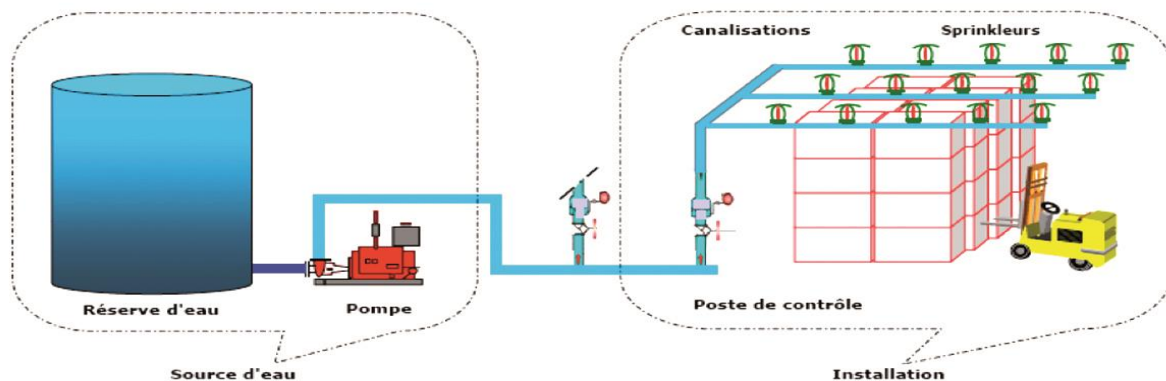


Figure – III-c- exemple d'un système sprinkler. [26]

Dans de cadre de l'extinction on utilise les mousses et les gaz inertes. L'utilisation des mousses se fait par une certaine quantité d'air et un pré-mélange (l'eau + l'émulseur), les émulseurs doivent être non toxiques et la projection des mousses ne doit pas être sur des appareils électriques sous tension, pour obtenir une bonne efficacité de mousse, on doit assurer :

- Le mode d'application de la mousse doit permettre son application douce sur la surface en feu. Par exemple, les déversoirs à mousse permettent d'assurer un épandage sans trop de turbulences, ce qui assure une bonne efficacité. Délivrer la mousse à un débit suffisant et de manière assez douce pour qu'elle soit efficace est une problématique importante de par les turbulences au-dessus du feu. Les systèmes de distribution (boîtes à mousse et déversoirs) ne sont adaptés qu'aux mousses assez résistantes. Les autres systèmes (chambres à tube poreux, gouttière, etc.) nécessitent d'appliquer les mousses avec une extrême douceur.
- Le type d'émulseur utilisé doit être adapté à la situation accidentelle. La mousse doit en effet être compatible avec le produit, assurer une extinction rapide, résister à une ré-inflammation accidentelle, etc. Les différents types d'émulseurs confèrent aux mousses des propriétés différentes.
- Le type d'émulseur doit être compatible avec l'eau utilisée pour réaliser le pré-mélange. Par exemple, certains émulseurs ne sont pas compatibles avec l'eau de mer.
- La transformation de la solution moussante en mousse doit être correctement effectuée. En effet, un même émulseur, selon le matériel utilisé (générateurs en particulier) peut donner des mousses d'efficacité très variable (allant de l'extinction rapide à la non-extinction, pour un même taux d'application).
- L'efficacité d'un émulseur est limitée dans le temps. Ainsi, un émulseur donné est garanti pour une certaine durée d'utilisation. Par exemple, les émulseurs de type synthétique pourront être garantis pendant 10 ans et les émulseurs de type protéinique pendant 5 ans. Les émulseurs peuvent éventuellement être brassés pour maintenir leur efficacité dans le temps. [26]

L'extinction par l'utilisation des gaz inertes ou des inhibiteurs qu'ils sont généralement utilisés pour l'extinction des incendies dans les espaces fermés destinés à éteindre un incendie à un stade de développement précoce dans des locaux présentent des risques incendie importants, renfermant de grande valeur ou dans lesquels l'eau ne peut être utilisé.

III-2-2-2- le temps de réponse

Le déroulement de la mise en œuvre d'un système anti incendie à partir de début d'incendie jusqu'à l'extinction et la maîtrise de la situation de l'incendie peut être schématisée comme suivant :

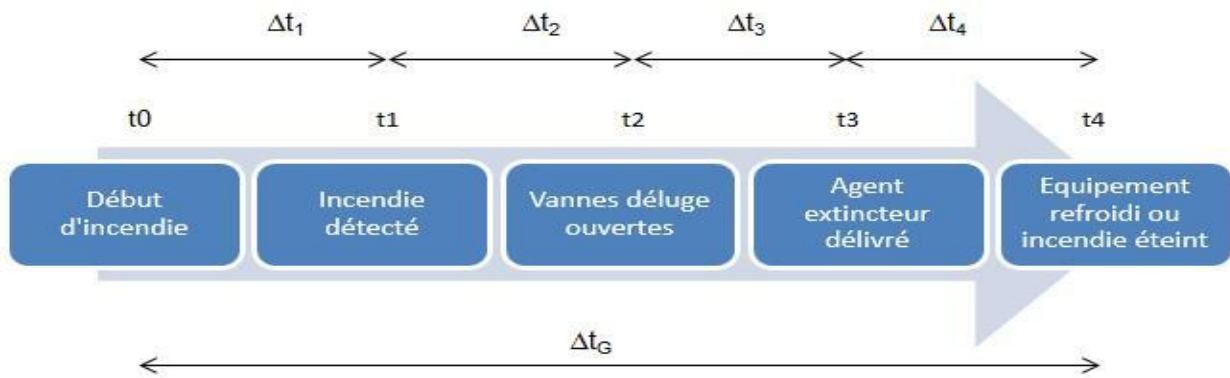


Figure-III-d- mise en œuvre d'un système anti incendie [26]

Le temps de réponse du système fixe de refroidissement correspond à l'intervalle de temps entre le moment où l'incendie débute et le moment où la pression du réservoir est revenue à sa valeur d'exploitation. Le temps de réponse du système fixe d'extinction incendie correspond à l'intervalle de temps entre le moment où l'incendie débute et le moment où il est éteint.

De façon générale, le temps de réponse de l'installation fixe de lutte contre l'incendie, noté Δt_G tels que $\Delta t_G = t_4 - t_0$

Pour atteindre l'objectif de la performance de ce temps de réponse, on améliore le temps Δt_G , ce temps est découpé pour lequel $\Delta t_G = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4$

$\Delta t_1 = t_1 - t_0$: c'est le temps pour la détection de l'incendie et le traitement de l'information, ce temps est considéré comme étant inférieur ou égale à 1 minute.

$\Delta t_2 = t_2 - t_1$: c'est le temps pour l'ouverture de la vanne déluge après la confirmation de la détection (temps moyen de l'ouverture de la vanne est 5 seconds). Dans le cas où l'ouverture de la vanne se fait par le personnel, ce dernier doit être formé pour réagir rapidement.

$\Delta t_3 = t_3 - t_2$: c'est le temps de mise en eau du réseau déluge.

Un réseau déluge est dimensionné pour permettre le fonctionnement de toutes les buses 30 secondes après ouverture de la vanne déluge. De plus, les tuyauteries incendie vides d'eau étant vulnérables au flux thermique et pouvant subir des dommages importants avant leur mise en service, une mise en eau rapide du réseau incendie constitue une protection efficace. S'ajoute à ceci le temps de formation de mousse suite à production de solution moussante (environ 30 secondes).

