



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 Sécurité industrielle et environnement

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Hygiène et sécurité industrielle

Spécialité : Prévention intervention

Thème

**Étude d'implantation et d'Optimisation d'un
système de détection feu et gaz au niveau d'une
zone de stockage**

Présenté et soutenu publiquement par :

BOUKOUROU Hadjer

BOULEKBECHÉ Chaimaa

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
Mme AISSANI Nassima	MCA	IMSI	Président
Mr GUETARNI Islam Hadj Mohamed	MCB	IMSI	Encadreur
Mr LALAOUI Mohamed El Amine	MAA	IMSI	Examineur

Année 2019/2020

Dédicace

A la femme qui a toujours veillé à mon bonheur, tu as été à mes côtés et tu le seras, à toi maman la lumière de ma vie je dédie ce travail espérant que tu es satisfaite de moi je t'aime.

Au premier amour de ma vie à l'homme qui m'a encouragé mon cher père, je souhaite que tu sois fier de ton admirable fille et que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.

A mon support de ma vie qui m'a dirigé mon frère Kacem, à sa femme Asma et mes étoiles Islam, Yassine et Yasser.

A mon frère Mohammed merci pour tes conseils précieux, à sa femme Nadia et mes bougies Bouchra et Ikram.

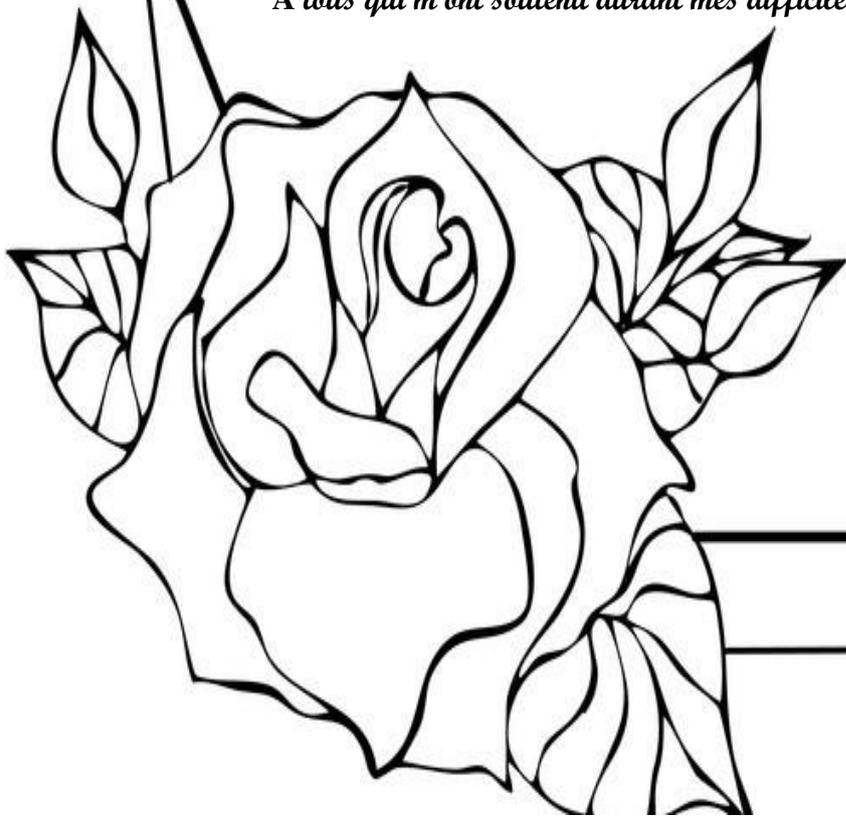
A celui qui m'a arrosé de sa tendresse et d'espoir Amine, à sa femme Saadia et ma charmante nièce Douaa.

A mes sœurette et adorables amies Amina et Amira merci pour tous ce que vous avez faits pour moi.

A ma sœur binôme Chaimaa, ces lignes ne seront pas suffisantes pour exprimer mes remerciements pour tout le soutien durant notre travail.

A tous qui m'ont soutenu durant mes difficiles moments, ma famille et mes amis.

HADJAR



Dédicace

Je dédie ce modeste travail et ma profonde gratitude à Ma très chère mère. Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit.

A mon très cher père

Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

A mes frères Zakaria et Mouad qui me donnent de l'amour et du courage, puisse Allah vous accorder santé bonheur et réussite.

A mes oncles Abdelkader et Nasro, sa femme Sihem et ses adorables enfants Maria et Rayan.

A ma chère grand-mère. Paix à ton âme et qu'Allah t'accueille dans son vaste paradis.

A ma chère amie et mon binôme Hadjar merci pour tous les moments qu'on a passés ensemble, puisse Allah te protéger et te guide ma sœur.

A ma chère amie Amira je te souhaite tout le bonheur du monde.

*Et à toutes les personnes qui ont contribué de loin ou de près à
L'élaboration de ce modeste travail.*

Chaimaa



Remerciement

Avant toute chose, nous remercions Allah le tout Puissant et Miséricordieux qui nous a donné le courage, la force et la santé pour terminer ce modeste travail.

Nous tenons à remercier notre encadreur monsieur le professeur GUETARNI Islam Hadj Mohamed, pour le privilège et la confiance qu'il nous a accordé durant le travail, merci d'avoir accepté de diriger ce mémoire avec compétences, pour sa disponibilité, son aide ainsi que pour ces précieux conseils, monsieur, sincèrement on vous exprime notre respect et gratitude.

D'une part nous tenons à remercier les responsables membres du jury pour bien vouloir nous accorder de leurs temps précieux pour commenter, discuter et juger notre travail.

Nous tenons à remercier LAISSOUB Nabil et BELMAHI Wahid pour leurs aides durant notre parcours universitaire.

D'autre part nous ne pouvons achever ce mémoire sans exprimer notre gratitude à tous les professeurs de l'Institut de maintenance et de sécurité industriel, pour le dévouement et leur assistance tout au long de nos études universitaires.

Enfin, un grand merci à toutes les personnes qui nous ont aidé de près ou de loin pour réaliser ce travail.

Étude d'implantation et d'Optimisation d'un système de détection feu et gaz au niveau d'une zone de stockage

Résumé :

Au niveau des complexes pétroliers les scénarios catastrophiques sont considérées comme un risque majeur qui menace l'industrie. D'où il est primordial d'installer des barrières de sécurité performantes selon les normes.

Le système de détection feu et gaz est l'un des moyens les plus efficaces pour la gestion de ces risques tel que perte de confinement, l'incendie et explosion. Il permet une détection du danger de gaz ou bien des flammes et l'activation des actions nécessaires pour le neutraliser tel que les systèmes d'arrêt d'urgence les réseaux anti incendie...

L'objectif de notre travail est d'élaborer en 1^{er} lieu une analyse par Hazop pour définir les scénarios catastrophiques. Par la suite on a modélisé ces scénarios par le logiciel Phast. Afin d'envisager une philosophie d'installation des détecteurs. Et à la fin de notre travail une proposition d'implantation et d'optimisation d'un système de détection feu et gaz est établi sur la zone de stockage de GPL en utilisant « Detect 3D » pour visualiser et optimiser la couverture de la zone en 3D par les détecteurs de flamme et de gaz

Mots clés : Hazop, modélisation des scénarios catastrophiques, détections, implantation des détecteurs feu et gaz..

installation and optimization study of gas and fire detection system in a storage area

Abstract:

in the oil complexes, catastrophic scenarios are considered as a major risk that threatens the industry. Hence it is essential to install high-performance security measures according to standards. The fire and gas detection system is one of the most effective ways to manage these risks such as loss of containment, fire and explosion. It allows detection of the danger of gas or flames and the activation of the actions necessary to neutralize it such as emergency shut down systems, fire fighting system ...

The objective of our work is to first develop an analysis by Hazop to define catastrophic scenarios. Subsequently, we modeled these scenarios using the Phast software. In order to consider an installation philosophy for detectors

And at the end of our work a proposal for the installation and optimization of a fire and gas detection system is established on the LPG storage area using "Detect 3D" to visualize and optimize the coverage of the area in 3D by the flame and gas detectors

Keywords: Hazop, modeling of catastrophic scenarios, detections, installation of fire and gas detectors.

Key words: Safety, fire, explosion, detections, action, implantation, cover, dispersion

Table des Matières

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des annexes

Introduction générale	1
Chapitre 1 : la zone ATEX et des phénomènes catastrophiques	3
1.1 Introduction.....	3
1.2 Zone ATEX.....	3
1.2.1 Définition zone ATEX	3
1.2.2 Où trouve-t-on les ATEX ?.....	4
1.2.3 Classification en zone et les risques	4
1.2.4 L'objectif du classement des zones	6
1.3 Les phénomènes catastrophiques.....	6
1.3.1 Explosion.....	6
1.3.1.1 L'hexagone de l'explosion	8
1.3.1.2 Conséquences d'une explosion	9
1.3.1.3 Mesures de prévention/protection du risque d'explosion	9
1.3.2 Probabilité D'INFLAMMATION	12
1.3.2.1 DIFFERENTS TYPES DE PROBABILITE D'INFLAMMATION.....	12
1.3.2.2 L'inflammation immédiate	13
1.3.2.3 Inflammation retardée	13
1.3.2.4 Inflammation précoce	13
1.3.3 Définition du phénomène de UVCE.....	14
1.3.3.1 Description du phénomène de UVCE	14
1.3.3.2 Définition l'explosion de type VCE	15
1.3.3.3 Les causes d'un UVCE	15
1.3.3.4 Les effets de UVCE.....	16
1.3.4 Définition du phénomène de BLEVE.....	17
1.3.4.1 Description du phénomène de BLEVE	17
1.3.4.2 Les cause de BLEVE.....	18
1.3.4.3 Effet de BLEVE.....	18
1.3.5 Incendie	19
1.3.5.1 Comment un feu se déclenche ?	19

1.3.6	Le feu de nappe.....	20
1.3.6.1	Description du phénomène feu de nappe.....	20
1.3.6.2	Les causes de feu de nappe.....	20
1.3.6.3	Les conséquences d'un feu de nappe.....	20
1.3.7	Définition du phénomène de boil over	21
1.3.7.1	Description du phénomène de boilover.....	21
1.3.7.2	Les effets de boilover	22
1.4	CARACTÉRISTIQUES DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX	23
1.5	Conclusion :	24

Chapitre II : présentation de système de détection feu et gaz 25

2.1	Introduction.....	25
2.2	PRINCIPES GENERAUX DU SYSTEME DE DETECTION FEU ET GAZ :	25
2.3	TYPES DE DETECTEURS :	25
2.3.1	Détection de gaz :.....	26
2.3.1.1	Les détecteurs ponctuels de gaz inflammable :	26
2.3.1.2	Les détecteurs linéaires de gaz inflammables :.....	26
2.3.1.3	Détecteurs d'hydrogène :.....	27
2.3.2	Détection de feu :.....	27
2.3.2.1	Détecteurs de chaleur ponctuels :.....	27
2.3.2.2	Détecteurs thermo-vélocimétrique :.....	27
2.3.2.3	Les câbles thermosensibles électriques :	28
2.3.2.4	Détection de fumée :.....	28
2.3.2.5	Détection de flamme :.....	29
2.4	Fonctionnalités du système feu et gaz :	29
2.5	Architecture du système :	30
2.6	Critères liés au lieu d'installation des détecteurs de gaz et de feu :.....	30
2.7	Principes d'installation :.....	31
2.7.1	Les détecteurs d'incendie :.....	31
2.7.2	Les détecteurs de gaz :	32
2.8	Logique de vote :	32
2.8.1	Détection de gaz inflammable dans une zone des procédés :	33
2.8.2	Détection incendie :.....	34
2.8.2.1	Détection dans une zone de procédé :.....	34
2.9	Synoptique F&G :.....	35
2.10	Alarmes sonores et visuelles :	36
2.10.1	Alarmes sonores :.....	36
2.10.2	Alarmes visuelles :	37
2.11	Système de contrôle du procédé DCS :	37

2.12	Arrêt d'urgence :.....	38
2.12.1	Du système SGS :	38
2.12.2	Système d'arrêt d'urgence :	38
2.13	Conclusion :	40
Chapitre III : Modélisation du dispersion propane.....		41
3.1	Introduction.....	41
3.2	Présentation de la zone.....	41
3.2.1	Situation Géographique du champ de HASSI Messaoud.....	41
3.2.2	Historique du champ de HASSI MESSAOUD :	42
3.2.3	Description de l'unité ZCINA.....	42
3.2.3.1	Présentation de l'usine GPL LDHP ZCINA	42
3.2.3.2	But de l'usine ZCINA	43
3.2.4	Présentation de l'unité 33 (Stockage, export & recyclage du GPL) :.....	43
3.2.4.1	Présentation du procès.....	43
3.2.4.2	Caractéristiques principales des sphères	44
3.3	Identifications des scénarios d'accident potentiels	45
3.4	Evaluation des risques	46
3.5	Données climatiques concernant le site ZCINA.....	48
3.5.1	TEMPERATURE.....	48
3.5.2	PLUVIOMETRIE	49
3.5.3	REGIME DES VENTS.....	50
3.6	Les Scénarios d'accident.....	51
3.6.1	Scénario 1 : fuite au niveau sphère de propane 31G-RD-33-01 A.....	51
3.6.2	Synthèse sur phast.....	51
3.6.3	Scénario 2 : rupture au niveau sphère de propane 31G-RD-33-01 A.....	53
3.7	Conclusion	55
Chapitre IV : L'implantation et l'optimisation des détecteurs.....		56
4.1	Introduction.....	56
4.2	L'implantation des détecteurs dans la zone de stockage ZCINA :	56
4.3	Caractéristique des détecteurs choisis :	57
4.3.1	Détecteur de flamme.....	57
4.3.1.1	Détecteur de flamme multi infrarouge	57
4.3.1.2	Détecteur de flamme UV/IR	58
4.3.2	Détecteurs de gaz :	58
4.3.2.1	Détecteur de gaz ponctuel :	58
4.3.2.2	Détecteur de gaz linéaire :	59
4.4	Implantation des détecteurs sur plan 3D :	59
4.4.1	Implantation des détecteurs de flamme sur le plan 3D :	59

4.4.1.1	Implantation des détecteurs UV/IR.....	59
4.4.1.2	Implantation des détecteurs IR3	62
4.4.2	Implantation des détecteurs de gaz sur le plan 3D :	66
4.4.2.1	Implantation des détecteurs linières.....	66
4.4.2.2	Implantation des détecteurs potentielles	67
4.4.3	Conclusion :	69

Conclusion générale	70
----------------------------------	-----------

Bibliographie

Annexe 3-A : Etude HazOP

Annexe 3-C : présentation de logiciel PHAST

Annexe 3-D : Organigramme de la modélisation

Annexe 4-A: présentation de logiciel Detect3D

Annexe 4-B : présentation de logiciel Autodesk AutoCAD Plant 3D

Liste des abréviations

ATEX	Une atmosphère explosive
LIE	Limite inférieure D'explosivité
LES	Limite supérieure D'explosivité
LII	Limite inférieure D'inflammabilité
LSI	Limite supérieure D'inflammabilité
VCE	Vapor Cloud Explosion
UVCE	Unconfined Vapor Cloud Explosion
BLEVE	Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion
GNL	Gaz de naturelle liquéfié
GPL	Gaz de pétrole liquéfié
FOD	Fuel, Oil Domestique (mazout)
Jet A-1	Le Jet A-1 est un carburant de type kérosène convenant à la plupart des aéronefs à réacteurs.
IR	Infrarouge
F&G	Feu et Gaz
SGS	Safeguarding System (Système de sécurité)
PA/GA	Public Adress / General Alarm (Système de diffusion de message et d'alarme générale)
HVAC	Heating, Ventilation and Air-Conditioning (Chauffage, ventilation et climatisation)
CCTV	Système de Télésurveillance (Closed Circuit TeleVision)
MAC	Manual Alarm Call Point (Bouton poussoir type "bris de glace")
1ooN	One out of N (un sur N, ou N est le nombre de détecteur considéré)
2ooN	Two out of N (Deux sur N, où N est le nombre de détecteur considéré)
PSD	Process Shutdown (Arrêt procédé)
ESD	Emergency Shutdown (Arrêt d'urgence)
DCS	Distributed Control System (Système de contrôle centralisé)
ICSS	Système de contrôle et de sécurité intégré (Integrated Control and Safety System)
CMS	Control and Monitoring System (Système centralisé de contrôle)
AMS	Système de maintenance (Asset Management System)
SOE	Système d'enregistrement des séquences d'événements (Sequence of Events Recorder)
IEC	International Electrotechnic Committee
PHAST	Safeti Process Hazard Analysis Software
HAZOP	Hazard and Operability analysis
DNV	Det Norske Veritas
FGS	Système de détection feu et gaz (Fire and Gas System)
CAO	Conception assistée par ordinateur (Computer-aided design (CAD))
DWG	Drawing

DXF	Drawing Exchange Format
ZCINA	Zone Centre Industriel Naili Abdelhalim
IR	Infrarouge
UV/IR	Ultraviolet/Infrarouge
IR3	Multi infrarouge

Liste des tableaux

Tableau I.1	Combustibles pouvant former une ATEX dans un mélange avec l'air	03
Tableau I.2	Classification en zone gaz, vapeurs, brouillards et poussières	05
Tableau I.3	Les limites explosives de quelques produits.....	08
Tableau I.4	Synthèse des caractéristiques des phénomènes dangereux susceptibles de conduire à un aléa thermique.....	23
Tableau II.1	Logique de vote de détection de gaz inflammable.....	33
Tableau II.2	Logique de vote de détection d'incendie.....	34
Tableau II.3	Niveau d'arrêt d'urgence.....	39
Tableau III.1	Caractéristiques des sphères.....	45
Tableau III.2	Grille de criticité adoptés par SONATRACH	47
Tableau III.3	Températures minimales mensuelles.....	48
Tableau III.4	Températures maximales mensuelles.....	49
Tableau III.5	Températures du sol.....	49
Tableau III.6	Fréquence des vents selon la direction.....	50
Tableau III.7	Données d'entrée pour le PHAST.....	51
Tableau IV.1	Emplacement des détecteurs de flamme UV/IR.....	60
Tableau IV.2	résultats de la couverture dans la zone stockage produit fini.....	62
Tableau IV.3	Emplacement des détecteurs de flamme IR3.....	63
Tableau IV.4	résultats de la couverture dans la zone stockage produit fini.....	65
Tableau IV.5	Emplacement des détecteurs de gaz linières.....	67
Tableau IV.6	résultats de la couverture dans la zone stockage produit fini.....	67
Tableau IV.7	résultats de la couverture dans la zone stockage produit fini.....	69

Liste des figures

Figure I.1	Exemple sur la classification en zones.....	06
Figure I.2	Limites d'explosivités LIE & LES	07
Figure I.3	L'hexagone de l'explosion et domaine d'explosivité.....	09
Figure I.4	Les différents phénomènes dangereux pouvant survenir en fonction que l'inflammation immédiate ou retardée.....	14
Figure I.5	Étapes de la survenue de l'UVCE	15
Figure I.6	Étapes de la survenue du phénomène de BLEVE	18
Figure I.7	Schéma global des effets du BLEVE	19
Figure I.8	Étapes de la survenue du feu de nappe	20
Figure I.9	Étapes de la survenue du boilover	22
Figure II.1	Détecteur de gaz inflammable ponctuel de type infrarouges.....	26
Figure II.2	Détecteur de gaz inflammable par barrière linéaire à infrarouges.....	26
Figure II.3	Détecteur de chaleur thermovélocimétrique.....	28
Figure II.4	Détecteur de fumée.....	28
Figure II.5	Détecteur de flamme à triple infrarouge IR3.....	29
FigureIII.1	Situation géographique du Champ HMD.....	41
FigureIII.2	Les sphères de stockage GPL ZSINA.....	45
FigureIII.3	Rose des vents.....	51
FigureIII.6	Image satellitaire sur l'étendu du nuage de gaz.....	52
FigureIII.7	L'étendu du nuage de gaz en fonction de la concentration	52
FigureIII.8	La hauteur du nuage de gaz en fonction de la concentration.....	53
FigureIII.9	Vue en coupe du nuage de gaz.....	53
FigureIII.10	Image satellitaire sur l'étendu d'une explosion suite à une rupture.....	54
FigureIII.11	Les zones touchées par les effets thermiques d'explosion.....	54
FigureIII.12	Les zones touchées en fonction de temps.....	55
Figure IV.1	L'emplacement des détecteurs dans la zone de stockage.....	56
Figure IV.2	Angle de vision du détecteur (multi IR).....	57
Figure IV.3	Angle de vision du détecteur (UV/ IR).....	58
Figure IV.4	Détecteur de gaz ponctuel IR.....	58
Figure IV.5	Détecteur de gaz linéaire.....	59
Figure IV.6	Implantation des détecteurs UV/IR sur le plan amélioré.....	59
Figure IV.7	Zone de détection par le détecteur UV/IR.....	60
Figure IV.8	Zone couverte par au moins un détecteur de flamme UV/IR.....	61
Figure IV.9	Zone couverte par deux détecteurs de flamme UV/IR.....	61
Figure IV.10	Couverture globale par détecteur de flamme UV/IR.....	62
Figure IV.11	Implantation des détecteurs IR3 sur le plan amélioré.....	62
Figure IV.12	Zone de détection par le détecteur IR3	63

Figure IV.13	Zone couverte par au moins un détecteur de flamme IR3.....	64
Figure IV.14	Zone couverte par deux détecteurs de flamme IR3.....	64
Figure IV.15	Zone couverte par trois détecteurs de flamme IR3.....	65
Figure IV.16	Couverture globale par détecteur de flamme IR3.....	65
Figure IV.17	Implantation des détecteurs linières sur le plan amélioré.....	66
Figure IV.18	Zone de détection par le détecteur linières.....	67
Figure IV.19	Implantation des détecteurs potentielles sur le plan amélioré.....	68
Figure IV.20	Zone de détection par le détecteur ponctuelles.....	69

Liste des annexes

- Annexe 3-A Etude Hazop
- Annexe 3-B Matrice de risque
- Annexe 3-C Présentation de logiciel PHAST
- Annexe 3-D Organigramme de la modélisation
- Annexe 4-A Présentation de logiciel Detect3D
- Annexe 4-B Présentation de logiciel Autodesk AutoCAD Plant 3D

***Introduction
Générale***

Introduction générale

Le Monde d'aujourd'hui a connu une demande considérable en Energie, d'où l'accroissement de la production du gaz et pétrole, et la nécessité d'élargir les zones de stockage de ces produits en entraînant dans l'industrie une augmentation considérable des risques d'accidents majeurs. Pour maîtriser ces risques et protéger les travailleurs, les installations et l'environnement, il est indispensable de mettre en œuvre de façon systématique des systèmes de sécurité performant.

Parmi ces systèmes de sécurité de haute performance on cite le système feu et gaz l'un des systèmes instrumentés de sécurité le plus recommandé qui a pour but de détecter un incendie, une fumée ou une fuite de gaz et par la suite d'envoyer un signal vers les systèmes dits actionnaires pour contrôler les installations afin d'atténuer et maîtriser le risque.

Problématique et objectif :

Le Système feu et gaz dépend d'une étude technologique de pointe d'où son installation doit se faire selon des conditions optimales tel que leurs emplacements le nombre suffisant de détecteurs nécessaires et leurs positionnements pour couvrir la zone et ces décisions sont souvent les plus critiques car un mauvais choix de technologie associé à un positionnement inapproprié des détecteurs peut rendre la boucle de détection complètement « aveugle » aux fuites de gaz ou un début de feu.

A cet effet la problématique qui se pose est basé sur quelle est la méthodologie la plus adéquate pour l'optimisation du système feu et gaz en choisissant le bon détecteur requis avec le meilleur emplacement des détecteurs et un nombre optimal en prenant en compte l'aspect coûts et efficacité ?

Afin de répondre à cette problématique l'objectif de ce travail est d'établir une étude HAZOP réalisés au niveau de la zone de Stockage du GPL, pour montrer l'intérêt de l'installation d'un système de détection feu et gaz par la suite d'utiliser la modélisation des scénario catastrophiques qui surviennent au niveau de la zone de stockage suite a une fuite par Phast pour savoir implémenter le système feu et gaz suite a son intervention (par exemple dans notre cas de GPL. Comme étant plus lourd que l'aire les détecteur de gaz seront plus efficace sur le sol par contre comme les flamme se développe en haut dans l'aire les détecteurs de flamme seront plus efficace en haut) une fois les scénarios définis il faut élaborer une étude d'ingénierie permettant l'implantation du bon type de détecteur au bon endroit avec le nombre requis et l'optimisation du système feu et gaz afin de réduire les coûts avec une grande efficacité en minimisant les dommages sur les installations et en éliminant les incidents qui affectent les personnes les installations et l'environnement.

Pour aboutir à nos objectifs on passera par les étapes suivantes

Introduction avec l'objectif et la problématique de l'étude.

Une première partie théorique : avec

- Chapitre I : présente une synthèse générale sur la zone ATEX et les phénomènes catastrophiques qui peuvent produire au niveau de zone de stockage tel que : BLEVE, Boil Over, Explosion...etc
- Chapitre II : est consacré aux systèmes de détection feu et gaz leurs critères de lieu, logique de vote et les différents types de détecteur...etc.

Une deuxième partie pratique :

- Chapitre III : nous avons fait l'application de méthode HAZOP au niveau de système de stockage de propane et réaliser la modélisation de dispersion du gaz par logiciel « phast ».
- Chapitre IV : dans ce chapitre on a reconstitué l'unité de stockage du produit fini en 3D à l'aide du logiciel « 3D plant » puis, on a fait l'implantation de détecteurs de feu et gaz et l'optimisation en utilisant « detect3D » pour visualiser la couverture en 3D.

Et enfin, on clôture cette étude avec une conclusion générale pour récapituler notre travail.

Chapitre I :

*La zone ATEX et des phénomènes
catastrophiques*

Chapitre 1 : la zone ATEX et des phénomènes catastrophiques

1.1 Introduction

Les zones de stockage installée au niveau des industries pétrolières représentent des risques technologiques majeurs d'où la survenu de plusieurs scénarios catastrophiques pouvant entraîner des conséquences graves pour les personnes, les biens et l'environnement. Les accidents fréquents aux niveaux des zones de stockages peuvent être divisés en plusieurs catégories :

Dispersion toxique

Explosion : BLEVE, UVCE, VCE

Incendie : boil-over, feu de nappe, feu chalumeau, feu de flash (flash fire), boule de feu (fir ball), jet enflammé (jet fire)

L'une des étapes primordiales de la démarche de prévention de ces risques est la délimitation des zones à risques d'explosion (dites « zones ATEX »). Ce zonage s'attache à caractériser la possibilité de formation d'une atmosphère explosive et à quantifier le volume de celle-ci. Ces emplacements dangereux sont classés en zones à risque, en fonction de la fréquence et de la durée de présence d'une atmosphère explosive.

1.2 Zone ATEX

1.2.1 Définition zone ATEX

Une atmosphère explosive (ATEX) est un mélange avec l'air dans des conditions atmosphériques de substance inflammable sous forme de gaz, vapeur ou poussière dans lequel après inflammation la combustion se propage à l'ensemble du mélange non brûlé. [1]

Tableau I.1 : combustibles pouvant former une ATEX dans un mélange avec l'air

Gaz	Vapeurs	Poussières
Méthane	Acétone	Aluminium
Propane	Alcool éthylique	Amidon
Butane	Oxyde d'éthylène	Céréales
Hydrogène	Sulfure de carbone	Charbon

1.2.2 Où trouve-t-on les ATEX ?

Toutes les entreprises utilisant des substances inflammables présentent un risque d'apparition

D'atmosphères explosives. Par conséquent, elles sont concernées par la réglementation ATEX.

Voici quelques exemples des zone ATEX dans l'industrie pétrolière :

- Transports de matières explosives ou combustibles
- Tout Stockage de matières combustibles
- Manipulation de matières combustibles
- Nettoyage de cuves, silos, containers ayant contenus des matières explosives ou combustibles
- Chimie, pétrochimie, préparations (peintures, solvants, toute préparation...)
- Energie (centrales thermiques, stockage et distribution de gaz)
- Industries mettant en œuvre ou utilisant du gaz naturel

Sont également exposées les professions qui manipulent, stockent, transportent de nombreuses substances qui sont susceptibles, dans certaines conditions, de provoquer l'apparition d'une atmosphère explosive. Ce sont les gaz, des vapeurs, des brouillards et des poussières inflammables (telles que la farine, le sucre, le lait, le charbon, le soufre, l'amidon, les céréales, le bois, les matières plastiques, les métaux...). [3]

1.2.3 Classification en zone et les risques

Il existe 3 niveaux de risque pour la classification des zones. Ces zones sont répertoriées et classées dans le DRCPE, Document Relatif à la Protection Contre les Explosions.

- **RISQUE PERMANENT** : Le mélange explosif est présent en permanence
- **RISQUE FRÉQUENT** : Un mélange explosif de gaz ou de vapeurs est susceptible de se former

En service normal de l'installation

- **RISQUE OCCASIONNEL** : Un mélange explosif ne peut apparaître qu'en cas de fonctionnement anormal de l'installation

**Tableau I.2 : CLASSIFICATION EN ZONES GAZ, VAPEURS, BROUILLARDS ET
Poussières**

CLASSIFICATION EN ZONES GAZ, VAPEURS ET BROUILLARDS	CLASSIFICATION EN Zones Poussières	Risque
Zone 0 : Zone où une atmosphère explosible constituée d'un mélange d'air et de substance inflammable sous forme de gaz, de vapeur ou de brouillard est constamment, généralement ou fréquemment présente.	Zone 20 : Zone où une atmosphère explosible constituée d'un nuage de poussière combustible est constamment, généralement ou fréquemment présente.	RISQUE PERMANENT
Zone 1 : Zone où une atmosphère explosible constituée d'un mélange d'air et de substance inflammable sous forme de gaz, de vapeur ou de brouillard est susceptible de se développer lors des opérations normales	Zone 21 : Zone où une atmosphère explosible constituée d'un nuage de poussière combustible est susceptible de se développer lors des opérations normales.	RISQUE FRÉQUENT
Zone 2 : Zone où une atmosphère explosible constituée d'un mélange d'air et de substance inflammable sous forme de gaz, de vapeur ou de brouillard n'est pas susceptible de se développer, mais si c'est le cas, persisterait pour une courte durée	Zone 22 : Zone où une atmosphère explosible constituée d'un nuage de poussière combustible n'est pas susceptible de se présenter en fonctionnement normal ou n'est présent que pour une courte durée	RISQUE OCCASIONNEL

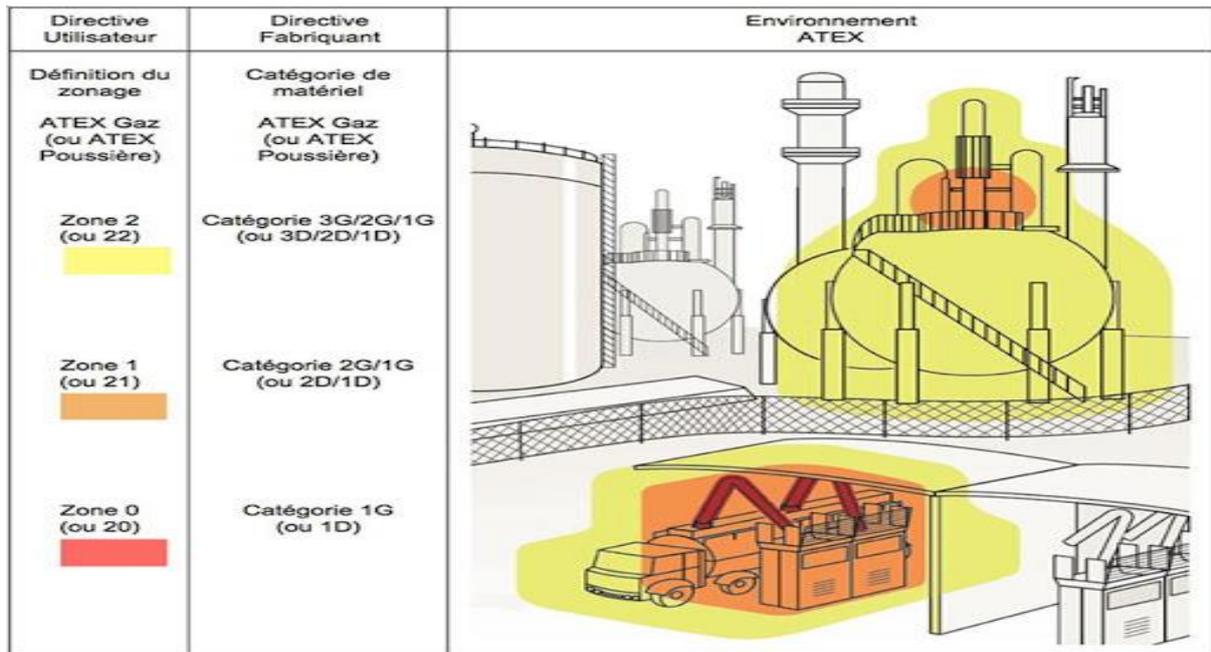


Figure I.1 : exemple sur la classification en zones

1.2.4 L'objectif du classement des zones

- Préciser les catégories de matériel utilisées dans les zones indiquées, à conditions qu'elles soient adaptées aux gaz, vapeurs ou brouillard et/ou poussières.
- Classer en zones les emplacements dangereux pour éviter les sources d'inflammation et pour effectuer une sélection correcte des matériels électriques et non-électriques. Ces zones seront établies en fonction de la présence d'une atmosphère explosible gazeuse ou poussiéreuse
 - Bonne emplacement de système détection : détecteurs d'élévation de température, de pression, thermographie, détecteurs de monoxyde de carbone
 - Adopter des mesures de protection dans chaque zone (Extincteurs déclenchés, Appareils résistant à la surpression d'explosion, Systèmes de découplage technique...)[2]

1.3 Les phénomènes catastrophiques

1.3.1 Explosion

L'explosion correspond à une combustion très violente qui met en jeu essentiellement des produits gazeux inflammables ou des produits particuliers

Les explosions peuvent être soit d'origine :

- Thermiques (inflammation d'une atmosphère explosive),

- Physique (éclatement d'un récipient dont la pression intérieure est devenue trop Importante)
- Chimique (résultant d'une réaction chimique).

Pour le cas d'une explosion de gaz ou de poussières, les causes Les sources d'inflammation possibles sont variées. Ils peuvent être naturelles (foudre), humaines (imprudence, malveillance) ou technologiques (flamme nue ou solide incandescent, point chaud provoqué par un effet Joule ou par une friction, étincelle électrique ou électrostatique, compression adiabatique d'un gaz.) Les mélanges avec l'air de substances inflammables ou combustibles sont plus ou moins sujets à l'inflammation. On a recours aux grandeurs caractéristiques suivantes : la limite inférieure d'explosivité (LIE) et la limite supérieure d'explosivité (LSE).