$\Delta t_4 = t_4 - t_3$: c'est le temps de maîtrise de l'incendie (refroidissement effectif ou incendie éteint) à partir du moment où l'agent extincteur est appliqué. Ce temps doit être compatible avec le temps de montée en température de l'équipement à refroidir (cas du refroidissement),

le temps de propagation de l'incendie au-delà d'une surface maximale de dimensionnement (surface de la cuvette de rétention par exemple) (cas de l'extinction). L'optimisation et l'amélioration du temps de réponse de système anti incendie à partir de la détection de l'incendie jusqu'à l'action finale et l'extinction de l'incendie c'est un facteur très important pour que notre système soit performant. [26]

III-2-2-3 – le niveau de confiance

Le niveau de confiance de système anti incendie est lié à la probabilité de défaillance à la sollicitation de ce système. Donc l'optimisation de niveau de confiance est basée sur plusieurs critères comme l'identification des défaillances possible préalablement, la maintenance préventive et la maintenance corrective. [26]

III-2-2-3-1- les défaillances potentielles

La gestion des défaillances de système anti incendies c'est un facteur important pour que notre système soit apte à faire face contre l'arrivé d'un incendie, les défaillances de système anti incendie sont liés aux composants de ce système, on peut citer quelques défaillances potentielles avec leurs propositions de prévention et correction dans le tableau suivant : [26]

Elément du système	Modes des défaillances	Solutions envisagées
Réserve d'eau	Gel	Protection des réserves en bassin ou aériennes contre le gel
	Bouchage	Vérification périodique de la propreté des dispositifs d'aspiration
	Fuite	Contrôle de niveau d'eau dans la réserve d'eau
Vannes déluges et accessoires associés	Gel	Ces équipements peuvent être localisés dans des armoires chauffées ou munies de traçage et calorifugeage
	Mauvaise position (pour la vanne manuelle)	<ul style="list-style-type: none"> • Chaines et cadenas • Repérage de la position de la vanne • Formation des opérateurs • Contrôles réguliers
Buses déluge	Bouchage	Une buse déluge est de type imbouchable, la pièce de diffusion étant placée à l'extérieur de la buse et à une distance telle que le passage libre est supérieur au diamètre du jet. Les filtres internes à la buse sont à proscrire car ils augmentent le risque de bouchage de la buse
	Jet sensible aux vents forts	S'assurer que les buses ne sont pas trop éloignées de l'installation à protéger
Flexible alimentant en émulseur	Rupture	Contrôle et remplacement réguliers
	Bouchage	Rinçage après usage
Chambre à mousse et buses mousse	Obstruction de la prise d'air de la chambre à mousse	Maintenance

Tableau-4- quelques défaillances potentielles et leurs solutions envisagées

III-2-2-3-2-les tests et maintenance

Les tests, les vérifications périodique et la maintenance de système anti incendie doivent être réalisé régulièrement et au sens des normes spécifiées par le système anti incendie

dans le cas générale la maintenance doit être s'effectué selon des règles :

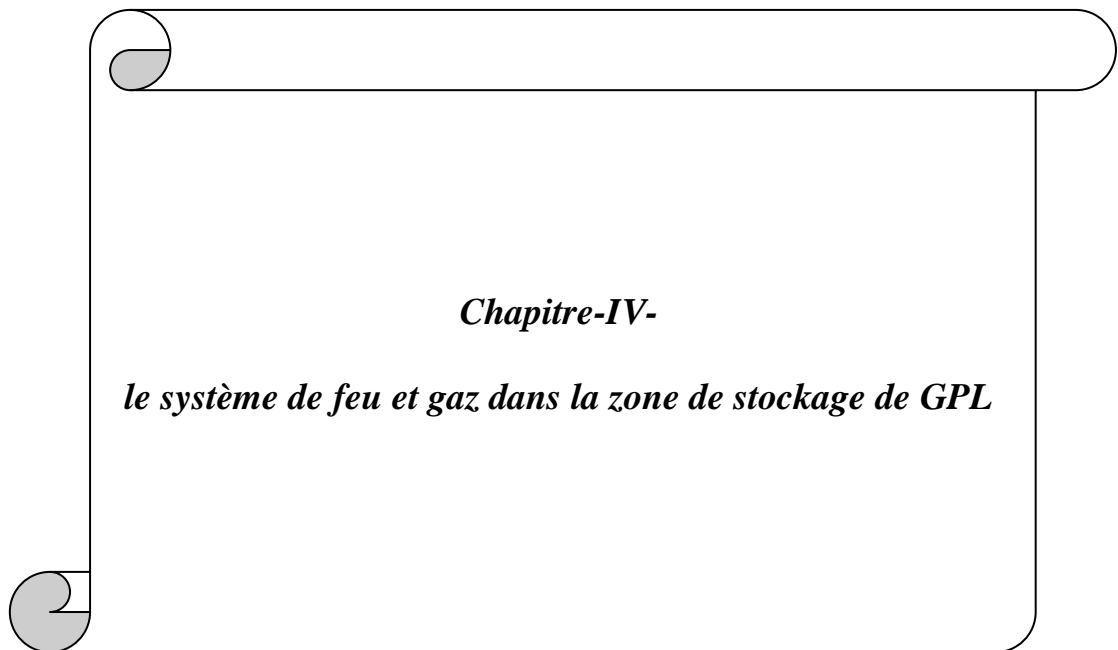
- Les personnels chargés d'exécuter les opérations de maintenance du S.S.I doivent être formées pour intervenir en conformité.
- Les opérations de maintenance doivent faire l'objet d'un enregistrement.
- La personne chargée de la maintenance corrective doit s'engager à intervenir dans un délai maximal compatible avec la nature de l'exploitation. [27]

Pour la vérification de système de détection incendie, on suive la règle APSAD R7, parmi les opérations d'entretien, on peut citer.

- Contrôle des mises à la terre et des protections vis-à-vis du réseau de distribution électrique public (qui est la source principale).
- Inspection de l'état des circuits de détection et vérification des isolements.
- Nettoyage des détecteurs, à l'exclusion de celui des détecteurs ponctuels de fumée qui doit être effectué par le constructeur.
- Vérification de l'action des déclencheurs manuels.
- Vérification des sources d'alimentation.
- Vérification du bon fonctionnement de tous les organes reliés à l'ECS (tableau de report, indicateurs d'action des détecteurs, diffuseurs sonores). [28]

Conclusion

La démarche qui on a utilisé dans ce chapitre c'est la manière générale pour installer un système anti incendie car il y a des situations exceptionnelles qui ont besoin d'autres méthodes d'analyses et d'autres méthodes d'optimisation mais ses but reste toujours le même.



Introduction

Suite à notre stage qui a déjà été effectué en licence au niveau de l'usine de traitement de gaz pétrolier liquéfié dans la région de Hassi mesaoud à la société de SONATRACH, on a étudié le système anti incendie dans la zone de stockage de GPL.

Une simulation par un logiciel c'était prévue dans notre travail mais malheureusement, nous avons trouvé certains logiciels qu'ils sont payant

- Logiciel de simulation SSI-FPSSI.
- Logiciel de FireCad Pro.
- FLS0001.

IV -1 – présentation de la zone de stockage de GPL

Le GPL produit, venant de la zone « P10 » est stocké dans trois sphères dans la zone « 30G », cette zone contient deux sphères ON-SPEC, et une sphère OFF-SPEC.

Dans la nouvelle usine de traitement de gaz de Gassi Touil, le GPL est stocké sous forme liquide dans des sphères dans la zone dite 30G. Deux sphères en On-Spec (31G A&B) et une sphère Off-Spec (39G), toutes les sphères ayant le même volume de stockage 500m³, avec une pression de 16bar.

Le GPL stocké dans la sphère Off-Spec (39G) est pressurisé avec de fuel gaz.

Le GPL OFF-SPEC est envoyé vers le ballon « HP condensat flush drum » pour le retraitement.

Ce mode de stockage est sécurisé, et permet de gagner plus d'espace, afin de pouvoir stocké une grande quantité de GPL sous forme liquide.

Ex : 1m³ de GPL à l'état liquide égal 280-300m³ à l'état gazeux.



Figure –IV-a-la zone de stockage de GPL.

Spécifications de sphère de stockage GPL :

- Diamètre interne 10500 mm
- Contenu GPL
- Capacité 500 m³
- Température de calcul 90 / - 40°C
- La peinture anti-incendie utilisé: thermo – lag 3000 10 mm
- Sur presseur de corrosion 1,6 mm
- Epaisseur de la calandre 40 mm
- Pression d'essai 33 barg
- Pression de service 16 barg
- Pression de calcul 22barg

IV-2- les risques et les scénarios accidentels liés au stockage de GPL

Généralement le GPL est stocké sous pression forme liquide dans des sphères conçues pour ce mode de stockage.

Les risques liés à ce mode de stocke sont:

- Risque de fuite.
- Risque d'incendie.
- Risque d'explosion (phénomène de BLEVE).

IV-2-1- la description du phénomène de BLEVE

Le BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) ou explosion de vapeur en expansion par ébullition d'un liquide est le scénario d'accident majeur le plus redouté pour les réservoirs de gaz liquéfiés, Les causes principales identifiées d'un BLEVE sont multiples.

On distingue notamment :

- Fuite sur une tuyauterie.
- Rupture de tuyauterie.
- Sur-remplissage.
- Accident maritime.
- Erreur humaine.
- Erreur de conception, matériau non adapté.
- Incendie extérieur.

Le BLEVE peut être défini comme la vaporisation violente à caractère explosif consécutive à la rupture d'un réservoir contenant un liquide à une température significativement supérieure

à sa température d'ébullition à la pression atmosphérique. Comme le cas de stockage de GPL dans les sphères sous pression, C'est un accident très redouté surtout lorsqu'il s'agit d'un gaz liquéfié ; en effet, dans ce cas-là, il peut s'accompagner d'une boule de feu produisant une forte chaleur.

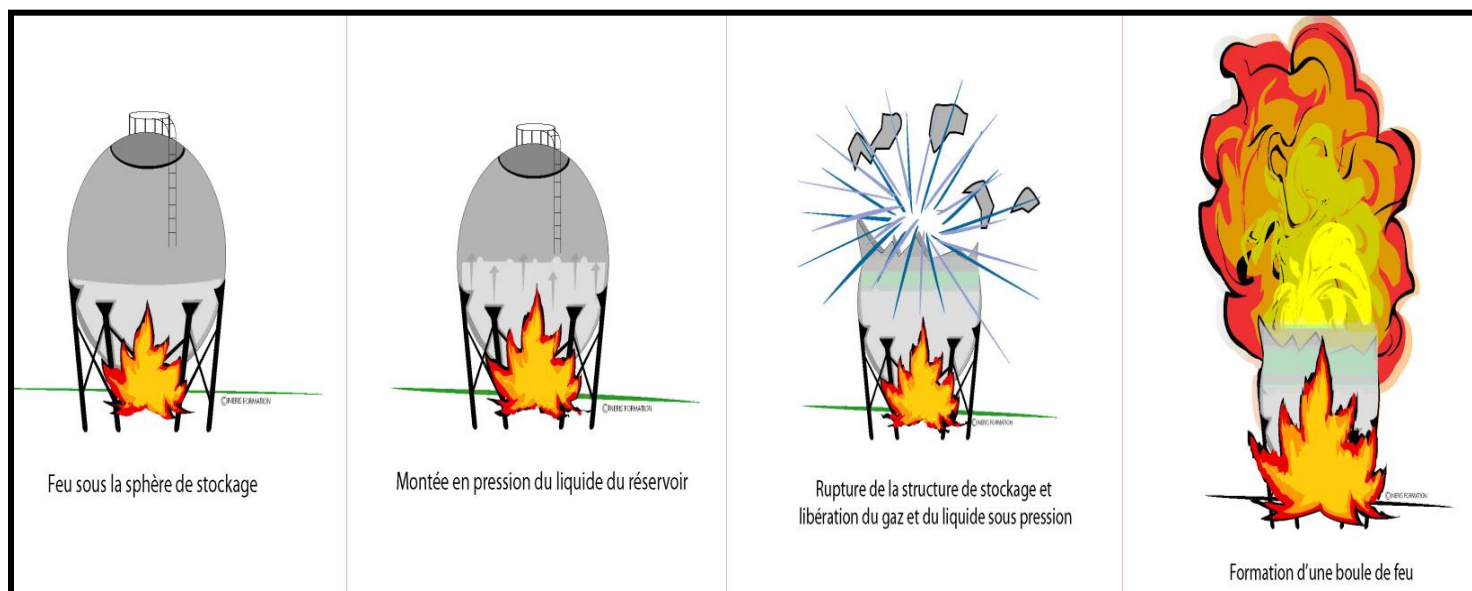


Figure IV-b- le phénomène de BLEVE.

IV-2-2 -modélisation de scénario de BLEVE par logiciel CAMEO-ALOHA

CAMEO-ALOHA est un logiciel utilisable pour des situations d'urgence. Il a été développé conjointement par les 2 entités américaines suivantes : "Environmental Protection Agency's Office of Emergency Prevention, Preparedness and Response" (EPA) et le "National Oceanic and Atmospheric Administration's Office of Response and Restoration" (NOAA). ALOHA modélise la dispersion atmosphérique de gaz neutre, par un module basé sur l'approche gaussienne, et de gaz plus lourd que l'air au moyen d'un module de gaz dense. ALOHA permet notamment la modélisation d'émissions à partir de flaques en ébullition ou non, de réservoirs sous pression de gaz ou de liquide, d réservoirs liquides non pressurisés, de réservoirs contenant des gaz liquéfiés, de conduite de gaz sous pression.

Le GPL pas inclut dans la base de donné de CAMEO pour cela on va modéliser le propane qu'il est considéré comme un GPL.

Chapitre-IV- le système de feu et gaz dans la zone de stockage de GPL

Les informations d'entrées pour modéliser un scénario de BLEVE sont comme de suite :

Les conditions atmosphériques		
La vitesse de vent	V= 12km/h	
La direction de vent	Sud –ouest	
L'état de la météo	Ensoleillé	
La température de l'air	T _{air} = 32°C	
La classe de stabilité	D	
L'humidité	20%	
Les conditions de stockage		
Sphère de stockage	Diamètre	10.50 m
	Volume	500 m ³
L'état de stockage	Liquide	
La température autour de la sphère	T ₁ = 70 °C	
Le niveau de remplissage de la sphère	82%	
Le scénario étudié c'est le BLEVE		

Tableau-5- les données pour la modélisation de BLEVE.

D'après la modélisation par ALOHA on trouve :