Remarque :

Les limites d'inflammabilité ou d'explosibilité d'une matière indiquent aussi ses dangers d'incendie et d'explosion. Ces valeurs délimitent l'intervalle compris entre la plus forte et la plus faible concentration dans l'air à laquelle une vapeur brûle ou explose

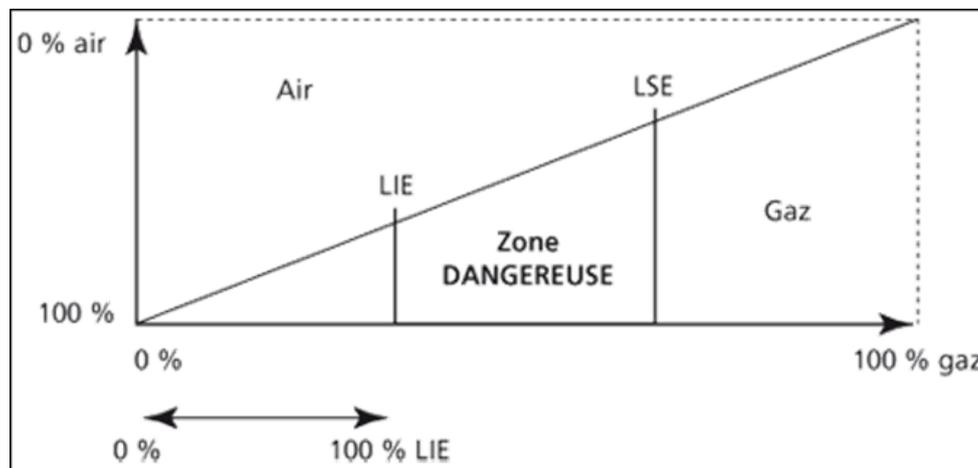


Figure I.2 : limites d'explosivités LIE & LES

1.3.1.1 L'hexagone de l'explosion

Une explosion résulte de la réunion de six conditions. Ces six conditions sont Généralement représentées sous la forme de « l'hexagone de l'explosion » (Équivalent du « triangle du feu » pour l'incendie)

Ces conditions sont :

- 1) Présence d'un comburant (en général l'oxygène de l'air)
 - 2) Présence d'un combustible
 - 3) Etat particulier du combustible, qui doit être sous forme gazeuse, d'aérosol, ou de poussières en suspension
 - 4) Présence d'une source d'inflammation (source d'énergie suffisamment importante, par exemple une étincelle d'origine mécanique ou électrique, ou une température
 - 5) Suffisamment élevée, par exemple une surface chaude)
 - 6) Obtention d'un domaine d'explosivité
- **Gaz inflammable** : Limite Inférieure d'Explosivité < Concentration de la Substance inflammable dans le mélange < Limite Supérieure d'Explosivité

Tableau I.3 : Les limites explosives de quelques produits

Substance	Formule chimique	Les limites explosives en pourcentage de volume dans l'air %		
		Inférieur	Supérieur	
Essence	C ₇ H ₁₆	1,3%	7,1 %	
Gazole	C ₁₂ H ₂₄	0,6 %	6,5 %	
Jet A-1 (kérosène)	C ₁₀ H ₂₂ à C ₁₄ H ₃₀	0,6%	6,5 %	
GPL	Propane	C ₃ H ₈	2,1 %	9,5%
	Butane	C ₄ H ₁₀	2,6%	9,3%
GNL	Méthane	CH ₄	5,0 %	15%
	Éthane	C ₂ H ₆	2,4%	14,3 %

- **Vapeurs d'un liquide inflammable** : Température du liquide > Point éclair du Liquide

- **Poussières** : Température de la surface où sont déposées les poussières > Température d'auto inflammation des poussières

7) Confinement suffisant[3]

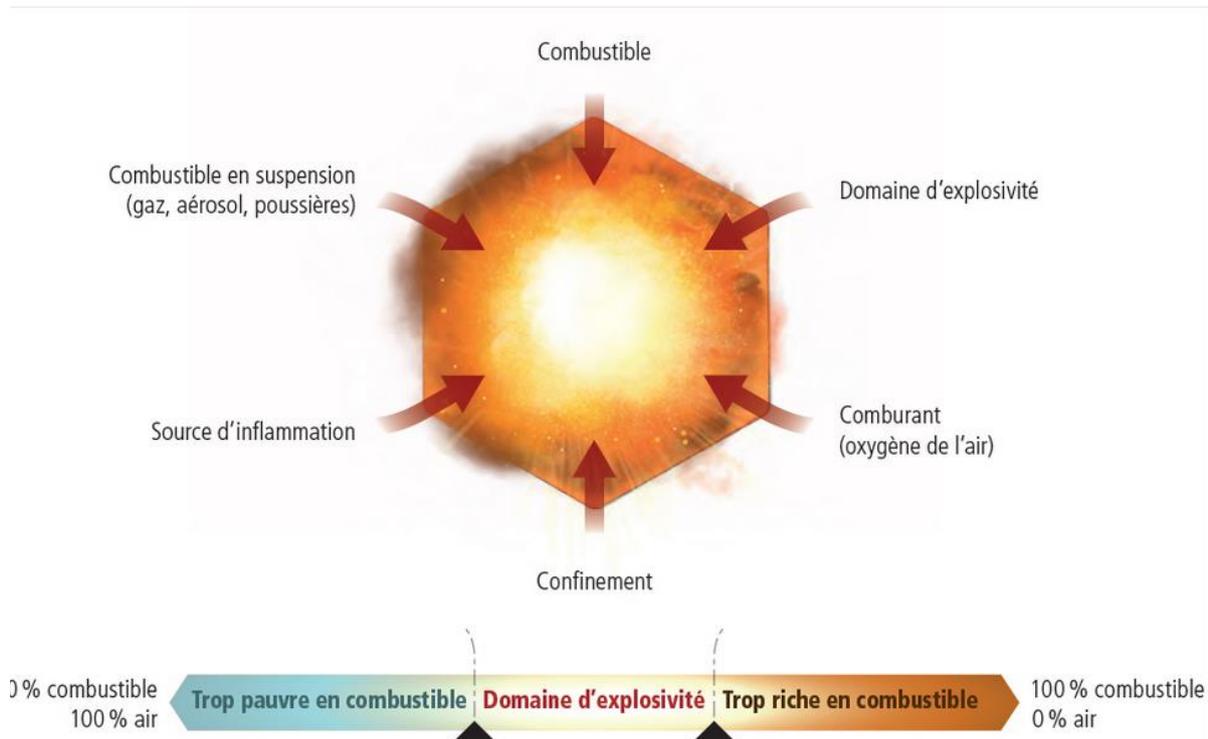


Figure I.3: L'hexagone de l'explosion et domaine d'explosivité

1.3.1.2 Conséquences d'une explosion

Une réaction de combustion dans le régime de l'explosion est extrêmement rapide. Elle donne lieu à une augmentation brutale de pression (provoquant un Effet de surpression) accompagnée de flammes. Cette surpression brutale a des effets dévastateurs, aussi bien sur l'homme (rupture du tympan, lésions graves aux oreilles ou aux poumons, décès immédiat) que sur les constructions (bris de glace, effondrement de mur, dégradation des structures...). La zone de flamme peut envahir un volume dix fois supérieur à celui de l'atmosphère explosive initiale. Elle est à l'origine de brûlures pour les personnes et peut rapidement initier un départ d'incendie. [4]

1.3.1.3 Mesures de prévention/protection du risque d'explosion

La recherche de mesures de prévention et de protection s'attache à :

➤ **Empêcher la formation d'une atmosphère explosive (ATEX) :**

Afin d'empêcher la formation ATEX il est important d'agir sur les produits et les procédés qui peuvent être à l'origine de la formation d'une ATEX.

a) Agir sur les combustibles

- Remplacer le produit combustible par un autre incombustible ou moins combustible,
- Maîtriser les paramètres du procédé (température, pression...) en fonction des caractéristiques physico-chimiques des produits,
- Maintenir la concentration du combustible hors de son domaine d'explosivité (captage à la source des vapeurs ou des poussières, dilution, nettoyage régulier des couches de poussières déposées...).

b) Agir sur le comburant

La principale mesure consiste en l'introduction d'un gaz inerte (azote, argon...) en proportions suffisantes dans une atmosphère chargée de substances combustibles entraînant l'appauvrissement de celle-ci en oxygène et rendant donc l'inflammation impossible. Attention toutefois au risque d'hypoxie (diminution de l'apport d'oxygène dans les tissus de l'organisme) en cas de pénétration d'un salarié dans la zone concernée.

➤ **Éviter les sources d'inflammation**

Cette action de prévention s'attache en premier lieu à mettre hors de la zone ATEX le matériel qui n'a pas une nécessité de s'y trouver. Il faut ensuite éliminer les flammes et feux nus, les surfaces chaudes, les étincelles d'origines mécanique, électrique ou électrostatique, les échauffements dus aux frottements mécaniques, aux matériels électriques ou aux moteurs thermiques... Pour ce faire, différentes mesures peuvent être mises en œuvre.

a) Agir sur les procédés

Il s'agit notamment de la mise en place de :

- Systèmes de refroidissement afin de contrôler, par exemple, une réaction chimique, un échauffement dû à la compression des gaz,

- Séparateurs magnétiques, gravitaires (boîtes à cales) afin de supprimer les éléments pouvant provoquer des étincelles ou véhiculer des surfaces chaudes dans les réseaux de ventilation.

b) Réaliser des contrôles

Il s'agit notamment de vérifier que certains paramètres ne dépassent les seuils au-delà desquels l'inflammation est effective. Pour cela, différents systèmes de détection existent :

- Détecteurs d'élévation de température, de pression...
- Thermographie infrarouge (détection des points chauds sur les réseaux électriques),
- Détecteurs de monoxyde de carbone (détection d'un début de fermentation avec dégagement de chaleur),
- Systèmes de contrôles de la vitesse de défilement et/ou de déport des bandes transporteuses, de bourrage, de rotation (limitation des frottements, des Échauffements et des charges électrostatiques générées lors du fonctionnement de ces équipements).

c) Agir sur le matériel

- Adéquation du matériel à la zone ATEX,
- Outillage mobile ne provoquant pas d'étincelle,
- Mise à la terre de l'ensemble de l'installation

d) Mettre en place des mesures organisationnelles

- Mode opératoire d'exécution,
- Plan de prévention,
- Permis de feu pour l'ensemble des travaux par points chauds,
- Autorisation de travail,
- Mise en place de « zones fumeurs » afin d'éviter qu'un mégot ne devienne une source d'inflammation,
- Port de vêtements de travail appropriés faits de matériaux facilitant l'écoulement des charges électrostatiques,
- Formation des salariés,

➤ Limiter les effets d'une explosion

La maîtrise des sources d'inflammation étant difficile à mettre en œuvre, dans le cas où la formation de l'atmosphère explosive n'a pu être évitée, il convient d'adopter des mesures de prévention et de protection permettant d'atténuer les effets néfastes d'une explosion.

Les actions à entreprendre sont spécifiques à chaque situation de travail ou procédé :

- Actions sur le confinement (événements d'explosion),
- Extincteurs déclenchés (suppresseurs d'explosion),
- Appareils résistants à la surpression d'explosion
- Systèmes de découplage technique (système qui empêche une explosion de se propager au reste de l'installation : arrête-flammes, écluses rotatives, vannes à fermeture rapide, vannes « Venteux », extincteurs déclenchés, déviateur d'explosion, cheminée de dégagement...),
- Actions sur la configuration et la conception des locaux : compartimentage, résistance des matériaux (verre, toiture en matériaux fragiles...), conception et construction des locaux (choix de matériaux adaptés et résistants au feu), regroupement de personnel ou emplacements affectés afin que le personnel ne soit pas atteint par la chute d'éléments de structure ou que les locaux résistent à l'effondrement éventuel du reste de l'édifice
- Système de détection des flammes [4]

1.3.2 Probabilité D'INFLAMMATION

Pour qu'une réaction de combustion se produise, il est nécessaire de combiner la présence d'un combustible, d'un comburant, et d'apporter suffisamment d'énergie. Le mélange d'un comburant et d'un combustible dans des proportions adéquates peut former une ATEX (atmosphère explosive). Si elle est mise en présence d'une source d'inflammation, cette ATEX est susceptible de s'enflammer

1.3.2.1 DIFFERENTS TYPES DE PROBABILITE D'INFLAMMATION

Suite à un rejet de produit inflammable, plusieurs phénomènes dangereux sont susceptibles de se produire :

- Le jet enflammé ou le feu de nappe ;
- Le BLEVE ;

- La dispersion atmosphérique ;
- Le VCE ou l'UVCE ;
- Le flash fire ;
- La boule de feu.

Pour pouvoir quantifier l'occurrence de certains de ces phénomènes, il est nécessaire de distinguer l'inflammation immédiate de l'inflammation retardée

1.3.2.2 L'inflammation immédiate

L'inflammation immédiate : c'est une inflammation instantanée se produisant lors de la libération à l'atmosphère du produit inflammable. En particulier, une inflammation survenant quelques secondes après la fuite devrait être considérée comme retardée. Dans ces conditions, l'inflammation immédiate ne devrait dépendre que des caractéristiques du produit (point d'éclair, température d'ébullition, débit ou masse du rejet, etc.) et être totalement indépendante des conditions externes la cause de l'inflammation et la cause de la fuite sont communes[5]

1.3.2.3 Inflammation retardée

Toute inflammation non immédiate est dite être retardée ou différée, L'inflammation immédiate et l'inflammation retardée ne sont pas des événements indépendants mais successifs, car l'inflammation retardée ne peut se produire que si une inflammation immédiate se produit. Ce type d'inflammation, il est souvent associé un phénomène d'explosion avec des effets de pression ((U)VCE). [5]

1.3.2.4 Inflammation précoce

Il existe autre type renvoie à une inflammation dite « précoce », c'est-à-dire qui n'est ni immédiate, ni retardée. Ce type d'inflammation est souvent associé soit à un phénomène de jet enflammé, soit d'explosion avec de faibles effets de pression (feu de nuage). [5]

Remarque :

L'inflammation immédiate mène préférentiellement au phénomène d'incendie pour les liquides inflammables et au phénomène de jet enflammé pour les gaz inflammables. L'inflammation retardée mène préférentiellement à des phénomènes d'explosion avec des

effets de pression plus ou moins importants en fonction de la congestion du milieu dans lequel se disperse le mélange inflammable (UVCE ou VCE).

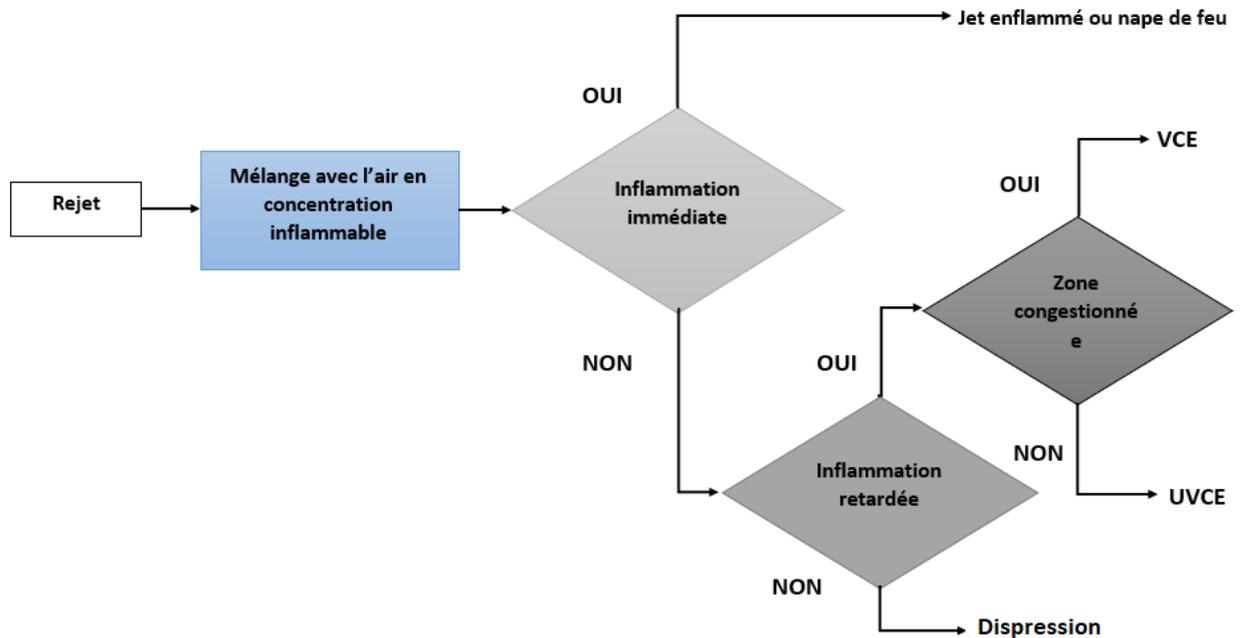


Figure I.4: Les différents phénomènes dangereux pouvant survenir en fonction que l'inflammation immédiate ou retardée.

1.3.3 Définition du phénomène de UVCE

Un UVCE (Unconfined Vapour Cloud Explosion) c'est une explosion d'un nuage de gaz inflammable (GPL) en milieu non confiné (l'air libre) cette explosion produit effets thermiques mais aussi des ondes de surpressions aérienne[6]

1.3.3.1 Description du phénomène de UVCE

Un UVCE comprend généralement les étapes suivantes : rejet dans l'atmosphère d'un GPL, le produit étant en phase gaz ou en phase liquide, mélange avec l'oxygène de l'air pour former un volume inflammable, de manière concomitante, transport du nuage de gaz dont une partie du volume reste inflammable, inflammation de ce nuage, propagation d'un front de flamme des parties inflammables du nuage ; ce front de flamme, associé à l'expansion des gaz brûlés, agit à la manière d'un piston sur les gaz frais environnant et peut être à l'origine de la formation d'une onde de pression aérienne, appelée déflagration, si sa vitesse de propagation est suffisante,

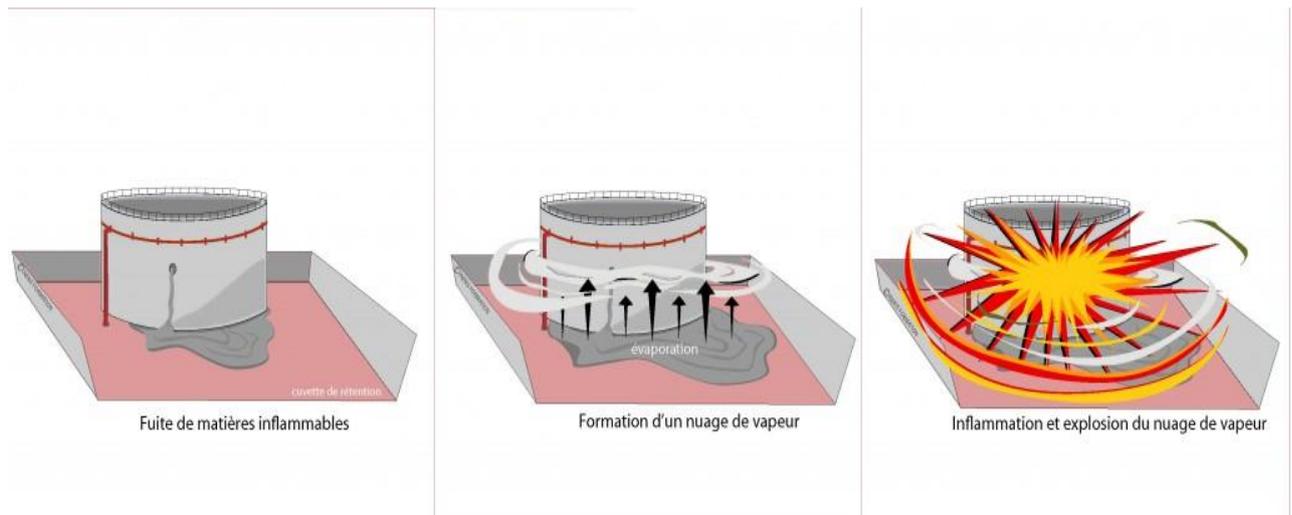


Figure I.5: Étapes de la survenue de l'UVCE

Le cas échéant, mélange avec l'air et combustion des parties du nuage qui étaient initialement trop riches en combustible pour être inflammables. Le vocabulaire distingue, selon les effets produits, l'UVCE du Flash fire, ou Feu de nuage. De manière générale, le terme UVCE s'applique lorsque des effets de pression sont observés, alors que le terme Flash fire est réservé aux situations où la combustion du nuage ne produit pas d'effets de pression. Cependant il s'agit dans les deux cas du même phénomène physique, à savoir la combustion d'un mélange gazeux inflammable[7]

1.3.3.2 Définition l'explosion de type VCE

L'explosion confinée est un éclatement pneumatique d'une capacité ou d'une enceinte suite à une montée en pression interne. Le relâchement brutal lié à la rupture de l'enceinte ou du contenant engendre une onde de pression aérienne et peut générer des effets de projection (missiles). L'énergie disponible pour l'explosion dépend du type de rupture [8]

1.3.3.3 Les causes d'un UVCE

Pour obtenir un UVCE il faut deux conditions réalisées simultanément :

- Fuite d'un gaz combustible liquéfié ;
- Évaporation d'une flaque de liquide inflammable.

Une très faible énergie suffit pour initier l'explosion. Par ailleurs, l'allumage peut être différé dans le temps et par conséquent se produire à une certaine distance du lieu de la fuite.

[9]

Remarques sur la formation du UVCE du Flash fire (nuage inflammable) :

La formation et la dispersion du nuage inflammable sont influencées par de nombreux phénomènes, qui ne sont pas toujours pris en compte dans les modèles :

- Le rejet d'un liquide sous pression produit, sous l'effet de la vitesse du fluide à la brèche et des frottements dans l'air, une fragmentation mécanique du jet en fines gouttelettes qui tombent généralement au sol où elles contribuent à la formation d'une flaque qui s'évapore. La fragmentation est d'autant plus grande, et les gouttelettes d'autant plus fines, que la pression du rejet est élevée. Dans ce cas, une partie du liquide formant ces gouttes s'évapore avant de toucher le sol, et les gouttelettes restent en suspension plus longtemps : il y a formation d'un aérosol.

- L'évaporation par épandage dépend principalement de la tension de vapeur de l'hydrocarbure à sa température de rejet. C'est cette propriété physique qui gouverne en effet le débit d'évaporation par tirage dû au vent qui est le mode d'action prépondérant. L'évaporation par apport énergétique (rayonnement solaire, sol) est moindre car :

- ✓ Le rayonnement est faible lors des conditions météo pénalisantes
- ✓ Le sol est généralement à une température voisine de celle de l'hydrocarbure.

[7]

1.3.3.4 Les effets de UVCE

- Une boule de feu qui consume ou endommage ce qui se trouve à l'intérieur ;
- Un rayonnement thermique sur le voisinage immédiat de la boule de feu ;
- Des effets de pression plus ou moins importants suivant l'encombrement du lieu de l'accident

Les effets d'une explosion dépendent d'un grand nombre de facteurs :

Réactivité du gaz ; nature et point d'amorçage de l'explosion ; énergie de la source d'allumage ; position par rapport au sol ; relief du terrain ; végétation environnante ; orientation et forme des structures ; direction et force du vent, etc. [10]

1.3.4 Définition du phénomène de BLEVE

BLEVE (acronyme de Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion), peut-être défini en comme une vaporisation violente à caractère explosif causée la rupture d'un réservoir contenant un liquide à une température significativement supérieure à sa température normale d'ébullition à la pression atmosphérique

Ce phénomène d'éclatement de réservoirs peut se décomposer en plusieurs phases successives ou simultanées :

- Une réaction chimique de combustion interne ;
- L'éclatement du réservoir avec destruction de la paroi*
- L'émission de projectiles ;
- La propagation d'une onde de pression dans l'environnement ;
- Des échanges thermiques internes (conduction avec la paroi du réservoir) et externes (rayonnement, convection).

1.3.4.1 Description du phénomène de BLEVE

Un BLEVE se produit lorsqu'un réservoir contenant du gaz liquéfié se rompt, entraînant la libération instantanée de la vapeur, du liquide bouillant, des missiles (fragments de réservoir) et de l'onde de souffle. Le type de BLEVE le plus courant est causé lorsque la paroi extérieure du réservoir est exposée à un incendie. Le transfert continu de chaleur du feu à la paroi du réservoir augmente la température et la pression à l'intérieur du réservoir, jusqu'à ce que le réservoir se rompt. Cette défaillance soudaine du réservoir entraîne une vaporisation explosive de son contenu. Lorsque la structure du réservoir se fragilise, la vapeur tente de s'échapper ou de fuir par l'ouverture, ce qui entraîne une diminution de la pression à l'intérieur du réservoir. Cette baisse drastique de la pression à l'intérieur du réservoir entraîne une ébullition rapide du liquide et une augmentation de la formation de vapeur. La pression de la vapeur qui s'échappe devient très élevée et conduit à une explosion détruisant complètement la structure du réservoir et les zones environnantes

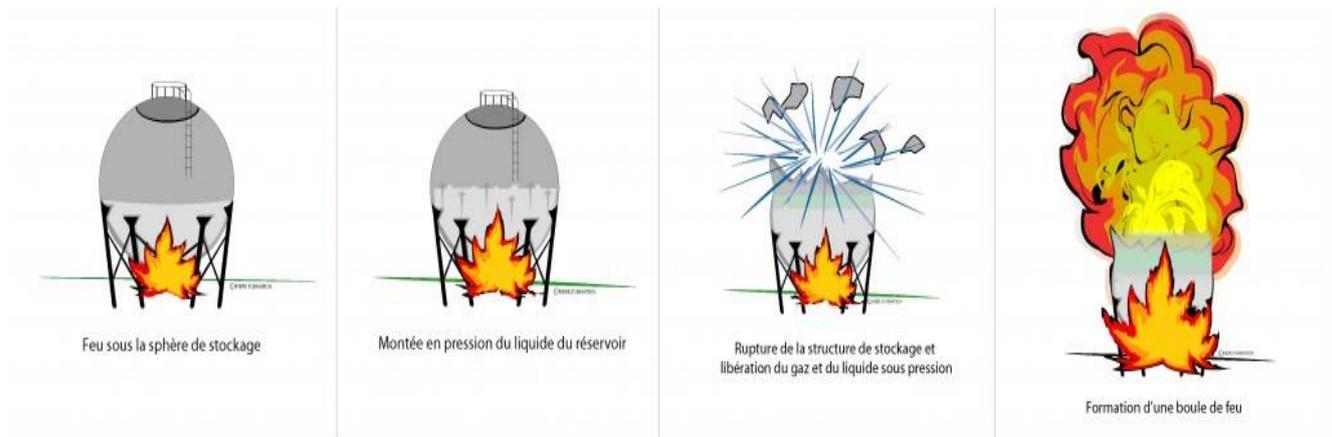


Figure I.6: Étapes de la survenue du phénomène de BLEVE

1.3.4.2 Les cause de BLEVE

Le phénomène de BLEVE a plusieurs causes, on distingue notamment :

L'erreur humaine, l'exposition du réservoir, le fatigue de réservoir, un matériau non adapté, le sur- remplissage du réservoir, la corrosion, rupture de tuyauteries, l'accident routier, l'erreur de conception, rupture du réservoir Dommages ou fatigues mécaniques Hautes températures (incendie)

1.3.4.3 Effet de BLEVE

Tous les stockages de gaz liquéfiés sous pression sont susceptibles d'être le siège d'un BLEVE. En effet, le BLEVE est associé avant tout à un changement d'état à caractère explosif, et non à une réaction de combustion. Aussi, il n'est pas nécessaire que le produit concerné soit inflammable pour parler de BLEVE.

Les effets d'un BLEVE sur l'environnement se manifestent généralement de trois manières ;

- Effets de pression : propagation d'une onde de surpression,
- Effets missiles : projection de fragments à des distances parfois très importantes,
- Effets thermiques : dans le cas d'un BLEVE de gaz liquéfié inflammable, rayonnement de la boule de feu.

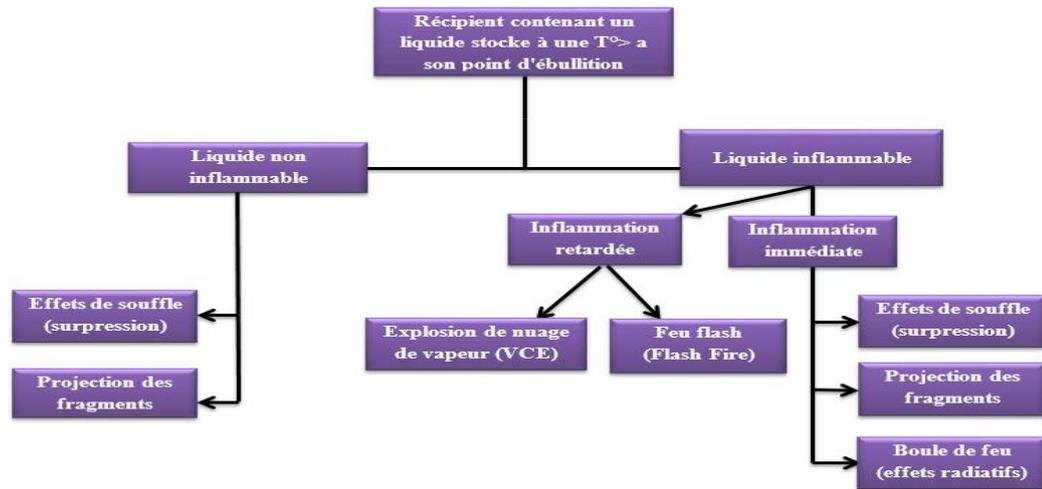


Figure I.7: Schéma global des effets du BLEVE

1.3.5 Incendie

Le feu est une réaction chimique exothermique autoentretenu mettant en jeu un combustible et un comburant (très souvent l'oxygène de l'air). Il ne peut se déclarer que si une énergie minimale de départ, la source d'inflammation, est apportée. Le feu s'auto-entretient sous l'effet de la chaleur produite par la combustion. [10]

1.3.5.1 Comment un feu se déclenche ?

Les sources d'inflammation possibles sont variées. Les principales sont : flamme nue ou solide incandescent, point chaud provoqué par un effet Joule ou par une friction, foudre, étincelle électrique ou électrostatique, compression adiabatique d'un gaz (qui donc s'échauffe). Les causes d'inflammation peuvent être naturelles (foudre), humaines (imprudence, malveillance) ou technologiques.

Les substances sont plus ou moins sujettes à l'inflammation en présence d'un comburant et d'une source d'énergie. On a recours aux grandeurs caractéristiques suivantes (elles sont établies d'après des normes) : le point éclair, la température d'auto-inflammation, la limite inférieure d'inflammabilité ou LII et la limite supérieure d'inflammabilité ou LSI. [10]

1.3.6 Le feu de nappe

Le feu de nappe résulte de la présence simultanée d'une nappe de liquide inflammable portée à une Température supérieure à son point éclair et d'un point chaud (étincelle, flamme nue, métal Incandescent, etc.) [10]

1.3.6.1 Description du phénomène feu de nappe

Lorsqu'une nappe de liquide inflammable, produite à la suite de la perte de confinement d'un réservoir, prend feu. Celui-ci peut générer des effets thermiques importants[10]

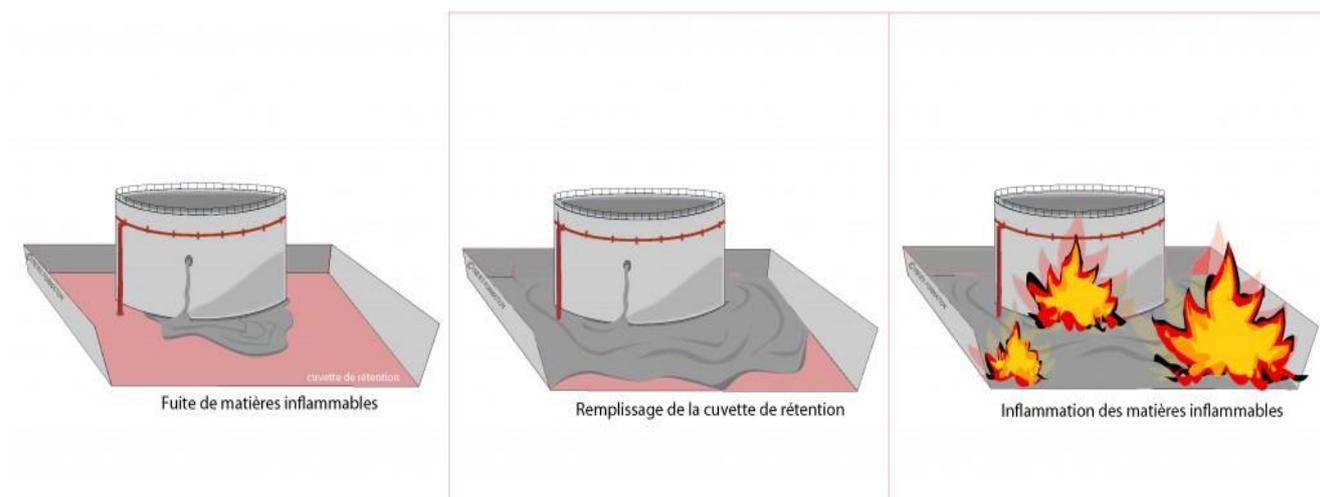


Figure I.8: Étapes de la survenue du feu de nappe

1.3.6.2 Les causes de feu de nappe

La nappe de liquide inflammable résulte fréquemment d'une fuite, plus ou moins importante. Il est à noter que le point chaud, s'il est maintenu suffisamment longtemps, peut initier l'incendie d'un liquide dont la température est inférieure au point éclair : le point chaud en lui-même peut porter localement le liquide à une température supérieure à son point éclair, démarrer l'incendie qui se généralise ensuite à toute la nappe. [10]

1.3.6.3 Les conséquences d'un feu de nappe

L'impact d'un feu de nappe dépend de la taille de la surface en feu, du produit qui se consume et de la durée de l'incendie.

De manière générale, les principales conséquences observées de manière récurrente sont la pollution des eaux de surface ainsi que la contamination des sols, voire des eaux souterraines,

plus rarement, des blessés ou des morts. Les effets thermiques observés dépendront de la taille de la nappe ainsi que du combustible [10]

1.3.7 Définition du phénomène de boil over

Un Boil Over est un phénomène de moussage de grande ampleur impliquant des réservoirs aériens et Résultant de la vaporisation d'eau liquide contenue dans des réservoirs atmosphériques d'hydrocarbures en feu. Ce phénomène est à l'origine de violentes projections de liquide enflammé et de la formation d'une boule de feu.

Tous les liquides inflammables caractérisés par une viscosité importante et une certaine plage d'ébullition étaient considérés comme susceptibles de donner lieu à un boil-over classique (exemple le brut léger).

Certains produits ne pouvaient pas donner lieu à un boil-over classique, en revanche, ils peuvent donner lieu à un autre phénomène dangereux dénommé « boil-over en couche mince » en raison de la plus faible quantité de produit liquide mis en suspension. Le boil-over couche mince a été uniquement observé sur trois produits : Jet A-1, gazole et FOD. [11]

1.3.7.1 Description du phénomène de boilover

En situation d'incendie, l'hydrocarbure est progressivement consommé et une onde de chaleur se forme dans le reste du bac. Quand l'onde de chaleur entre en contact avec la couche d'eau présente au fond du réservoir, celle-ci se vaporise instantanément, formant un effet piston qui projette violemment l'hydrocarbure vers le haut. Il y a formation d'une boule de feu, et épandage d'hydrocarbure enflammé tout autour du bac. Ce phénomène donne lieu à des effets thermiques. Suivant la nature de l'hydrocarbure impliqué, ce phénomène peut être plus ou moins violent [11]

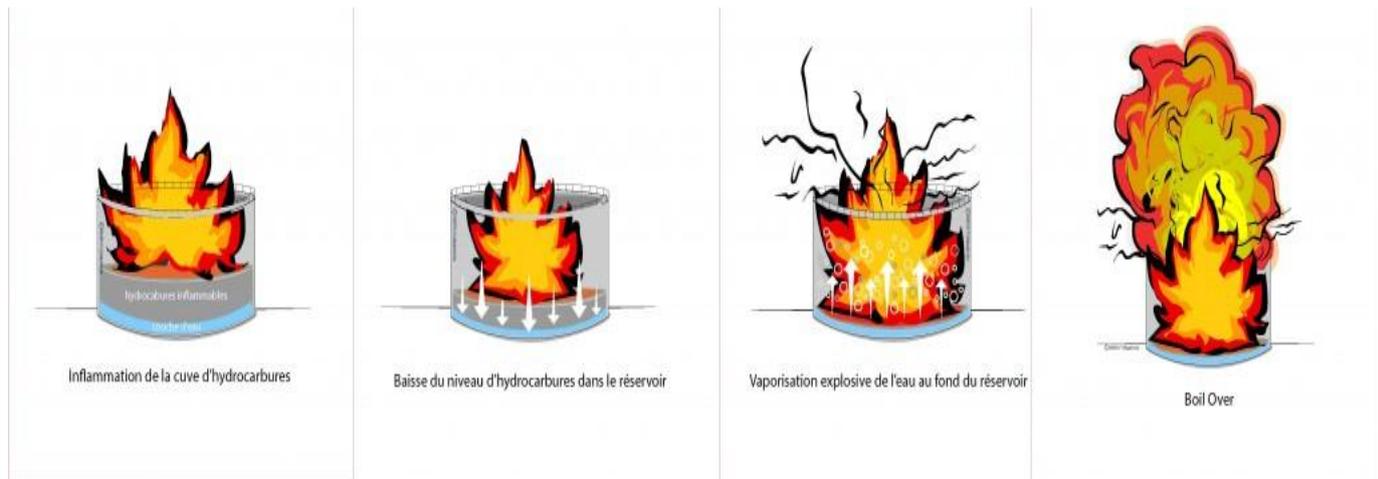


Figure I.9: Étapes de la survenue du boilover

Remarque :

En cas de feu de bac en présence d'un fond d'eau, 3 situations peuvent être observées en fin de combustion :

- Le liquide n'est pas assez visqueux et aucune projection n'est observée. C'est le cas de l'essence par exemple.
- Un boil-over dit en « couche mince » avec l'apparition d'un gradient thermique sur seulement quelques centimètres d'hydrocarbure qui sont susceptibles d'être mis en suspension. C'est ce qui a été observé avec le gazole, le FOD et le JET-A1 exclusivement pour l'instant.
- Un boil-over dit « classique » est observé lorsque le produit est suffisamment visqueux et qu'il est susceptible de former une onde de chaleur à la suite de sa distillation en coupes légères et coupes lourdes. C'est ce qui peut être observé avec le brut léger par exemple.