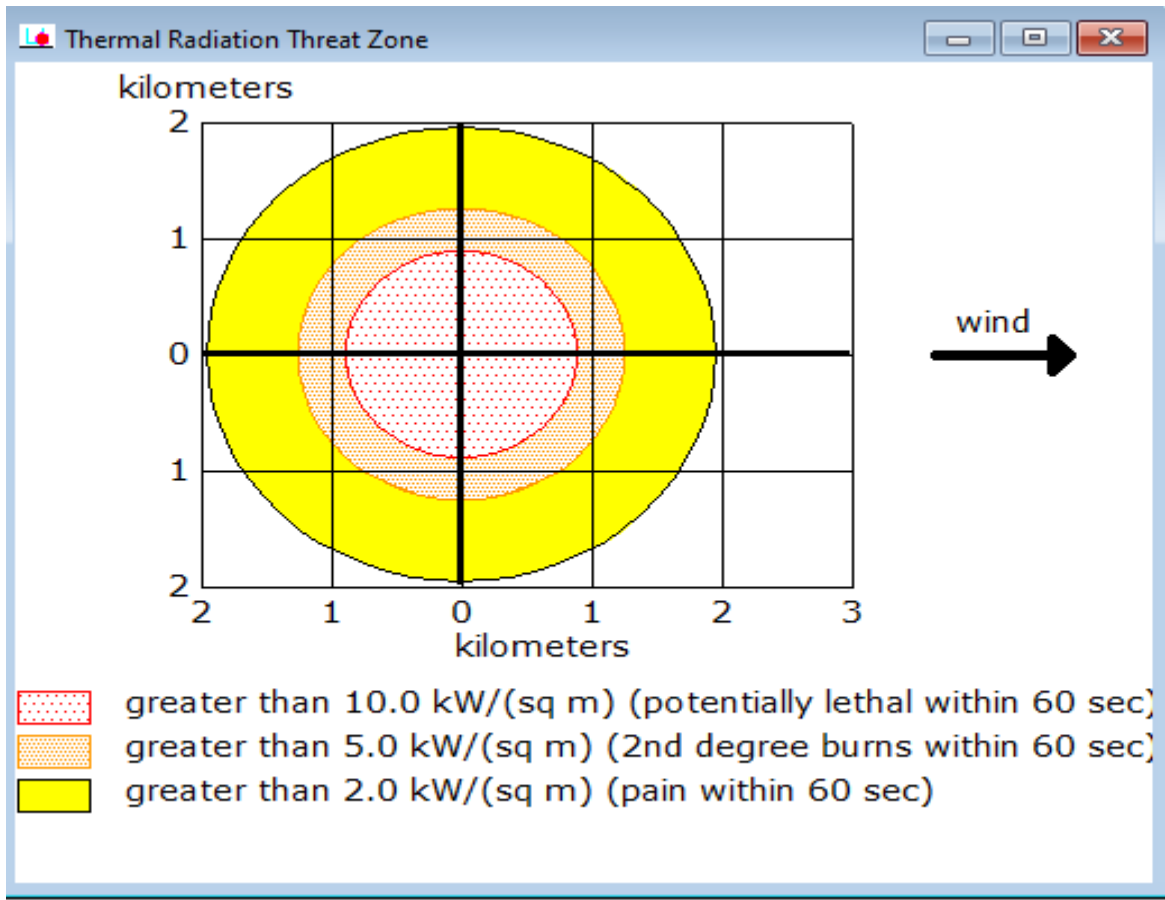


Figure –IV-c- le périmètre affecté par le BLEVE.

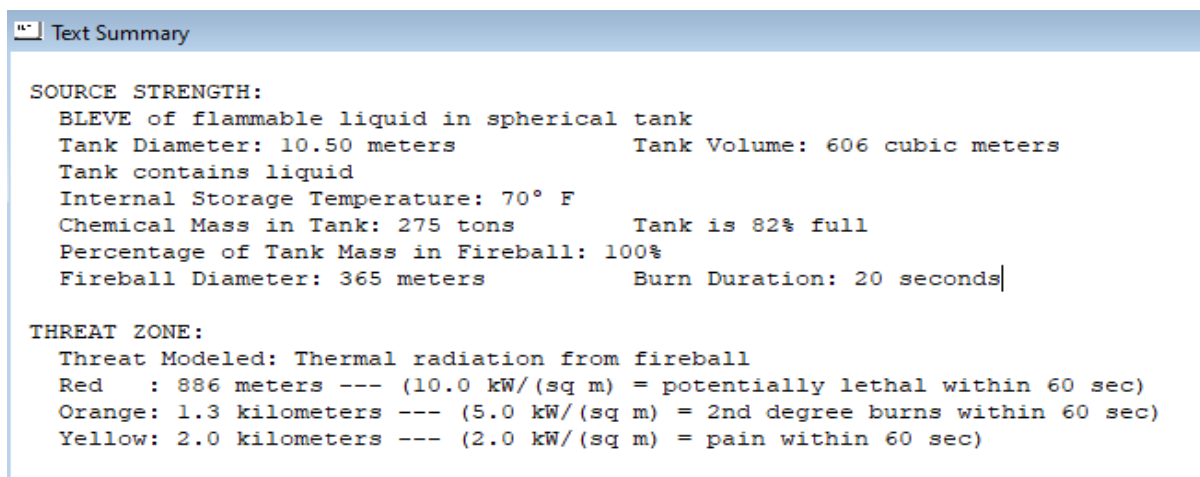


Figure –IV-d- les diamètres de trois zones affectées par le BLEVE.

D'après cette figure on voit que les effets de BLEVE sont répartis sur trois niveaux selon la gravité :

Chapitre-IV- le système de feu et gaz dans la zone de stockage de GPL

- **la zone rouge** : c'est la plus désastreuse (diamètre de 886 m).
- **la zone orange** : c'est la zone moins catastrophique.
- **la zone jaune** : c'est la zone a faible effet que les deux précédentes.

Si une sphère de stockage va avoir lieu une BLEVE, on peut trouver par MARPLOT la figure suivante :

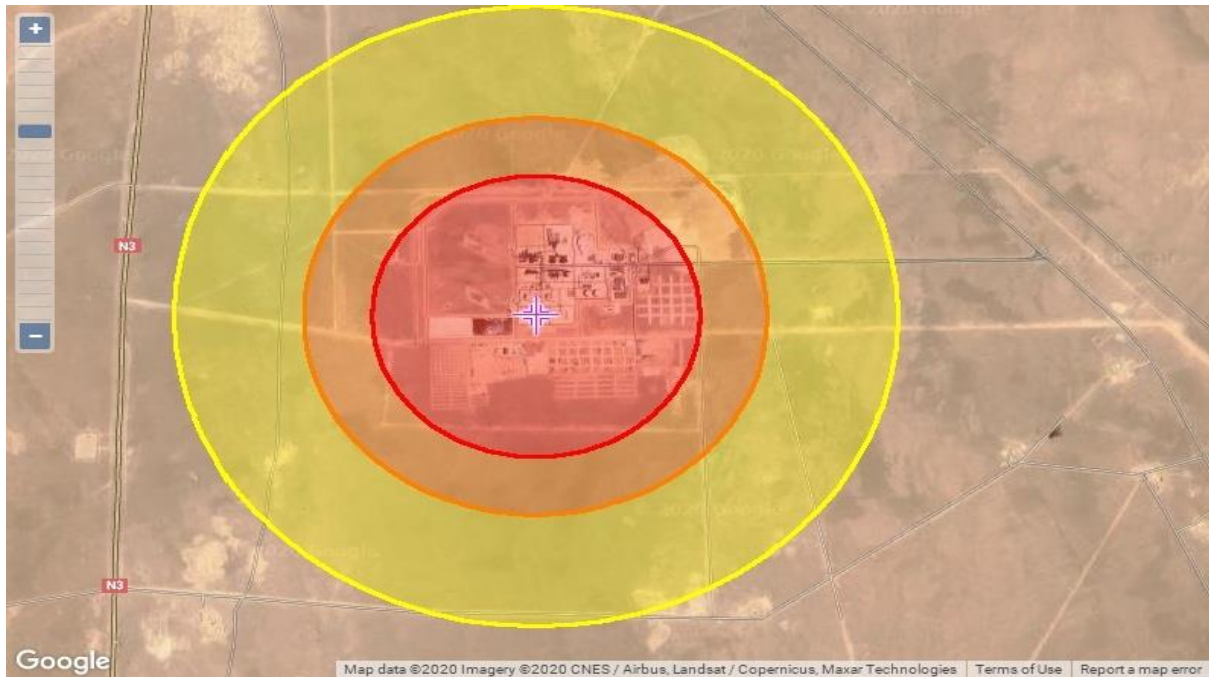


Figure-IV-e- l'effet de BLEVE sur le site.

D'après cette figure on peut voir que le site est complètement dans la zone rouge qu'elle est très désastreuse qu'elle va causer des dommages humains et matériels très considérables.