1.3.7.2 Les effets de boilover

Un Boil Over génère plusieurs effets

- : Une explosion (rupture de la capacité) ;
- Une éjection de liquide en émulsion et en feu. (Extension de l'incendie) ;
- Une boule de feu avec ses retombées (effets thermiques) [10]

1.4 CARACTÉRISTIQUES DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX

Le tableau suivant récapitule les caractéristiques des phénomènes présentés ci-dessus :

Tableau I. 4 : Synthèse des caractéristiques des phénomènes dangereux susceptibles de conduire à un aléa thermique

Phénomène Dangereux	Délai d'occurrence	Durée de montée en puissance jusqu'à son état stationnaire	Effets recherchés (Pression, Thermique, Toxique, Missile)	Émissivité de la Source (ordre de grandeur)
UVCE	Plusieurs secondes À 2 - 3 minutes (Formation du nuage À la LIE)	Quelques millisecondes (Inflammation du nuage)	Pression, Thermique	50 kW/m ² à 300 kW/m ²
Boil-over	Immédiat dès la Rupture De la citerne	Plusieurs secondent (Expansion de la boule de Feu et combustion de la Boule de feu)	Thermique, Pression, Missile	80 kW/m ² à 350 kW/m ²
BLEVE	Immédiat dès L'inflammation du Produit	Plusieurs minutes à heures	Thermique, Toxique	25 à 200 kW/m ²
Explosion	Immédiat dès L'inflammation du Produit	Plusieurs minutes à heures	Thermique, Toxique	30 kW/m ² à 100 kW/m ²

1.5 Conclusion :

Les zone ATEX représente des risques considérables qui peuvent être les résultats des scénarios les plus catastrophiques, d'où il est important d'installer des systèmes de prévention et d'intervention robuste qui assure une maîtrise de ces zones-là.

Le système de détection Feu et gaz est l'un des systèmes qui assure la sécurité au niveau des zones ATEX non seulement en termes de prévention mais aussi en termes d'intervention en actionnant le système d'anti incendie qui est l'un des moyens les plus efficace pour la gestion du risque d'incendie et explosion. Il permet une détection du danger et l'activation des action nécessaire pour le neutraliser.

Chapitre II :

*Présentation de système de
détection feu et gaz*

Chapitre II : présentation de système de détection feu et gaz

1.6 Introduction

La sécurité des procédés est un domaine sensible qui ne tolère aucune négligence. C'est pourquoi il est important d'apporter un plus haut niveau de sécurité afin de protéger le personnel et les biens de l'industrie en cas de fuites accidentelles notamment. Afin de prévenir ces risques de fuites présent dans les zones dites ATEX, des mesures de sécurité sont indispensables, elles visent de détecter les fuites ainsi que la présence des incendies le plus tôt possible en mesurant en continu la concentration des gaz incriminés dans l'atmosphère de la zone à risque. Parmi ces mesures de sécurité il y'a Les systèmes de détection et d'atténuation du feu et des gaz (F & G) sont des systèmes instrumentés de sécurité essentiels au maintien de la sécurité générale et de l'exploitation des installations industrielles qui gèrent des matières inflammable et toxique. Ces systèmes comprennent l'exploration et la production pétrolières extracôtières, les installations pétrolières et gazières terrestres, les raffineries et les usines chimiques, etc. Un système de sécurité F & G surveille en permanence les situations anormales telles qu'un incendie ou un dégagement de gaz combustible ou toxique dans l'usine ; et fournit des mesures d'alerte précoce et d'atténuation pour prévenir l'escalade de l'incident et protéger les installations et l'environnement.

1.7 PRINCIPES GENERAUX DU SYSTEME DE DETECTION FEU ET GAZ :

Le système de détection feu et gaz a pour objectifs de détecter aussi tôt que possible toute situation dangereuse et anormale, d'avertir et alerter le personnel et les personnes présentes dans l'environnement proche de l'unité et d'initier les actions visant à maîtriser ou limiter les conséquences de l'incident détecté. [12]

1.8 TYPES DE DETECTEURS :

Plusieurs types de détecteurs sont installés sur les sites industriels. Leur nombre, leur technologie et leur implantation prendra en compte les performances et caractéristiques des détecteurs (champ de détection, portée, etc...) et la nature des incidents susceptibles de survenir dans les zones concernées.

1.8.1 Détection de gaz :

Les différents types de détecteurs de gaz installés sur le site sont les suivants :

- Gaz inflammable ponctuel (IR point),
- Gaz inflammable linéaire (IR open path),
- Hydrogène (catalytique),
- Manque d'oxygène (électrochimique).

1.8.1.1 Les détecteurs ponctuels de gaz inflammable :

sont installés généralement au niveau des équipements mettant en œuvre des hydrocarbures, donc dans la plupart des équipements de la zone des procédés. Ils seront calibrés sur le gaz qui circule dans ces installations.



Figure II.1: Détecteur de gaz inflammable ponctuel de type infrarouges

1.8.1.2 Les détecteurs linéaires de gaz inflammables :

sont utilisés pour détecter un nuage de gaz. Ils devront être placés dans des zones ouvertes non encombrées.



Figure II.2 : Détecteur de gaz inflammable par barrière linéaire à infrarouges

1.8.1.3 Détecteurs d'hydrogène :

sont installés dans tous les locaux où il y a présence d'hydrogène tel que : les batteries, et dans les salles d'analyse du laboratoire Afin d'assurer la sécurité du personnel et prévenir les risques d'asphyxie, des détecteurs de manque d'oxygène sont eux aussi installés dans le laboratoire (utilisation d'azote).

1.8.2 Détection de feu :

Selon le type d'incendie, la situation et le degré de propagation attendu, différents types de détecteurs doivent être adoptés.

Détection de chaleur :

La détection de chaleur sera effectuée par :

- Des détecteurs de chaleur ponctuels,
- Des détecteurs de température thermo-vélocimétriques (rate-of-rise),
- Des câbles thermosensibles (électriques).

1.8.2.1 Détecteurs de chaleur ponctuels :

sont habituellement installés dans les locaux où la température ambiante est susceptible de varier rapidement sur de courtes périodes. Ils seront prévus au niveau de la cuisine, le garage et les vestiaires. Ils seront également prévus au niveau des loges de transformateurs à huile non étanches puisque leur localisation sous abri à demi fermé ne permet pas l'utilisation de détecteur thermo-vélocimétrique de température (détérioration rapide du matériel en cas de vent de sable). Ces transformateurs sont protégés par un système d'extinction à poudre.

1.8.2.2 Détecteurs thermo-vélocimétrique :

permettent de détecter une élévation rapide de la température dans un laps de temps prédéfini. Ce type de détecteur est utilisé dans les emplacements où une élévation rapide de température ne peut pas être considérée comme normale ou dans les locaux où un début d'incendie provoque une élévation rapide de température (typiquement les enceintes fermées).

On trouve ces détecteurs généralement au niveau

- Des enceintes contenant un générateur diesel et / ou équipement qui marche par diesel
 - Des enceintes des turbines à gaz



Figure II.3 : Détecteur de chaleur thermo vélocimétrique

1.8.2.3 Les câbles thermosensibles électriques :

sont utilisés pour détecter rapidement un feu au niveau des joints des toits flottants des réservoirs de condensats, ceux-ci étant protégés par

1.8.2.4 Détection de fumée :

La détection de fumée est effectuée par :

- Des détecteurs infrarouges ponctuels.
- Des détecteurs infrarouges linéaires.

1.8.2.4.1 Détecteurs de fumée ponctuels :

seront implantés dans tous les locaux fermés, couloirs, salle de réunion, etc... de tous les bâtiments techniques et administratifs.

1.8.2.4.2 Détecteurs de fumée linéaire :

sont installés au niveau des lieux de maintenance des équipements (travaux de soudure, meulage ...).



Figure II.4 : détecteur de fumée

1.8.2.5 Détection de flamme :

Le système de détection des flammes est un système fiable compte tenu des conditions climatiques (vents de sable) parmi la détection des flammes il Ya :

La détection de flamme ponctuelle multispectrale (type « Triple IR » ou IR3) : Ces détecteurs sont installés à l'extérieur, et permette de protéger des équipements mettant en œuvre des produits inflammable ou combustible. [13]



Figure II.5 : Détecteur de flamme à triple infrarouge IR3

1.9 Fonctionnalités du système feu et gaz :

- Le système F&G il est en charge de :
- La détection de feu et de gaz au niveau des procédés industriels.
- La détection de gaz à l'intérieur des locaux (dans les laboratoires),
- Certaines actions des systèmes de protection Feu et Gaz (mousse, poudre, déluges, gaz inerte, CO2...)
- La transmission au système de gestion de la sécurité SGS, par liaisons câblées, d'ordres de déclenchement de certaines actions procédé (mise en sûreté des unités),
- La transmission au Système d'alarme générale et de diffusion de messages (Public Address / Général Alarm : PA/GA), par liaisons câblées, d'ordres d'activation d'alarmes sonores et lumineuses sur site (hauts parleurs et feux clignotants),
- La logique de démarrage des pompes d'eau incendie,
- L'isolation électrique,
- L'interface avec les systèmes d'HVAC, par des liaisons câblées, afin d'assurer l'arrêt d'urgence de ces systèmes en cas de détection gaz dans les entrées d'air ou dans les Bâtiments. [13]

1.10 Architecture du système :

Le système de détection feu et gaz il est globalement composé des éléments principaux suivants :

- Des détecteurs feu et gaz implantés sur le site.
- Des alarmes visuelles et sonores implantées dans les bâtiments ou au niveau des portes,
- Un automate de traitements signaux placé dans le Local Technique Instrumentation.
- Des panneaux de visualisation du système (synoptique et stations opérateur),
- Des centrales d'alarme incendie autonomes déportées dans les bâtiments,
- Des systèmes de communication avec l'automate SGS,
- Une interface avec le PA/GA, le CCTV, les centrales d'alarmes et l'HVAC. **[13]**

1.11 Critères liés au lieu d'installation des détecteurs de gaz et de feu :

Les détecteurs sont installés dans les lieux où on devra tenir compte :

➤ **De la densité du gaz a détecté**

Par exemple les détecteurs de GPL sont installés dans des endroits bas, au niveau du sol, en raison de la densité du GPL qui est plus lourd que l'air.

➤ **De la direction du vent**

La direction du gaz étant la même que celle du vent, il faut installer les détecteurs dans cette même direction.

➤ **De la facilité d'accès**

Les détecteurs de gaz doivent être placés dans des endroits facilement accessibles afin de pouvoir les contrôler et les réparer.

➤ **De l'importance de la fréquence de fuite**

L'installation des détecteurs de gaz est faite près des vannes, des corps de pompes et des brides où les fuites sont fréquentes. Cette détection précoce et donc sécurisante, est parfois difficilement applicable par la multiplicité du nombre de points qu'elle impose.

- Les propriétés de composition chimique et physique des éventuels gaz (point d'inflammabilité, toxicité, pression de vapeur, densité par rapport à l'air, etc.) et les conditions ambiantes ;
 - La proximité entre des fuites éventuelles et des sources d'inflammation potentielles ;
 - Le type et la dimension potentiels de l'incendie
 - La disposition des équipements ;

1.12 Principes d'installation :

Les détecteurs sont installés de manière à être protégés contre les effets des vibrations et des chocs mécaniques. Ils doivent être de conception leur permettant de résister aux conditions climatiques (tempêtes de sable, températures élevées...). Doivent être situés à proximité de chaque équipement traitant des substances dangereuses, tel que les pompes, les compresseurs, les ballons, etc.

A l'exception des détecteurs d'incendie dans les bâtiments, tous les détecteurs feu et gaz sont câblés en point à point.

Ci-dessous sont décrites quelques préconisations d'installation des détecteurs qui sont implantés sur le site :

1.12.1 Les détecteurs d'incendie :

- Les détecteurs d'incendie dans les bâtiments sont regroupés sur des boucles de détection et sont adressables lorsque les boucles couvrent plusieurs locaux. Les boucles sont gérées par les centrales incendie relatives aux bâtiments, qui renvoient les informations vers le système F&G et le système HVAC.
- Afin de garantir un bon fonctionnement et la meilleure réponse possible, les détecteurs d'incendie ponctuels et adressables doivent être installés :
 - Au plafond dans chaque salle nécessitant d'un dispositif de détection de feu.
 - Dans les espaces au-dessous des faux-planchers ;
 - Dans les espaces au-dessus des faux-plafond.

- Les détecteurs de flamme sont munis de pare-soleil de manière à éviter les déclenchements intempestifs dus aux rayonnements du soleil. Ils sont placés à un maximum de 30m de l'équipement à protéger.

- Le nombre de détecteurs de chaleur ponctuel et de fumée ponctuel dépend de la surface du bâtiment à couvrir, avec comme règle de base 1 détecteur pour 25 m² maximum. La distance entre deux détecteurs ponctuels ne doit pas dépasser 9 m. Dans les couloirs, les détecteurs sont espacés de 15 m maximum. Les détecteurs sont regroupés sur des boucles, et adressables quand les boucles couvrent plusieurs locaux.

1.12.2 Les détecteurs de gaz :

- Les détecteurs de gaz situés dans les entrées d'air d'HVAC ou dans les bâtiments sont câblés sur le système F&G.

- Les détecteurs de gaz inflammable sont munis de pare-soleil, et doivent être positionnés à une hauteur appropriée par rapport aux dangers. Pour les gaz plus légers que l'air, les détecteurs sont placés à la même élévation que la potentielle source de fuite (500 mm autour). Pour les gaz plus lourds que l'air, les détecteurs sont placés à 500 mm au-dessus du sol.

- Des détecteurs de raréfaction de l'oxygène (O₂) sont installés dans tous les espaces fermés et dans les structures couvertes où des gaz asphyxiants peuvent être dégagés, générant une atmosphère potentiellement dangereuse

- Les détecteurs d'oxygène sont implantés à hauteur d'homme (environ 1.6m). La surface de recouvrement d'un détecteur ne doit pas être de plus de 80 m².

- Les détecteurs d'hydrogène sont implantés dans le système de ventilation des salles batteries, lorsque celle-ci ne sont pas étanche.

Les Manual Alarm Call Point (MAC) sont situés à 1,4 m du sol à 60m maximum l'un de l'autre.

Tous les détecteurs feu et gaz implantés sur le site et dans les bâtiments doivent répondre à la directive européenne « ATEX ».

Les câbles F&G sont résistants au feu conformément à l'IEC 60331 (Fire resisting characteristics of electrical cables).

1.13 Logique de vote :

La logique du vote est mise en place Lorsque des actions automatiques doivent être initiées (isolation électrique d'un bâtiment, déclenchement de systèmes d'extinction, systèmes déluge,

rideaux d'eau, etc...). Ceci a pour but de confirmer une détection afin d'éviter des déclenchements intempestifs. La logique de vote sera différente selon la nature de l'événement redouté (incendie ou fuite de gaz inflammable). On prend l'exemple de la logique de vote de détection de gaz et détection d'incendie

1.13.1 Détection de gaz inflammable dans une zone des procédés :

La logique de vote dépend du niveau de concentration de gaz détectée et du nombre de détecteurs activés. Les seuils de détection sont exprimés en % de la Limite Inférieure d'Explosivité (LIE). La logique de vote est basée sur le nombre de détecteurs activés :

- 1 détecteur sur N (1ooN) à au moins 10 % de la LIE – détection simple : alarme
- 2 détecteurs sur N (2ooN) avec $N \geq 3$; à au moins 20 % de la LIE – détection confirmée : alarme + actions

Tableau II.1 : logique de vote de détection de gaz inflammable.

Détecteur 1	Détecteur 2 à N		
	Normal	10%	20%
Normal	Ok	Alarme	Alarme
10%	Alarme	Alarme	Alarme
20%	Alarme	Alarme	Action

➤ Une détection simple (ALARME) déclenche :

- des alarmes visuelle et sonore de détection simple sur le synoptique F&G de la salle de contrôle et des alarmes sonore et visuelle sur les stations opérateur.

➤ Une détection confirmée (ACTION) provoque les actions suivantes :

- des alarmes visuelle et sonore de détection confirmée sur le synoptique F&G de la salle de contrôle et les alarmes sonores et visuelles sur les stations opérateur,
- une alarme sonore sur tout le site (et alarme visuelle si le niveau de bruit l'exige) via le Système PA/GA,
- l'isolation électrique des coffrets non ATEX et des prises de courant du site quand l'action est applicable,

- le déclenchement automatique des moyens de protection (rideaux d'eau...), et de la pomperie incendie, s'il y a lieu. Dans les zones où les moyens de protection sont à déclenchement manuel, l'opérateur en charge jugera de la nécessité ou pas d'activer ces moyens de protection,
- Déclenchement de l'arrêt d'urgence par PSD ou ESD
 - 1) L'affichage de la zone feu concernée sur CCTV,
 - 2) La dépressurisation de la zone feu concernée est laissée au choix de l'opérateur via un bouton poussoir.

1.13.2 Détection incendie :

1.13.2.1 Détection dans une zone de procédé :

La logique de vote est basée sur le nombre de détecteurs activés :

- 1 détecteur sur N (1ooN) – détection simple : alarme
- 2 détecteurs sur N (2ooN) avec $N \geq 3$ – détection confirmée : alarme + actions
- 1 détecteur sur 1 (1oo1) pour les câbles thermosensibles : alarme + actions

La logique de vote est synthétisée ci-après :

Tableau II.2 : logique de vote de détection d'incendie.

Détecteur 1	Détecteur 2 à N	
	Normal	Détection
Normal	Ok	Alarme
Détection	Alarme	Action

➤ Une détection simple (ALARME) déclenche :

- des alarmes visuelle et sonore de détection simple sur le synoptique F&G de la salle de contrôle et des alarmes sonore et visuelle sur les stations opérateur.

➤ Une détection confirmée (ACTION) provoque les actions suivantes :

- des alarmes visuelle et sonore de détection confirmée sur le synoptique F&G de la salle de contrôle et des alarmes sonore et visuelle sur les stations opérateur,
- une alarme sonore sur tout le site (et alarme visuelle si le niveau de bruit l'exige) via le PA/GA,
- le déclenchement automatique des moyens de protection (systèmes d'extinction, déluge, etc...) et de la pomperie incendie, s'il y a lieu. Dans les zones où les moyens de protection

sont à déclenchement manuel, l'opérateur en charge jugera de la nécessité ou pas d'activer ces moyens de protection. [12]

1.14 Synoptique F&G :

Ce synoptique installé en salle de contrôle du bâtiment de contrôle permet à l'opérateur de transmettre et d'avoir le minimum d'informations en cas de perte de communication avec les stations.

Le synoptique F&G est composé de boutons poussoirs et de voyants d'alarme et de signalisation. Il affiche les statuts des détecteurs feu et gaz, celui des pompes incendie et celui des vannes déluge.

Les informations disponibles sur le synoptique sont :

- Détection confirmée issue d'un vote 2ooN,
- Alarme simple (détection unique, activation MAC, défaut),
- Défaut (signifiant défaut de boucle, défaut détecteur, défaut des centrales incendie, défaut de communication),
- La vitesse et la direction du vent,
- Statut des pompes incendie,
- Statut des vannes déluge (confirmation d'activation via le bouton poussoir Lumineux).

Les alarmes feu ou gaz, ainsi que les défauts sont regroupés par zone feu. Dès qu'un des états concernant une zone est activé, la led appropriée s'allume.

Chaque seuil de détection a sa propre couleur : détection simple et défaut jaune et détection confirmée rouge. Le descriptif détaillé de chaque détection ou défaut est disponible sur les stations opérateurs.

Lorsqu'une alarme ou un défaut est signalé le voyant de la zone approprié s'allume et le buzzer du synoptique F&G retenti jusqu'à ce que l'opérateur l'arrête grâce au bouton situé sur le synoptique.

Depuis le synoptique feu & gaz, l'opérateur peut :

- Démarrer les pompes incendies,

- Arrêter le buzzer à l'aide d'un bouton poussoir,
- Autoriser la pose de by-pass ou de forçage à l'aide d'un commutateur,
- Acquitter les alarmes,
- Démarrer les systèmes de déluge et de mousse à l'aide de bouton poussoir.

1.15 Alarmes sonores et visuelles :

Un système d'alarme générale et de diffusion de messages (PA/GA : Public Address & General Alarm) permet d'avertir rapidement le personnel sur site de toute situation dangereuse nécessitant une intervention et / ou une évacuation.

- Le système Feu et Gaz gère Les alarmes sonores et visuelles liées aux détections simples (non confirmées) dans la zone procédée et utilités, au niveau du synoptique F&G de la salle de contrôle et sur les stations opérateur.

- Les alarmes sonores et visuelles liées à la détection gaz dans les bâtiments.

Toutes les alarmes sonores et visuelles sur site et dans les bâtiments sont déclenchées automatiquement sur détection confirmée, sauf pour les zones dans lesquelles il n'y a pas possibilité de confirmation (pas de logique de vote). [12]

1.15.1 Alarmes sonores :

Il existe sur le site plusieurs types d'alarmes sonores :

- Des haut-parleurs extérieurs dépendant du système PA/GA. D'où trois sonneries distinctes sont prévues selon la nature du danger pour l'activation des alarmes sonores de la signalisation d'une détection (détection feu ou détection gaz) et d'une évacuation.

- Des haut-parleurs intérieurs dépendant du système PA/GA installés à hauteur de plafond dans les couloirs et utilisés pour la diffusion de messages dans les bâtiments ;

- Des alarmes sonores en salle de contrôle au niveau des stations opérateur et sur le synoptique F&G ;

- Des combinés alarme lumineuse (de couleur rouge) et sonore intérieurs liés à la détection feu, générés par les centrales incendie des bâtiments.

- Des combinés de signalisations lumineuses (de couleur orange) et sonores d'interdiction d'entrée liés à la détection gaz dans le bâtiment. [12]

1.15.2 Alarmes visuelles :

Il existe sur le site plusieurs types d'alarmes visuelles :

➤ Des gyrophares extérieurs, gérés par la PA/GA et implantés sur le site de manière à suppléer les alarmes sonores dans les zones feu pour lesquelles le bruit ambiant est susceptible de gêner l'écoute, c'est-à-dire dans la zone des compresseurs.

Différentes couleurs sont prévues selon la nature de la situation dangereuse :

- Rouge pour la détection incendie
- Jaune pour les fuites de gaz
- Bleue pour une alarme d'évacuation

➤ Des alarmes visuelles sur le synoptique F&G de la salle de contrôle et sur les stations opérateur, pour la détection feu, la détection gaz et le défaut des détecteurs. Les codes couleur sont identiques à ceux appliqués sur le site ;

Le synoptique F&G inclut également des indications lumineuses relatives au fonctionnement des pompes incendie. [12]

1.16 Système de contrôle du procédé DCS :

Le système de contrôle du procédé assure les fonctions suivantes : interfaces opérateurs, gestion des alarmes, fonctions de régulation, d'automatisme et de conduite, interface avec les sous-systèmes, interface avec les systèmes extérieurs.

Les principaux systèmes de contrôle au niveau de la salle de contrôle sont :

- ICSS Système de contrôle et de sécurité intégré (Integrated Control and Safety System – CMS/SGS/F&G),
 - CMS Control and Monitoring System (appelé aussi DCS Distributed Control System ou SNCC (Système Numérique de Contrôle Commande),
 - SGS (Safeguarding System) assure les fonctions PSD sécurité procédé (Process shutdown) et ESD arrêt d'urgence (Emergency Shutdown),
 - F&G Système de détection Feu et Gaz (Fire & Gas System).
- AMS Système de maintenance (Asset Management System),
- Systèmes de contrôle des packages,
- Systèmes associés (HVAC, etc.),

- SOE Système d'enregistrement des séquences d'événements (Sequence of Events Recorder) sur les mesures de sécurité. [14]

1.17 Arrêt d'urgence :

1.17.1 Du système SGS :

Le système SGS surveille le fonctionnement des unités de production et utilités de l'usine. Il permet, en cas de détection de conditions anormales potentiellement dangereuses, d'effectuer de manière sûre et automatique, un arrêt d'urgence des installations / des équipements / des machines et la dépressurisation (avec ou sans action de l'opérateur), afin de protéger le personnel et le matériel. [14]

1.17.2 Système d'arrêt d'urgence :

Le système d'arrêt d'urgence (ESD) permet en cas de détection de conditions anormales potentiellement dangereuses, d'effectuer de manière sûre et automatique, un arrêt d'urgence de l'usine / des équipements / des machines afin de protéger le personnel et le matériel. Le système d'arrêt d'urgence doit détecter toute déviation exagérée ou à risque des conditions opératoires du procédé par rapport à la situation normale et ramener de manière contrôlée l'installation à une configuration plus sûre.

L'architecture du système d'arrêt d'urgence de l'installation est basée sur 2 niveaux de sécurité progressifs dans leurs effets :

➤ **Niveau 1** : Les arrêts ESD (Emergency Shutdown) impliquant l'arrêt de l'usine entière sont gérés par l'automate de sécurité. C'est un ensemble d'automatismes (ou interlocks) qui permettent d'interrompre la circulation des produits par arrêt des machines tournantes (pompes, compresseurs etc.) et par fermeture des vannes d'isolement appelées ESDV. Un arrêt ESD est déclenché par un incident majeur dans les installations : c'est le niveau de sécurité maximum. Il autorise la dépressurisation de tout ou partie des installations.

➤ **Niveau 2** : Les arrêts procédé PSD (Process Shutdown) impliquant un ou plusieurs équipements, sont gérés par l'automate de sécurité. C'est un ensemble d'automatismes capables de détecter les déviations du procédé, puis d'arrêter rapidement une unité de procédé ou un équipement, et de les isoler par fermeture de vannes d'isolement. Un arrêt PSD est déclenché par un incident grave mais de moindre importance que pour l'arrêt ESD. Il peut

éventuellement lancer la dépressurisation de l'équipement isolé (un compresseur par exemple). En aucun cas, il n'est la cause de la dépressurisation générale de l'usine. [14]

Tableau II.3 : Niveau d'arrêt d'urgence

Niveau	Désignation	Cause générale	Activation	Effet
1	ESD Arrêt total de L'usine	Limité aux situations Impliquant un danger Majeur pour l'usine Entière, tel que les Incendies, les pertes Majeures d'hydrocarbures, la perte de l'alimentation Électrique	- Manuel - Détection feu confirmée sur une zone feu - Pression très basse air instrument - Baisse de tension de l'alimentation électrique	Arrêt total de l'usine, Incluant les utilités (à L'exception des Services essentiels à La sécurité des Opérateurs et de l'usine)
2	PSD Arrêt du Procédé Concerné (une Unité, un train Ou un Équipement)	- Détection de Conditions anormales Majeures dans le Procédé. - Détection de présence de gaz. - Activation du niveau ESD	- Instrument - Manuel (dans certains cas) - Détection de gaz Confirmée sur une zone feu.	Arrêt du procédé

1.18 Conclusion :

Un système de détection de gaz inflammables est utilisé chaque fois où il existe une accumulation d'un mélange de gaz et d'air inflammable. Un tel équipement peut fournir un moyen de réduire le risque en détectant la présence d'un gaz inflammable et en émettant des avertissements sonores ou visuels appropriés. Par contre le système de détection du feu qui vient en deuxième position permet de réduire les impacts d'un incendie. Ces deux systèmes peuvent également être utilisés pour initier des mesures de précaution (par exemple, l'arrêt de l'usine, l'évacuation et le fonctionnement des procédures d'extinction d'incendie).

L'installation industrielle présente des phénomènes générant une surpression ou une projection de missiles peuvent entraîner des fuites, déformations ou destructions nécessaires à un autre phénomène. D'où il est important d'utiliser PHAST pour simuler l'évolution d'un rejet accidentel d'un produit toxique et/ou inflammable, depuis la fuite initiale jusqu'à la dispersion atmosphérique en champ lointain.

Chapitre III

*Modélisation de la dispersion du
propane*

Chapitre III : Modélisation du dispersion propane

1.19 Introduction

La libération accidentelle de gaz toxique ou inflammable constitue un scénario d'accident majeur, qui peut conduire à des distances d'effet considérable. Ces rejets accidentels d'un produit peuvent entraîner la formation de nuages dangereux pour les personnes et pour l'environnement.

La propagation de ces nuages dans l'atmosphère est un phénomène extrêmement complexe, régi par de nombreuses variables. Afin de modéliser les conséquences et donc d'estimer les périmètres de sécurité, l'étude de la dispersion atmosphérique des nuages de gaz fait appel à des logiciels de simulation. Parmi les nombreux outils disponibles sur le marché nous avons choisi d'utiliser le logiciel Phast (Process Hazard Analysis Software Tool) en raison de la diversité des scénarios obtenus.

1.20 Présentation de la zone

1.20.1 Situation Géographique du champ de HASSI Messaoud

Le champ pétrolier de Hassi Messaoud se situe à 850 km Sud/Sud Est d'Alger et à 350 km de la frontières Tunisienne avec une superficie de 2500 km², il est subdivisé géographiquement en deux zones champ nord (HMD/N) et champ sud (HMD/S) [15]

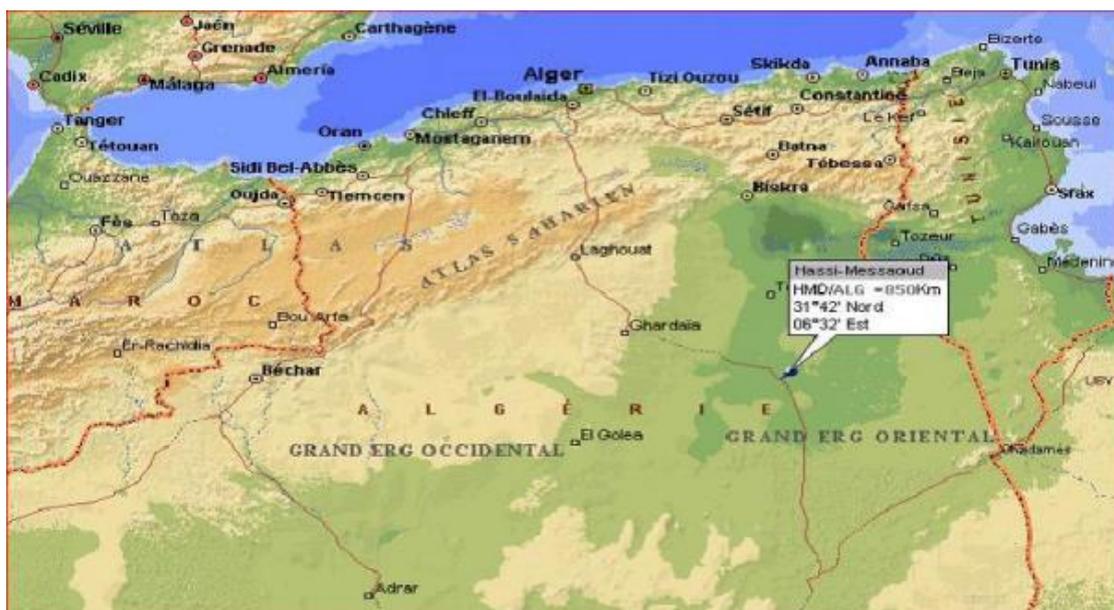


Figure III.1 : Situation géographique du Champ HMD

1.20.2 Historique du champ de HASSI MESSAOUD :

- 15 janvier 1956 : Le premier forage MD1 a mis en évidence la présence d'huile à 3338 m de profondeur par les deux compagnies Françaises CFPA et SN-REPAL.
- 16 mai 1957 : Exploitation d'un puits dans la partie Nord du champ.
- 1957 à 1958 : L'exploitation du champ de Hassi Messaoud atteint les 20 puits, ce qui conduit à la réalisation de plusieurs unités de séparation (Séparation LDHP, Séparation LDBP, Séparation 2ème étage, 3ème étage) et la production atteint 400.000 tonnes pour l'année 1958.
- 1959 à 1964 : 153 puits producteurs sont en exploitation et 7 puits injecteurs sont équipés pour la première phase de récupération avec le démarrage.
- 1960 : Création du CIS et CINA.
- 1960-1970 : Réalisation de 05 Unités de séparation, 02 Unités de Réinjection de gaz, 01 Topping et 02 Unités de Stabilisation.
- 1970-1980 : Réalisation de 02 Unités GPL, 07 Unités de séparation Satellites, 01 Raffinerie, 01 Unité d'injection d'eau, 05 Unités « Boosting » et 05 Unités de Réinjection de gaz.
- 1980-1990 : Réalisation de 02 Unités de Réinjection d'eau ; 01 Unité de séparation Satellites, 06 Unités « Boosting », 01 Unité de séparation et 02 Unités d'injection de gaz.
- 1990-2000 : Réalisation de 17 Unités « Boosting », 06 Unités de Réinjection de gaz, Unité de séparation de gaz, 01 Unité de GPL et 02 Unités d'azote.
- 2000 à ce jour : Réalisation de 02 unités de Traitement des eaux Huileuses, 01 Unité de valorisation des Condensats, 01 Unité de stabilisation d'huile « UTBS », 01 Unité de production de GPL et de Condensat et 01 Unité de séparation LDHP, « ZCINA ». [15]

1.20.3 Description de l'unité ZCINA

1.20.3.1 Présentation de l'usine GPL LDHP ZCINA

Sonatrach a décidé de réaliser une nouvelle unité d'extraction des liquides de gaz associés sur le champ de Hassi Messaoud nord, dénommé GPL ZCINA (nouvelle Zone Centre Industriel Naili Abdelhalim). Cette nouvelle zone est située à environ 5 km au nord de CINA contenant deux unités :

➤ **Unité de GPL** : Cette unité comprend notamment :

- Des connexions à la ligne existante de 40'' de gaz associés de CINA, pour amener le gaz de charge et exporter le gaz résiduel
- Une section de réception du gaz de charge
- Une unité de compression du gaz de charge

- Trois trains de traitement de gaz incluant une section de déshydratation du gaz, une section de récupération des liquides, une section de séparation des GPL et des condensats et un système d'huile chaude

- Des stockages et une pomperie d'expédition des GPL
- Des stockages et une pomperie d'expédition des condensats Des systèmes d'utilités
- Des systèmes de torche
- Des lignes d'expédition des produits (GPL, condensats)
- Des infrastructures et des bâtiments Les installations sont conçues pour récupérer les liquides des gaz associés provenant de l'usine de traitement de brut de CINA et de l'unité de séparation d'huile LDHP

➤ **Unité de séparation LDHP**

Un réseau de collecte de production d'huile multiphasique composé de 20 manifolds et 20 collecteurs, raccordé à 200 puits HP (Actuellement 88 puits qui sont raccordés) (plus d'autres futurs puits qui seront raccordés ultérieurement).

- Une batterie de 03 séparateurs tri-phasique identiques.
- Un Ballon Dégazeur d'eau
- Un ballon de torche et une torche chaude.
- Deux pipelines d'expédition d'huile et d'eau (18'' et 6'') vers CINA
- Local Technique
- Utilisation des infrastructures et utilités de l'unité GPL adjacente. [16]

1.20.3.2 But de l'usine ZCINA

GPL ZCINA est une unité d'extraction des liquides de gaz associer valorisable provenant de l'unité de traitement de brut SINA sur le champ de Hassi Messaoud nord, et à réexpédier en routeur a CINA un gaz appauvri et à expédier le GPL extrait du gaz de charge vers une nouvelle station de pompage situé à 17 Km (station hors fourniture)

1.20.4 Présentation de l'unité 33 (Stockage, export & recyclage du GPL) :

1.20.4.1 Présentation du procès

➤ **Stockage du GPL**

Le GPL produit au niveau du ballon de reflux du débutaniseur de chaque train G11/G12/G13-VL-32-05 alimente la section de stockage via le collecteur commun de GPL aux spécifications et/ou le collecteur commun de GPL hors spécifications.

Le système de stockage de GPL se compose de quatre sphères identiques d'un volume total unitaire de 500 m³.