IV-3- système de feu et gaz dans la zone de stockage de GPL

L'objectif du système feu et gaz est de s'assurer qu'en cas d'incendie ou de rejet de gaz, le personnel d'exploitation est immédiatement informé de la situation et les actions appropriées mises en œuvre pour maîtriser les risques et empêcher l'apparition d'autres dangers.

IV-3-1- le système de détection incendie [29]

Le système de détection installé dans la zone comporte les moyens de détection de gaz et les moyens de détection de feu.

IV-3-1-1- la détection de gaz

la détection de gaz comporte deux types des détecteurs de gaz :

- **Les détecteurs de gaz ponctuels** : Ce sont installés au-dessous de la sphère et à côté des pompes de transfère GPL. Ils sont distribués comme suit :
 - 03 détecteurs au-dessous de chaque sphère.
 - 01 détecteur par chaque pompe de transfère GPL.

- **Détecteurs de gaz linéaires** : Ce sont installés autour de la zone de stockage des trois sphères. La barrière linéaire de détection gaz a été conçue pour détecter les hydrocarbures en milieu industriel. C'est une solution particulièrement économique qui peut remplacer jusqu'à 20 détecteurs de gaz à point fixe sur une distance de 200 mètres. Elle est totalement insensible aux interférences provoquées par la lumière solaire ou toutes autres sources de rayonnement, telles que les torchères, le soudage à l'arc ou l'éclairage, les avantages de la détection linéaires sont plusieurs, on cite :
 - Zone de surveillance étendue : plus grandes probabilités de détecter des fuites.
 - Temps de réponse très rapide.
 - Sensibilité élevée qui permet des alarmes plus précoces avec des seuils plus bas.
 - Emplacement des détecteurs moins stratégique.
 - Installation et mises en service simples, un seul système remplace plusieurs appareils ponctuels.

Numéro de détecteur	Emplacement	Type de détecteurs
70 GA 1061/1062/1063	Sphère of spec	Détecteurs de gaz ponctuels
70 GA 1064/1065/1066	Sphère on spec A	
70 GA 1067/ 1068/1069	Sphère on spec B	
70 GA 1055/1056	LPG rerun pump	
70 GA 1057/1058	LPG booster pump	
70 GA 1059 /1060	LPG pipeline pump	
70 GA 1100	Nord de la zone	Détecteurs de gaz linéaires
70 GA 1101	Sud de la zone	
70 GA 1102	Nord East de la zone	
70 GA 1103	Sud East de la zone	
70 GA 1104	Ouest de la zone	

Tableau-6- tableau récapitulatif des détecteurs de gaz.

IV-3-1-2- la détection de feu

la détection de feu dans la zone de stockage de GPL peut se faire par :

- **Détecteurs infrarouge** : ce sont placés dans les zones où le feu peut avoir lieu
Détecteur de flamme IR est composé d'un capteur sensible à la radiation IR (0,185-0,260 μm) émise par le CO₂ issue de la combustion du produit en flamme. La lentille et le filtre permettent aux IR de passer et d'exciter une cellule photoélectrique qui à son tour, transmet un signal à un amplificateur pour qu'il amplifie seulement les fréquences des radiations dues aux flammes pour commander l'alarme. Le signal devrait persister pendant un certain temps de 2 à 15 secondes avant de déclencher l'alarme, cela diminuera les fausses alarmes et retardera légèrement la réponse de détecteur.
- **Câbles thermosensible** : ces câbles sont installés autour de chaque sphère, ainsi que les pompes de transfère GPL ce qui permet de détecter des conditions de chaleur n'importe où le long du câble. Câble de détection thermique linéaire qui détecte la chaleur n'importe où sur toute sa longueur thermosensible calibré à 68°C, 88°C ou 185°C. il comporte deux conducteurs isolés dont l'isolant fond à la température de

Chapitre-IV- le système de feu et gaz dans la zone de stockage de GPL

seuil retenue. Lorsque cela se produit les deux conducteurs entrent en contact.
Disponible avec 3 autres températures de seuil.

Numéro de détecteur	Emplacement	Type de détecteur
70 NA 1034	Sphère Off-spec côté nord	Détecteurs infrarouge
70 NA 1035	Sphère On-spec A côté nord	
70 NA 1036	Sphère dans la spécification B	
70 NA 1042	Sphère Of spec et Sphère On spec A	
70 NA 1043	Sphère On spec A et B	
70 NA 1206	Sphère Of spec	Détecteurs thermosensibles
70 NA 1204	Sphère On spec A	
70 NA 1205	Sphère On spec B	
70 NE 1252 A et B	LPG booster pompe	
70 NE 1253 A et B	LPG rerun pompe	
70 NE 1208 A et B	LPG pipeline pompe	

Tableau-7- tableau récapitulatif des détecteurs de feu.

IV-3-1-3- la détection manuelle

On peut aussi de détecter le feu manuellement par poste manuel d'alarme incendie (Bouton poussoir et interphone incendie), ces postes sont situés le long des routes d'accès dans le CPF. Ils se composent d'un bouton poussoir et d'un interphone incendie. Lorsqu'un opérateur sur le terrain appuie sur le bouton, l'alerte incendie est déclenchée.

Pour ce type de détection il existe aussi des cabines téléphoniques sont installées dans cette zone pour permettre la communication avec la salle de contrôle sécurité.

Code de la cabine	Emplacement	Type
70 CPA 1045	Sud Ouest de la zone	Point de communication (call point)
70 CPA 1046	Sud East de la zone	
70 CPA 1047	Centre de la zone	
70 CPA 1039	Nord Ouest de la zone	

Tableau-8- tableau récapitulatif des points de communication.

IV-3-2- le système de mise en sécurité incendie

La mise en sécurité dans la zone de stockage de GPL englobe le système de déluge pour la protection des sphères, le système d'alarme qui donne l'information au personnel pour évacuer la zone, et le système d'arrêt d'urgence (ESD) pour la mise à l'arrêt de certain équipement.

IV-3-2-1- système des couronnes de refroidissement (système de déluge)[29]

Une installation de déluge est une installation dont le réseau de protection est équipé de sprinkleurs ou pulvérisateurs ouvertes, Le système de déluge est conçu pour protéger la sphère contre la radiation thermique émise par le feu. Il est composé des équipements suivants :

- Câbles thermosensibles.
- Vanne de déluge XV.
- Vanne de by-pass manuelle.
- Couronnes de refroidissement.

Les possibilités pour actionner ce système :

- Déclenchement du système déluge en cas de détection d'incendie par le câble thermosensible
- Déclenchement des systèmes déluge pour les sphères de GPL” pour un vote de 2sur N en cas de détection d'incendie par les détecteurs de flamme.
- En mode semi-automatique par l'ouverture de la purge de la vanne automatique.
- En mode manuel : Ouverture de la vanne manuelle de by-pass.

Chapitre-IV- le système de feu et gaz dans la zone de stockage de GPL

Numéro de la vanne de déluge	Sphère protégée
71 XV 2204	Sphère ON-SPEC –A-
71 XV 2205	Sphère ON- SPEC –B-
71 XV 2206	Sphère OFF-SPEC
71 XV 2208	LPG booster, rerun pompe et pipeline pompe

Tableau-9- tableau récapitulatif des vannes de déluge des sphères de stockage GPL.