Les trois sphère (31G-RD-33-01 A/B/C) sont dédiées au stockage du GPL répondant aux spécifications (fractions en C2- et en C5+).

La sphère 32G-RD-33-01 est utiliser pour le stockage du GPL hors-spécification.

La pression de toutes les sphères est maintenue entre 15 bars et 21 bars.

Les sphères peuvent fonctionner selon quatre configurations : service normal / vidange / remplissage / isolée.

➤ **L'export du GPL**

Les pompes 35G-PA-33-01 A/B sont des pompes centrifuges verticales permettant de fournir la pression nécessaire à l'export du GPL.

Le débit de GPL expédié est mesuré par le package de comptage transactionnel 360-UJ-33-01, comportant deux lignes de mesure et une ligne d'étalonnage

➤ **Recyclage du GPL**

Le GPL hors-spécifications stocké dans la sphère 32G-RD-33-01 peut être recyclé vers le dééthaniseur de chacun des trains de production.

Le recyclage est réalisé par les pompes centrifuges verticales 35G-PA-33-02 A/B. [12]

1.20.4.2 Caractéristiques principales des sphères

Le tableau suivant présente les Caractéristiques principales des sphères présente dans la zone de stockage (Pression opératoire, Température opératoire, Pression de calcul)

Tableau III.1 Caractéristiques des sphères

Equipement		31G-RD-33-01 A/B/C	32G-RD-33-01
Service		Sphères de stockage de GPL	Sphère de stockage de GPL hors spécifications
Pression opératoire	Bar	15 - 21	15 – 21
Température opératoire	°C	10 - 62	10 - 62
Pression de calcul	Bar	23	23
Température de calcul (min / max)	°C	- 40 / 90	- 40 / 90
Dimension (D/L)	Mm	9 850	9 850



Figure III.2: Les sphère de stockage GPL ZSINA

1.21 Identifications des scénarios d'accident potentiels

Dans cette étude, l'identification de scénarios d'accident liés aux sphères de GPL est faite par la méthode **HAZOP** « Hasard and operability studies », Cette méthode nous a permis d'identifier les événements redoutés possible, leurs causes (événements initiateurs) et leurs

conséquences (phénomènes dangereux et effets engendré) aussi évaluer les classes de probabilité d'occurrence et de gravité

L'application de la méthode **HAZOP** sur la zone de Stockage produit fini sphères sous pression est réalisée en considérant les paramètres d'exploitation (Niveau, Pression, Température, Débit et fuite)

D'après l'étude **HAZOP**, on a constaté que les fuites les plus probables se situent soit au niveau de la sphère, soit au niveau des brides et des vannes en dessous de cette dernière en raison d'une perte d'étanchéité.

Les scénarios identifiés et sélectionnés sont causés par une fuite de gaz par perte d'étanchéité d'un diamètre de 10mm au niveau des vannes en-dessous des sphères.

Les sphères 31G-RD-33-01 A /B/C sont identiques. Un seul scénario sera généralisé sur les 3 sphères. Le même principe pour toutes les sphères.

Les résultats qu'on a obtenu par l'analyse HAZOP sont présentés sous forme de tableau (voir Annexe 3-A)

1.22 Evaluation des risques

Après avoir estimé le risque, on doit le comparer aux critères d'acceptabilité préétabli par une matrice des risques. Cette évaluation permet de prendre une décision sur l'acceptabilité ou l'inacceptabilité de chaque risque.

L'acceptabilité d'un risque est faite à partir de ses deux paramètres : sa probabilité d'occurrence et sa gravité. (**Tableau III.2**)

Les résultats d'évaluation des risques sont présentés sous forme matrice de risque (voir Annexe 3-B)

Tableau III.2 : Grille de criticité adoptée par SONATRACH

Gravité \ Probabilité	1- Extrêmement rare (Scénario vraisemblable mais non rencontré au niveau mondial) < 10-5 /an	2- Rare (Scénario s'étant déjà produit mais restant très improbable) 10-4 – 10-5/an	3- Peu fréquent (Scénario qui pourrait se produire) 10-3 – 10-4/an	4- Occasionnel (Scénario qui pourrait se produire deux fois différentes secteurs) 10-2 – 10-3/an	5- Fréquent (Scénario pouvant se produire plusieurs fois pendant la durée de vie de l'installation) > 10-2/ans
5- Désastreux -nombreux décès -Impact majeur externe au site avec conséquences durables	Risque intermédiaire	Risque intolérable	Risque intolérable	Risque intolérable	Risque intolérable
4- Catastrophique -effet léthal sur une personne et plusieurs invalidités permanentes -Impact important externe au site avec conséquences réversibles	Risque intermédiaire	Risque intermédiaire	Risque intolérable	Risque intolérable	Risque intolérable
3- Majeur -possible effet léthal sur une personne et invalidités permanentes -Impact significatif	Risque intermédiaire	Risque intermédiaire	Risque intermédiaire	Risque intolérable	Risque intolérable
2- Modéré -effets irréversibles -Impact modéré	Risque acceptable	Risque acceptable	Risque intermédiaire	Risque intermédiaire	Risque intolérable
1-Mineur -pas d'effet irréversible -Impact mineur	Risque acceptable	Risque acceptable	Risque acceptable	Risque acceptable	Risque intermédiaire

1.23 Données climatiques concernant le site ZCINA

Les conditions climatiques sont des éléments importants dans la simulation des conséquences par logiciel Phast, en raison de l'implication de certains facteurs (température, vents, orages...) dans la provocation de risque et la complication des dangers. [12]

1.23.1 TEMPERATURE

➤ Températures de l'air

L'analyse des données obtenues par SONATRACH (2002 à 2008) indique que La température moyenne mensuelle enregistrée à Hassi Messaoud varie de 55°C à -5°C. Les tableaux suivants présentent les Températures maximales et minimales mensuelles

Tableau III.3 : Températures minimales mensuelles

Années	Janv.	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Juin	Jill	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
2002								28.7	26.1	18.8	11.8	6.6
2003	5.5	6.6	11	16.3	23.3	25.3	29	27.2	24.3	21.5	11.9	5.6
2004	4.4	9.7	13.9	16.4	20.3	25.5	27	28.4	22.4	19.9	10.2	6.8
2005	1.2	4	13.8	16.4	22.8	25.4	30	28.3	25.1	19.9	12.7	6.1
2006	3.7	8.1	12.7	19.2	23.3	25.8	27.6	28.9	23.3	17.4	9.4	6.1
2007	6	7.9	9.7	17.3	21.1	26.4	26.3	27.9	25.5	18.6	9.9	5.4
2008	5.8	8	11.6	16.4	22.4	26.2	28.9	27	25.4	20.5	11.1	5
Moyennes	4.4	7.4	12.1	17.0	22.2	25.8	28.1	28.1	24.6	19.5	11	5.9

Tableau III.4: Températures maximales mensuelles

Années	Janv.	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Juin	Jill	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
2002								44.1	38.7	31.8	24.7	21.3
2003	18.9	19.3	25.2	31	36.9	40.1	44.3	41.1	38.1	36.3	25.8	19.1
2004	19.7	24	27.3	30.8	33.9	40.6	42	43.6	36.1	35.9	23.1	20
2005	16.2	19.1	27.4	31.9	38.3	39.6	45.5	43	38.5	33.9	26	18.6
2006	16.2	19.7	28	34.4	37.6	40.7	42.3	43.5	37.6	32.4	25.1	19.6
2007	21.7	23.1	24.8	31.9	35.6	43.3	41.6	43.2	41	33.3	24.4	18.8
2008	17.4	22.1	27.3	31.7	37.6	41.5	44.1	42.6	39.8	32.1	23.8	18.5
Moyennes	18.4	21.2	26.7	32.0	36.7	41.0	43.3	43	38.5	33.7	24.7	19.4

➤ **Températures du sol**

Le tableau suivant présente les Températures maximales et minimales du sol en Cas Hiver et Cas été

Tableau III.5: Températures du sol

Paramètre	Valeur
Température minimale du sol entre 1 et 2 m de profondeur (Cas Hiver)	Estimé 15 °C
Température maximale du sol entre 1 et 2 m de profondeur (Cas été)	Estimé 25 °C

1.23.2 PLUVIOMETRIE

Le champ de ZCINA se situe dans la région saharienne de l'Est de l'Algérie. Le climat dans cette région est extrême et aride avec des précipitations annuelles très faibles. En hiver, le climat va de froid humide a tempéré et devient très chaud en été. La distribution saisonnière des pluies dans le désert du Sahara est la suivante : hiver, 37% ; printemps, 39% ; été, 4% ; et automne, 20%.

L'humidité relative varie de 20 à 50%.

La pluviométrie annuelle est négligeable, mais possibilité d'orages violents (intensité maximale : 45 mm en 24heures) et (Hauteur annuelle : 120 mm)

1.23.3 REGIME DES VENTS

Le vent est un facteur climatique important dans les projets qui fabriquent, utilisent et stockent des produits inflammables tel que le GPL. Cette étude pour connaître : La propagation des gaz en cas de fuite et La direction des flammes en cas d'incendie.

Selon les données météorologiques recueillies par SONATRACH la zone du projet est située au nord du désert où les vents d'hiver et de printemps sont très forts qui peuvent atteindre 180 km/h. Les vents forts et modérés soulèvent les grains de sable et la poussière et réduisent considérablement la vision. Ce vent peut également être associé à des tempêtes de sable et de poussière. Les vents de sable sont fréquents entre Mars et Mai. Même en l'absence de vent, le sable et la poussière semblent toujours suspendus dans l'air dans la zone du site.

Les vents dominants viennent du Nord-Est et ont une vitesse moyenne de 3,78 m/s. Il arrive que l'on assiste à des vents plus forts pouvant dépasser 7,7 m/s. Les tableau suivant présent Fréquence des vents selon la direction

Tableau III.6: Fréquence des vents selon la direction

Direction	Fréquence % (tous les vents)	Fréquence % (Vents >7,7 m/s)
N	8	0
NE	31	26
E	12	9
SE	16	13
S	5	0
SW	9	22
W	8	9
NW	12	22

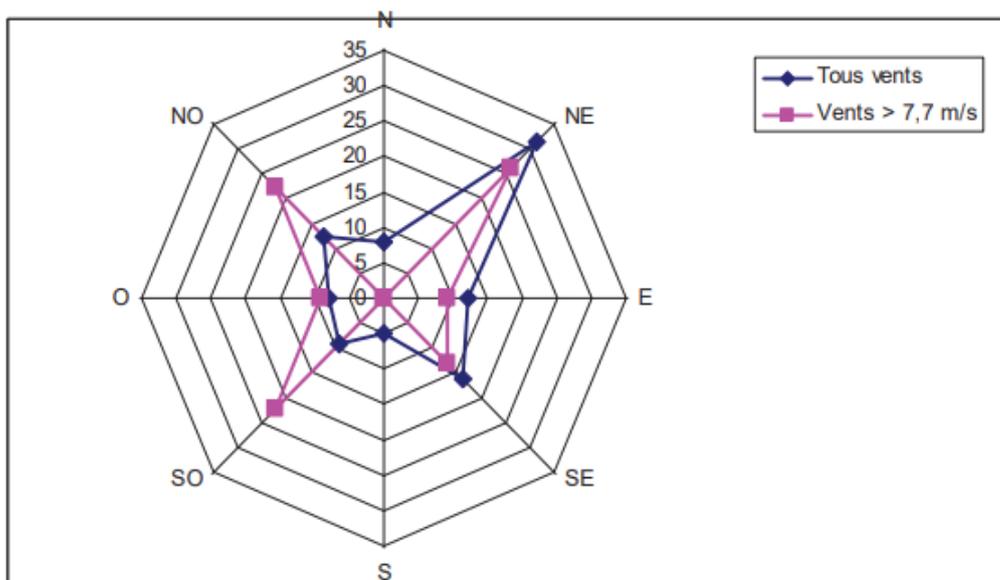


Figure III.3: Rose des vents

1.24 Les Scénarios d'accident

1.24.1 Scénario 1 : fuite au niveau sphère de propane 31G-RD-33-01 A

Pour l'analyse de ce scénario, on considère une fuite de diamètre 10mm au niveau de sphère de GNL 31G-RD-33-01 A. Ce dernier est choisi sur la base de son volume et de sa pression opératoire. La hauteur de libération a été prise à 1 mètre.

La modélisation de l'effet de surpression est élaborée à l'aide du logiciel PHAST. Les simulations ont été effectuées en utilisant les données d'entrée présentées dans (**Tableau III.6**)

Tableau III.7 : Données d'entrée pour le PHAST

Paramètres	Substance	Température de service	Pression de service	Volume	Scénario	Elévation de point de fuite
Valeurs	Propane	37 °C	21 barg	500m ³	Fuite de 10mm	1m

Les étapes de la simulation définissent dans **Annexe 3-C**

1.24.2 Synthèse 1

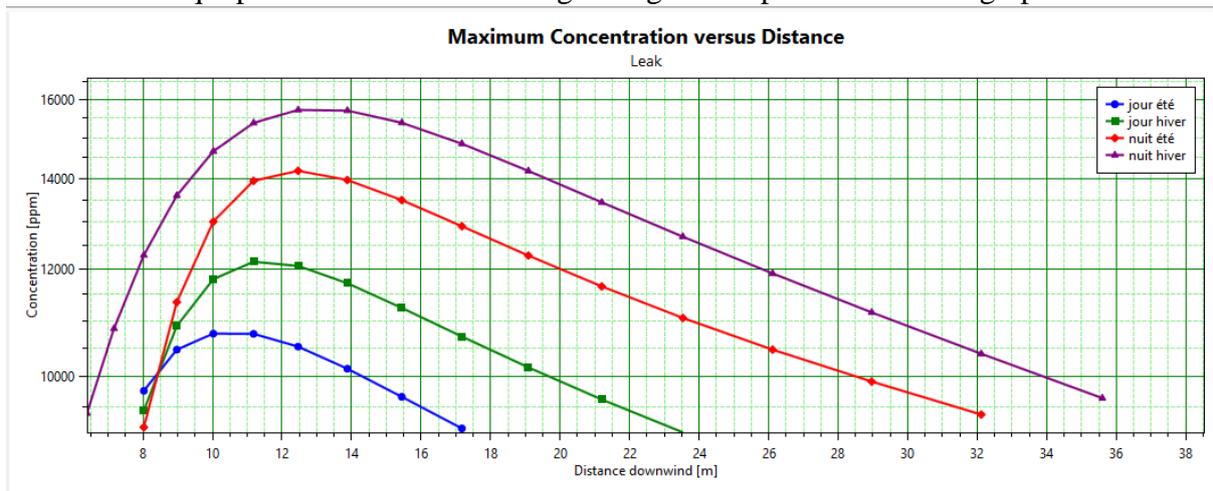
La simulation par le logiciel Phast au niveau de la zone de stockage de GPL des effets d'un phénomène accidentel suite à une fuite de 10 mm à une élévation de 1m du sol, nous a permis de mieux localiser la dispersion du nuage de gaz dans différentes conditions météorologiques (soit la vitesse du vent et la stabilité de l'atmosphère).



FigureIII.4 : Image satellitaire sure l'étendu du nuage de gaz

Selon la direction du vent on peut voir que la dispersion du nuage de gaz suit à une petite fuite peut aller jusqu'aux installations avoisinantes d'où la possibilité de survenu des effets domino suite à une ignition

Les distances qui peuvent atteindre les nuages de gaz sont présentés sur les graphes suivants :



FigureIII.5 : L'étendu du nuage de gaz en fonction de la concentration

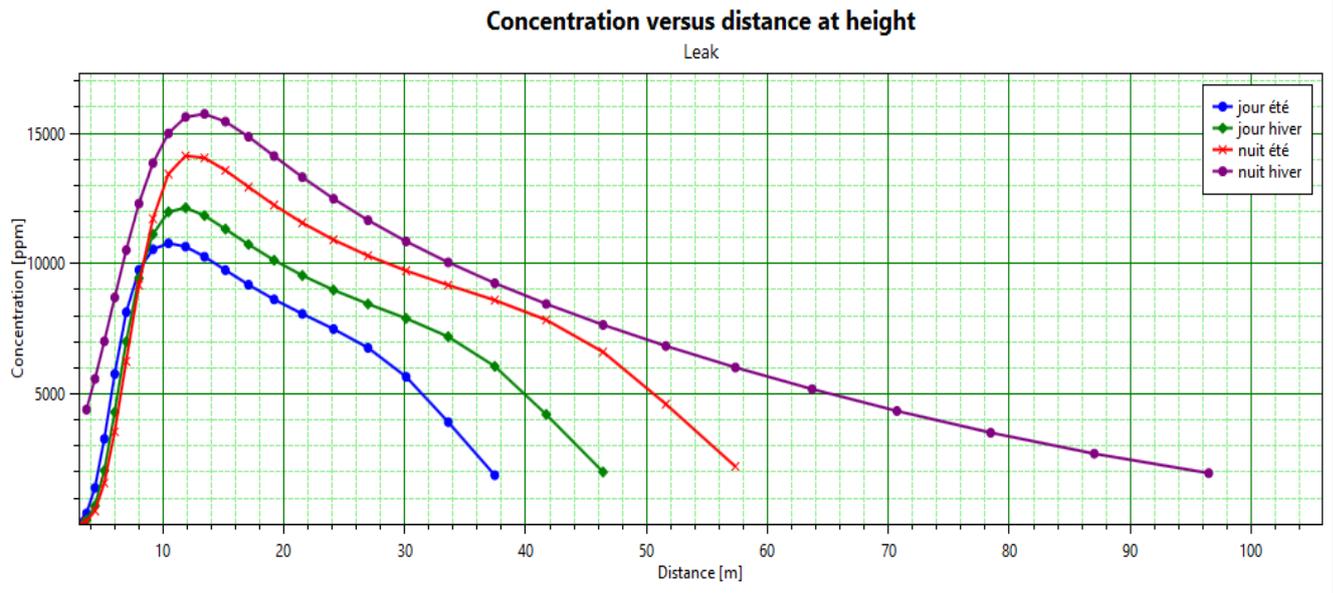


Figure III.6 : La hauteur du nuage de gaz en fonction de la concentration

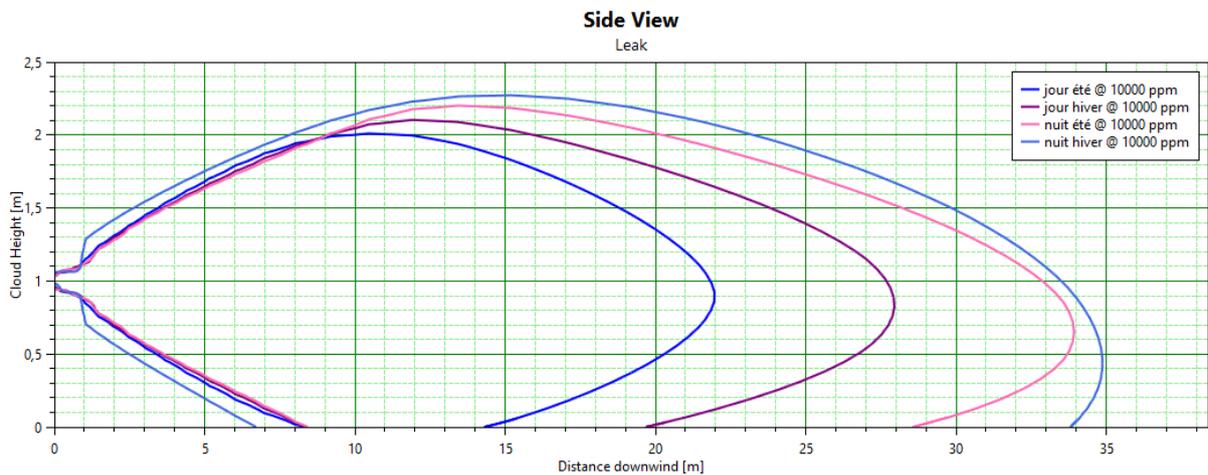


Figure III.7 : Vue en coupe du nuage de gaz

Dans les cas météorologiques le plus défavorable soit durant nuit d’hiver le nuage de gaz peut atteindre une concentration de 1600ppm et la distance de gaz peut aller jusqu’à 36m de distance et une hauteur de presque 98m pendant un temps de 18.75seconds.