Chapitre-IV- le système de feu et gaz dans la zone de stockage de GPL

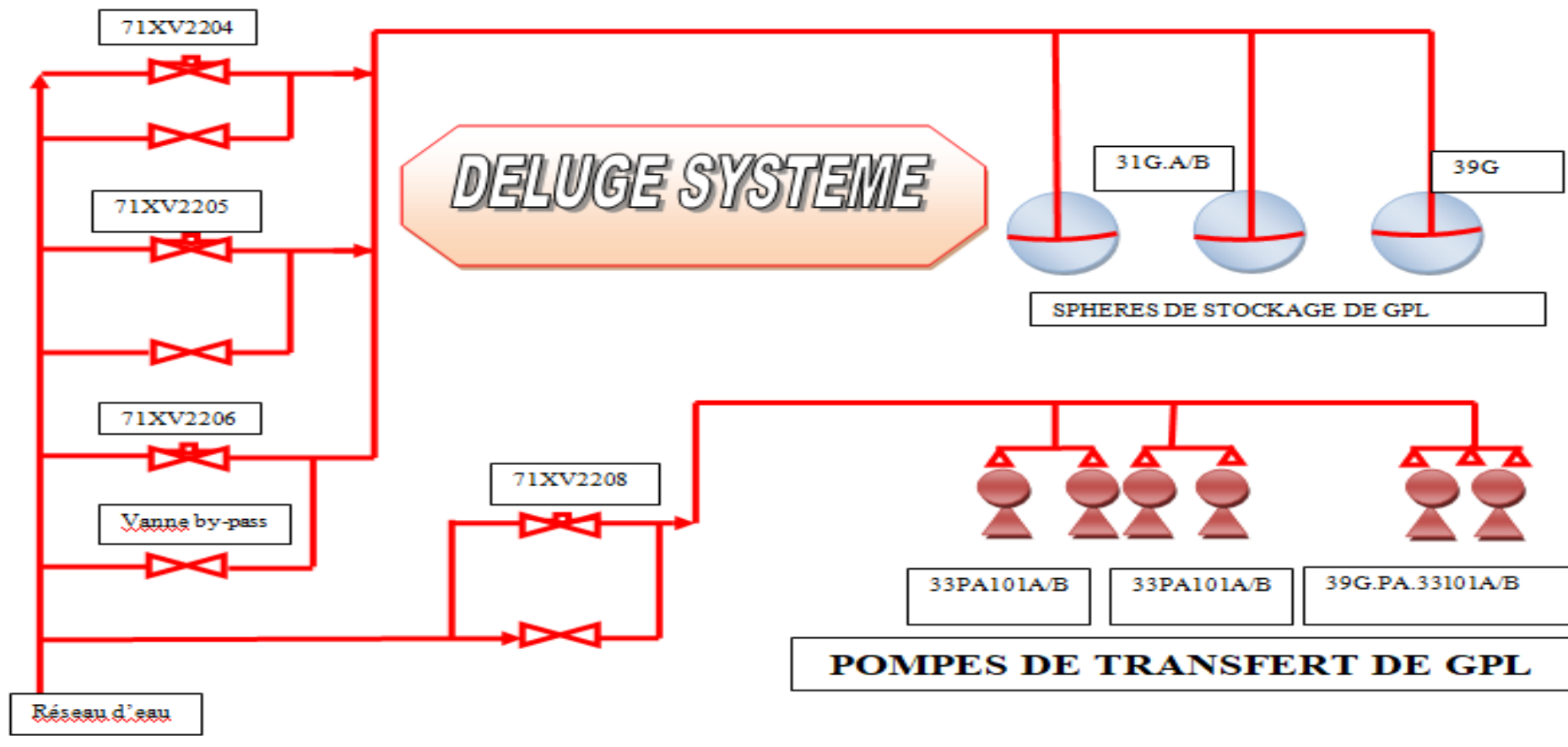


Figure-IV- le système déluge.

IV-3-2-2- système d’alarme [29]

En cas de détection de gaz, le système est en mesure de déclencher automatiquement des alarmes dans la salle de contrôle centrale du bâtiment de contrôle central et à la station incendie afin de prévenir le personnel qui devra prendre les mesures adéquates pour éviter une éventuelle escalade des risques. Le système active également une alarme sonore par les haut-parleurs PA/GA (Adresse publique/alarme générale) et une alarme visuelle pour préciser la localisation de la fuite de gaz aux opérateurs sur le terrain.

En outre, les opérateurs de la salle de contrôle centrale peuvent identifier la localisation du gaz détecté à l’aide des graphiques du système à commande distribuée et annoncer la localisation et communiquer des messages d’urgence pour fournir plus d’informations et d’instructions aux opérateurs sur le terrain par le système PA/GA.

Code de l’alarme	Equipement protégé	Type de l’alarme
70 XA 1015	Sphère off spec	Alarmes visuelles et sonores
70 XA 1016	Sphère on spec A	
70 XA 1017	Sphère on spec B	
70 XA 1018	LPG booster pompe	
70 XA 1019	LPG rerun et pipeline pompe	

Tableau-10- tableau récapitulatif des alarmes visuelles et sonores.

IV-3-2-3- système d’arrêt d’urgence (ESD)[29]

Le but du système ESD est de garantir, en cas d’incendie, ou de toute autre circonstance potentiellement dangereuse, que les parties appropriées de l’usine pourront être arrêtées, isolées et/ou dépressurisées de manière contrôlée, minimisant ainsi le risque des dommages consécutifs ou l’aggravation d’un incident. Le système permet d’assurer de façon fiable l’arrêt manuel ou automatique dès détection d’une condition anormale. Les fonctions d’arrêt discret et d’arrêt automatique sont assurées par le système ESD. Le système ESD est certifié SIL-3 avec de fiabilité et de disponibilité élevées, qui offre une disponibilité de 99,999% sur la base d’un MTTR (délai moyen de réparation) de 8 heures par un personnel

qualifié, le système d'arrêt d'urgence (ESD) est devisé sur des niveaux selon le niveau de risque :

- L'arrêt ESD-0 : est l'arrêt total de l'usine, y compris le système de puits. L'ensemble des installations centrales de traitement (CPF) est dépressurisé simultanément. Ca pour une perturbation très grave.
- L'arrêt ESD-1 implique l'arrêt total de l'usine sans dépressurisation et l'arrêt d'un secteur avec dépressurisation en cas d'incendie confirmé à l'intérieur du secteur correspondant.
- L'arrêt ESD-2 est l'arrêt de zone avec dépressurisation et dispose d'une séquence de dépressurisation manuelle pour chaque zone. Ca en cas d'un risque limité dans la zone de stockage de GPL.
- L'arrêt ESD-3 implique l'arrêt de l'équipement concerné. Cet arrêt doit être déclenché exclusivement par les signaux du procédé. cet arrêt pour un dysfonctionnement des pompes de GPL.

IV-4- l'optimisation de la performance de système de feu et gaz

Un problème d'optimisation est défini par un ensemble de variables, une fonction objectif (ou fonction de coût) et un ensemble de contraintes. L'espace de recherche est l'ensemble des solutions possibles du problème. Il possède une dimension pour chaque variable. Pour des raisons pratiques et de temps de calcul, l'espace de recherche des méthodes de résolution est en général fini. Cette dernière limitation n'est pas gênante, puisqu'en général le décideur précise exactement le domaine de définition de chaque variable. La fonction objective définit le but à atteindre, on cherche à minimiser ou à maximiser celle-ci. L'ensemble des contraintes est en général un ensemble d'égalités et d'inégalités que les variables doivent satisfaire. Ces contraintes limitent l'espace de recherche. [30]

IV-4-1-la performance de système de détection [31]

La performance du système de détection incendie repose sur la maîtrise du cycle de vie de ce système qui se décompose en trois phases principales :

- **la spécification** : cette étape c'est pour déterminer les spécifications fonctionnelles (l'intégrité de la performance) des détecteurs de gaz et de feu, elle doit contenir :
 - Les scénarios accidentels précisant le phénomène détecté, les types de fuite et leurs caractéristiques, les modélisations potentielles...

- Les types de mesure et le point de déclenchement.
 - Les conditions métrologiques et environnementales (vent, humidité, température).
 - Les conditions de l'installation.
 - Le temps de réponse requis.
- **la réception (la vérification de la conformité) :** cette étape a pour objectif de vérifier que les détecteurs installés répondent aux spécifications
- à la livraison de ces détecteurs, il faut s'assurer que les détecteurs fournis répondent bien au besoin et à la conformité exigée.
 - à l'installation de ces détecteurs, il faut s'assurer que les détecteurs sont installés aux bons endroits et sont bien câblés, cette vérification se fait sous la base des éléments techniques de dossier technique (avec la localisation des détecteurs, un guide de montage....).
 - Les tests de fonctionnalités : un test pour la vérification du bon fonctionnement de tous les composants du détecteur, tels que les niveaux des alarmes sonore et visuelle, le système d'alimentation, les composants électroniques, ainsi que du respect de l'écart acceptable (tolérance) de l'exactitude de la lecture, etc.
 - L'étalonnage (ou calibration) d'un détecteur de gaz consiste au réglage du zéro et de la sensibilité. C'est une opération indispensable et récurrente pour une installation fixe de détection gaz.
 - Réglage de la sensibilité (ou calibrage). Le réglage de la sensibilité (étalonnage détecteurs gaz) se fait idéalement avec une bouteille gaz étalon du gaz à mesurer avec une concentration comprise entre 20% et 80% de la gamme de mesure tout en prenant soin de pouvoir déclencher tous les seuils d'alarme du détecteur de gaz. Dans certains cas où il n'existe pas de bouteilles gaz étalon pour étalonner le détecteur de gaz (tous les gaz n'étant pas disponible à la vente), on pourra utiliser un gaz interférent avec toutes les précautions (et incertitudes relatives) qui s'imposent.
- **La maintenance :** cette étape consiste à exploiter et maintenir les détecteurs pour que leur performance soit maintenue dans le temps. Les détecteurs dérivent dans le temps et leur fonctionnement peut être altéré par des paramètres extérieurs. Il est donc indispensable de vérifier périodiquement leur bon fonctionnement et de réaliser les opérations de vérification et de maintenance adéquates. la qualité de maintenance et la fiabilité de réparation doit répondre aux certains critères suivant :
- Vérification complète des matériels.

- Diagnostique de panne.
- Changement des pièces et composants défectueux présentant des faiblesses.
- Traçabilité des interventions préventives et curatives.
- Stocks importants de pièces détachées et gaz étalon.
- On doit minimiser les temps de réparation pour la remise en service le système de détection le plutôt possible.
- Minimiser le coût des réparations de façon optimale.

IV-4-2-la performance de système des courrons de refroidissement (système déluge)

Pour atteindre l'objectif d'une bonne performance de système de refroidissement repose sur l'efficacité, le temps de réponse et le niveau de confiance ou bien le niveau d'intégrité de sécurité :

- **L'efficacité** : le système déluge haute pression offre une surface d'échange de refroidissement nettement plus importante que celle des systèmes basse pression traditionnels. Les systèmes déluge à haute pression absorbent alors l'énergie (la chaleur) du feu beaucoup plus rapidement et efficacement. Le puissant effet refroidissant est non seulement utile pour combattre le feu mais également pour protéger les personnes et les biens des effets du rayonnement de la chaleur. Cet important effet de refroidissement est principalement obtenu par le passage à l'état de vapeur des gouttelettes d'eau au cœur du foyer. Cet effet est obtenu par le bouclier formé par le brouillard d'eau qui protège également les éléments de construction des matériels. [32]

On doit aussi effectuer des inspections :

- Inspections quotidiennes et hebdomadaire : vérifiez l'absence de dommages mécaniques et de corrosion au niveau de la vanne et de son trim. Remplacez tout élément endommagé ou corrodé.
- Inspection mensuelle : notez la pression d'air du système et la pression d'alimentation en eau. Assurez-vous que la pression d'alimentation en eau se situe dans la plage des pressions normalement observées dans la zone. Une baisse significative de la pression d'alimentation en eau peut indiquer un problème au niveau de l'alimentation en eau. Toute variation par rapport aux pressions normales doit faire l'objet d'une vérification.

- Inspection annuelle : effectuez une inspection interne de la vanne et effectuez l'essai partiel de fonctionnement (déclenchement) obligatoire.
- **Le temps de réponse** : un temps de réponse rapide va rendre le système de déluge plus performant
- **Le niveau de confiance** : La fréquence des tests de fonctionnement est un élément important dans la détermination du niveau de confiance de système déluge. Plus la fréquence des tests est élevée, plus grande sera le niveau de confiance accordé au système.

IV-4-3- la performance de système d'alarme [33]

La seule façon pour assurer que le système d'alarme-incendie fonctionne correctement lorsque nécessaire est en le faisant inspecter, tester et entretenir :

- **Quotidiennement** : il est recommandé de faire et de réaliser des tests pour :
 - Effectuer une vérification visuelle des témoins lumineux principaux et à distance pour l'indication de problèmes.
 - Inspecter le principal voyant lumineux de courant « sous tension » ou l'indicateur équivalent pour assurer son fonctionnement normal.
 - L'alarme centrale et les installations de contrôle doivent être vérifiées chaque jour pour s'assurer qu'aucun problème ne soit indiqué dans le système.
- **Mensuellement** : il est recommandé de faire et de réaliser les tests suivants :
 - Les signaux d'alarme doivent être vérifiés afin de s'assurer que les signaux (ex. : sonneries, avertisseurs sonores, haut-parleurs, etc.) soient audibles et fonctionnent correctement.
 - Le voyant d'alarme principal doit être inspecté pour s'assurer que le dispositif testé ait donné la bonne indication.
 - Le bon fonctionnement de tous les signaux sonores et visuels, incluant les dispositifs à distance, doit être assuré.
- **Annuellement** : il est recommandé de faire les tests suivants :
 - Indicateur visuel de mise en marche.
 - Principal signal visuel de défaillance.
 - Principal signal sonore de défaillance.
 - Silencieux du signal de défaillance.
 - Signal de défaillance de l'alimentation principale.

- Mise à la terre testée pour les signaux de défaillance positifs et négatifs.
- Fonctionnement du signal d'alarme.
- Indicateur visuel du silencieux du signal d'alarme..
- Minuteur d'extinction automatique du mode silencieux du signal d'alarme.
- Indicateur visuel.
- Fonctionnement de l'indication de défaillance du circuit d'entrée.
- Fonctionnement de l'alarme du circuit de sortie.
- Fonctionnement de l'indication de défaillance du circuit de sortie.
- Essai de l'indicateur visuel (essai du voyant).
- La séquence de signaux codés fonctionne le nombre de fois requis au minimum et le signal d'alarme correct fonctionne par la suite.
- Les séquences de signaux codés ne sont pas interrompues par une nouvelle alarme.
- Transfert de l'alimentation principale à l'alimentation d'urgence.
- Surveillance et fonctionnement du lien de transmission du circuit de données.
- Interconnexion entre l'unité de contrôle et la station de surveillance.

IV-4-4- la performance de système d'arrêt d'urgence (ESD) [34]

Pour avoir une bonne performance d'un système d'arrêt d'urgence repose sur des stratégies de maintenance adaptées aux enjeux techniques et économiques de ce système, on peut distinguer plusieurs types de maintenance :

- **Maintenance préventive** : maintenance exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinée à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement. On a le choix entre plusieurs politiques de maintenance préventive. Les plus fréquentes sont les suivantes :
 - la maintenance systématique : maintenance préventive exécutée à des intervalles de temps préétablis.
 - la maintenance conditionnelle : consiste à vérifier périodiquement l'état des pièces qui se dégradent et à n'intervenir que si l'état de dégradation est suffisamment avancé pour compromettre la fiabilité de ESD.
 - la maintenance prévisionnelle : maintenance conditionnelle exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation de paramètres significatifs de la dégradation du ESD. Elle permet d'anticiper et de prévoir au mieux le moment où l'intervention devra être réalisée. Lorsqu'elle est techniquement réalisable et

économiquement rentable, cette forme de maintenance est sûrement la plus élaborée et conduit à la meilleure optimisation de la maintenance.

➤ **La maintenance corrective** : maintenance exécutée après la détection d'une panne et destinée à remettre le système d'arrêt d'urgence dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise. Cette maintenance corrective peut être décomposée encore en :

- Maintenance palliative : consiste à pallier provisoirement l'effet d'une défaillance afin de permettre la continuité de l'exploitation du bien sans pour autant traiter les causes. L'action exécutée est presque toujours une action de dépannage. Si cette maintenance n'est pas complétée par une action de fond destinée à traiter la cause première, on est conduit à constater la répétition de la défaillance en question et on parle alors de défaillance répétitive

- Maintenance curative : Il s'agit là d'une maintenance qui s'attaque réellement au fond du problème en essayant de « soigner » le mal et traitant la cause première, si le diagnostic permet de remonter jusqu'à cette cause première.

Dans la pratique, on est amené, pour réduire les coûts de maintenance et assurer la disponibilité des systèmes, à combiner ces différentes politiques dans le plan de maintenance, par exemple à prévoir une partie des actions de maintenance à dates fixes et à en profiter pour effectuer les vérifications sur les pièces soumises à la maintenance conditionnelle, quelle que soit la stratégie de maintenance préconisée, il est nécessaire de la mettre en œuvre dans le cadre d'une méthodologie rigoureuse, fondée sur :

- la connaissance technologique des biens concernés.
- leurs conditions d'exploitation dans le système productif.
- leur criticité dans le processus de production.
- les coûts directs et indirects engendrés.

Conclusion générale

Ce travail de fin d'étude s'inscrit dans le cadre de la lutte contre les incendies dans l'industrie par l'utilisation des systèmes anti incendie, ces systèmes devront être conçues de façon de conformité aux normes des systèmes de sécurité incendie pour prévenir les personnes et les installations.

Cette étude a consacré aussi sur les paramètres d'optimisation des systèmes de sécurité incendie tels que les spécifications, les vérifications et la maintenance de système anti incendie ainsi que l'optimisation économique dans le cadre d'avoir un système plus performant avec un coût réduit.

Nous avons étudié un système de feu et gaz installé dans la zone de stockage de GPL pour protéger essentiellement les sphères contre les radiations thermique, et l'arrêt de certain installation dans le cadre d'arrêt d'urgence, ce système devra être :

- Installé conformément aux normes de sécurité incendie.
- Vérifier son fonctionnement périodiquement.
- Constater toute anomalie qui peut diminuer son efficacité si on le sollicite.
- Maintenir que ce soit préventif ou corrective.
- Diminuer les temps de réparation pour la remise en service rapidement.

En fin, on peut dire que notre étude a consacré beaucoup plus sur l'anticipation prévisible donc nous conseillons de réaliser une étude sur le deuxième coté qu'il est faire face à l'imprévue qu'il est basé essentiellement sur la fiabilité et le comportement humain.

La bibliographie

Les ouvrages

- [1] : Abdallah SEDDIKI, Hygiène, sécurité et protection de l'environnement, Editions El Amel , 2018.
- [6] : Marlène LAURENT, Audrey MARTIN, Maryline POULAT, Conception et exploitation des locaux de travail : risque incendie, projet UE 5 : facteurs d'ambiance, 2010.
- [11] : Stengel Franck, détection incendie, les solutions technologiques.
- [19] : projet national de recherche et développement de l'ingénierie de sécurité incendie, sélection des scénarios d'incendie, 2011.
- [24] : sofgaz, 2011.
- [25] : total, 2009.
- [26] : moyens fixes de lutte contre l'incendie- stockage des liquides inflammables et de gaz inflammables liquéfiés, INERIS, 2016.
- [29] : projet Gassi touil, installation de traitement de gaz des champs de Gassi touil, manuel d'exploitation, JGC, 2011.
- [30] : J.LEPAGNOT, Conception de métaheuristiques pour l'optimisation dynamique. Application à l'analyse de séquences d'images IRM. Thèse de doctorat en informatique de l'université Paris-Est, 2011.
- [31] : guide de bonnes pratiques pour la maîtrise de l'usage des détecteurs de gaz de ponctuels fixes, INERIS, 2018.
- [32] : manuel technique d'information, brouillard d'eau haute pression, système de lutte contre l'incendie par pulvérisation d'eau fine, 2011.
- [34] : Yann Dijoux., 2008, « Modèles d'âge virtuel et de risques concurrents pour la maintenance imparfaite », Thèse de doctorat, INSTITUT POLYTECHNIQUE DE GRENOBLE.

Les normes

- [2] : ISO 45001 systèmes de management de la santé et de la sécurité au travail-exigences et lignes directrices pour leur utilisation , 2018.
- [3] : ILO – OHS, système de gestion de la sécurité et de la santé au travail , 2001.
- [9] : NF s 61931 système de sécurité incendie - dispositions générales, AFNOR , 2004.
-

- [13] : NF EN 54-1 - système de détection et d'alarme incendie, AFNOR , 1996.
- [14] : NF s 61934 –système de sécurité incendie –Centralisateur de mise en sécurité incendie, 1991.
- [15] : NF s 61935 - système de sécurité incendie - unité e signalisation, AFNOR, 1990).
- [16] (NF s 61937 - système de sécurité incendie - dispositifs actionnés de sécurité, AFNOR , 1990.
- [17] : NF s 61936 système de sécurité incendie - équipements d'alarme, AFNOR, 2004.
- [22] : ISO 31010 - management de risque - technique d'appréciation de risque , 2019.
- [27] : NF s 61933 système de sécurité incendie règles d'exploitation et de maintenance, AFNOR, 1997.
- [28] : APSAD R7 règle d'installation de système de détection incendie, CNPP, 2006.

Les sites Web

- [4] : La combustion [En ligne]
<http://tpe-feux-phenomenes-thermiques.e-monsite.com/pages/la-combustion.html> (consulté le 17/04/2020).
- [5] : Le feu est ses connaissances [en ligne]
<https://www.sfp73.fr/2ssiap1.html> (consulté le 20/04/2020).
- [7] : le système de sécurité incendie[en ligne].
<http://cs.pontdecheruy.free.fr/livres/livre3/3710.htm> (La page consulté le 20/07/2020).
- [8] : Protection passive contre l'incendie versus active ([En ligne] consulté le 25/05/2020).
- [10] : Système de sécurité incendie [En ligne]
<http://www.formationssiap.fr/system-de-securite-incendie-s-s-i/> (consulté le 20/04/2020).
- [12] : les détecteurs, définitions et types [En ligne]
<http://cs.pontdecheruy.free.fr/livres/livre5/531.htm> (consulté le 23/05/2020).
<https://www.afsystems.it/frablog/index.php/2015/04/17/protection-passive-versus-active>
- [18] : Conseil en sécurité des procédés, Chairman de revues HAZID/HAZOP/LOPA/SIL[En ligne]
<http://www.aumaseo.com/services.php> (consulté le 10/08/2020).
- [20] : Analyse des risques : identification et estimation : démarche d'analyse de risques-méthodes qualitatives d'analyse de risques [En ligne]
http://www.unit.eu/cours/cyberrisques/etage_3_aurelie/co/Module_Etage_3_synthese_75.html
l (consulté le 25/08/2020).
-

<http://www.aumaseo.com/services.php> consulté le 20/08/2020).

[21] : Zone ATEX [En ligne]

<https://zone-atex.fr/page/zones-atex.html> (consulté le 22/08/2020).

[33] : système d'alarme incendie [En ligne]

<https://www.priorityfire.com/fr/ce-que-nous-faisons/systemes-alarme-incendie/> (consulté le 10/10/2020).