1.24.3 Scénario 2 : rupture au niveau sphère de propane 31G-RD-33-01 A

La non détection d’une fuite pareille peut induire a des scénarios catastrophiques désastreux dans la zone industrielle ainsi que les sites avoisinants

Une simulation d’une rupture d’une des sphères peut nous illustrer l’impacts qui peuvent être causés



Figure III.8: Image satellitaire sur l'étendu d'une explosion suite à une rupture

Suite à cette figure on peut remarquer que l'étendue des dégâts peut dépasser la zone industrielle en causant de graves conséquences sur l'être humain les installation et l'environnement

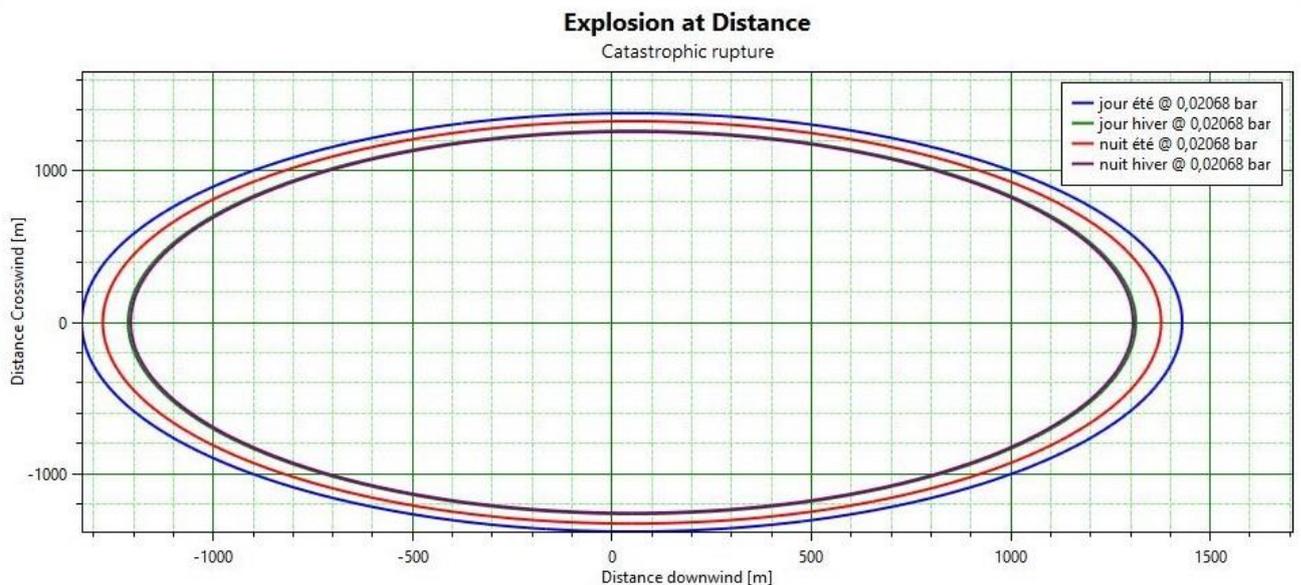


Figure III.9 : les zones touchées par les effets thermiques d'explosion

D'après ce résultat on remarque que les effets thermiques d'explosion atteignent à une distance de 1420 m à la source

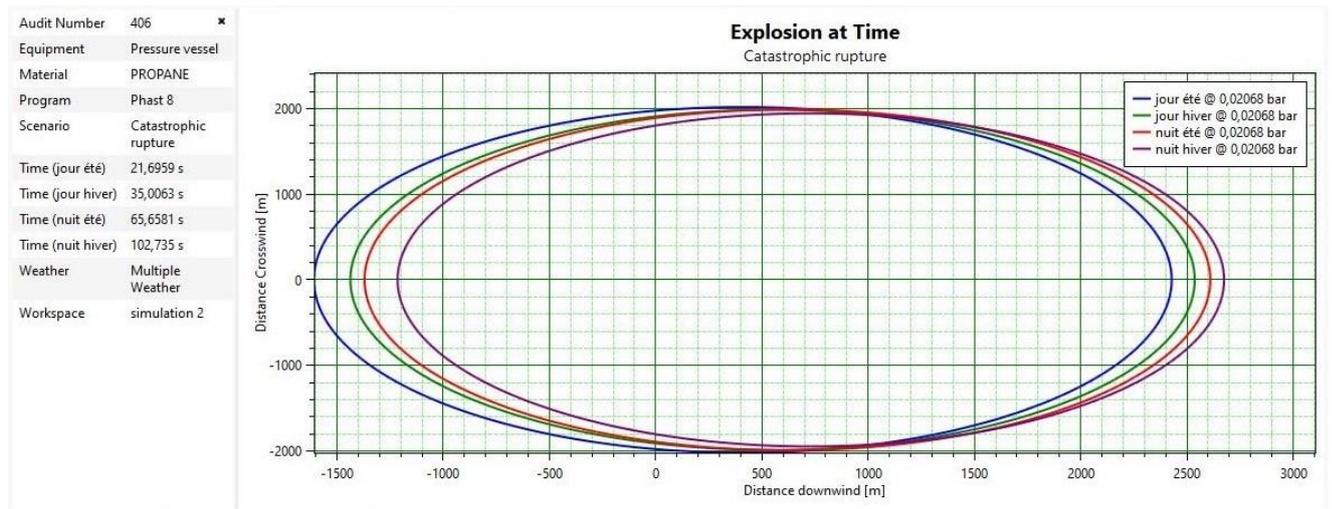


Figure III.10: Les zones touchés en fonction de temps

La figure ci-dessus montre que les distance toucher par les effets d'explosion et le temps d'exposition varies selon différentes conditions météorologiques par exemple :

Nuit été zone touchée par le nuage de gaz atteignent à une distance de 2600 m à la source pendant un temps de 65.6581seconds

Nuit hiver zone touchée par le nuage de gaz atteignent la plus longue distance de 2700 m à la source pendant un temps de 102.735seconds

1.25 Conclusion

L'étude HazOp des sphères a permis l'indentification des scénarios catastrophique probable suite a une perte de confinement. Par la suit un aperçu sur les données climatiques a était présenté afin de mieux modéliser les scénarios catastrophiques par le logiciel Phast selon plusieurs catégories climatiques.

La simulation des scénarios sur Phast démontre la dispersion du nuage de gaz avec ces limite inferieurs et supérieur d'explosivité. La visualisation des effets de dispersion sur plan satellite donne un aperçu réel des contours de dispersion.

A cette effet implémentation d'un système de détection des fuites de gaz et de présence de flame est primordiale pour assurer la sécurité non seulement au niveau de la zone de stockage de GPL mais de toutes région d'où l'objectif du chapitre suivant.

Chapitre IV :

*L'implantation et l'optimisation des
détecteur*

Chapitre IV : L'implantation et l'optimisation des détecteurs

1.26 Introduction

Le système de détection feu et gaz (FGS) est l'un des barrières de sécurité les plus rencontrés et les plus utilisés au niveau des installations classées mais aussi l'un des systèmes les plus difficiles à concevoir. Ce type de système rencontre souvent des lacune lors de la détection des dangers et ça, est dus à un nombre insuffisant de détecteurs mal situés. C'était dans une partie à cause du manque de méthodes rigoureuses pour évaluer la couverture des réseaux de détecteurs.

Dans ce chapitre, on propose la réalisation d'une implantation d'un système de détection feu et gaz dans la zone de stockage de gaz inflammable (GPL) sous-pression (sphères).

Après l'étude de dispersion de gaz par le logiciel Phast, on va utiliser un logiciel de simulation de couverture 3 dimensions Detect 3D pour l'optimisation de l'emplacement des détecteurs. Une fois les détecteurs sont mis en place.

1.27 L'implantation des détecteurs dans la zone de stockage ZCINA :

Dans la zone il y'a 30 détecteurs pour la couverture des 4 sphères, parmi ces 30 détecteurs on trouve 15 détecteurs de flamme de type multi infrarouge (IR3) et 15 détecteurs de gaz de type ponctuelle.

Voici la carte graphique qui montre l'emplacement des détecteurs dans la zone de stockage :

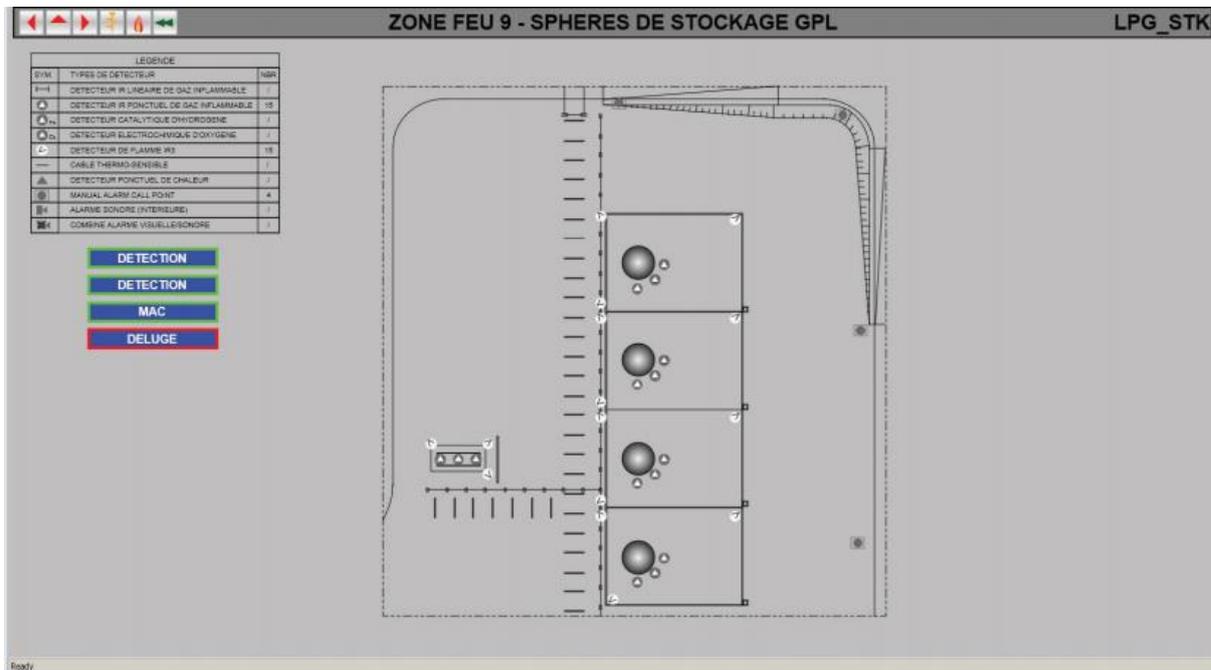


Figure IV.1 : l'emplacement des détecteurs dans la zone de stockage

Pour l'optimisation de l'emplacement des détecteurs avec 3D detect on as créer un nouveau plan pour l'adopter a notre travail. (Voir Annex 4-A)

1.28 Caractéristique des détecteurs choisis :

1.28.1 Détecteur de flamme

1.28.1.1 Détecteur de flamme multi infrarouge

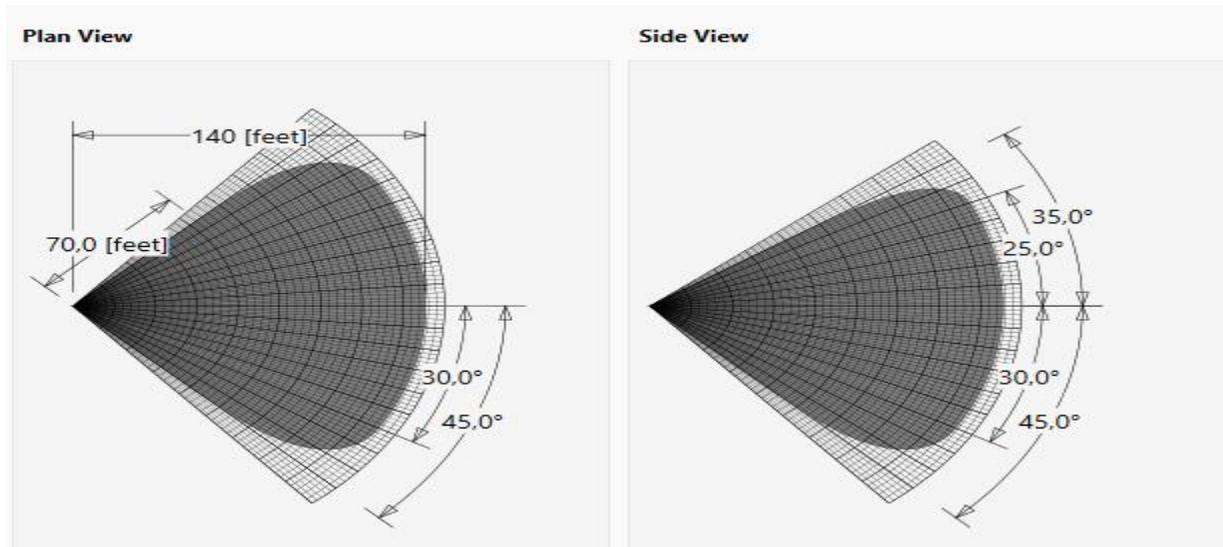


Figure IV.2 : Angle de vision du détecteur (multi IR)

- Type : Multi IR (3IR)
- Sensibilité : haute
- Distance de détection maximal pour feu : 42,672 mètres
- Efficacité de bord : 50%
- Angle supérieur : 35°
- Angle inférieur : 45°
- Angle horizontal : 45°
- Angle supérieur complet : 25°
- Angle inférieur complet : 30°
- Angle horizontal complet : 30°

1.28.1.2 Détecteur de flamme UV/IR

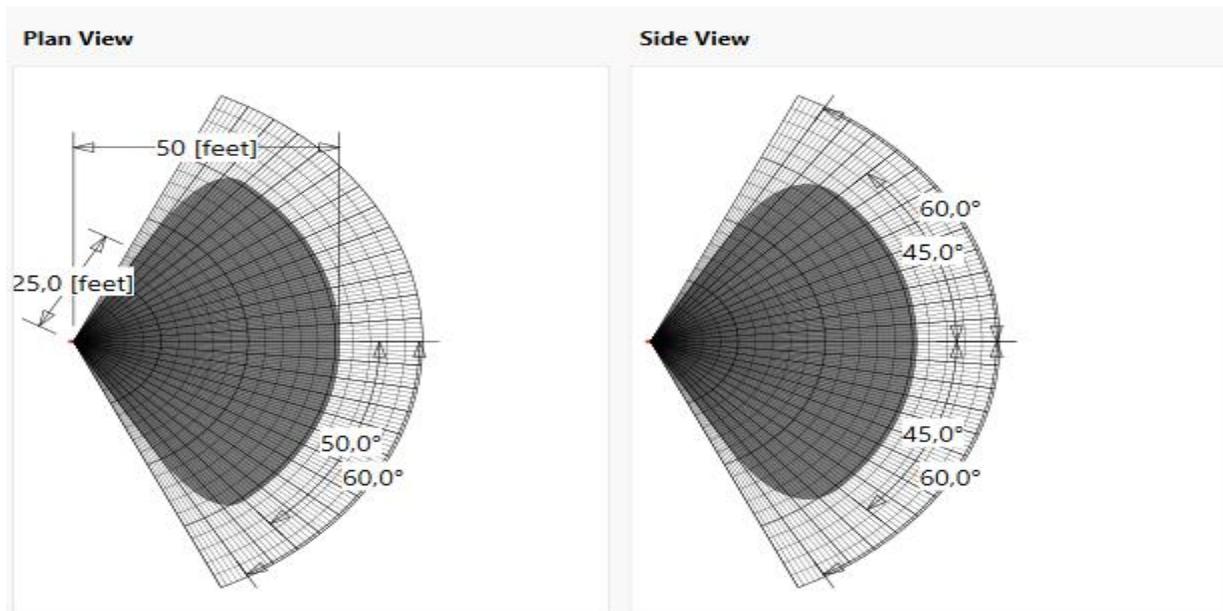


Figure IV.3 : Angle de vision du détecteur (UV/ IR)

- Type : UV-IR
- Sensibilité : haute
- Distance de détection maximal pour feu : 12,192 mètres
- Efficacité de bord : 50%
- Angle supérieur : 60°
- Angle inférieur : 60°
- Angle horizontal : 60°
- Angle supérieur complet : 45°
- Angle inférieur complet : 45°
- Angle horizontal complet : 50°

1.28.2 Détecteurs de gaz :

1.28.2.1 Détecteur de gaz ponctuel :



Figure IV.4 : Détecteur de gaz ponctuel IR

Type : IR

Rayon de détection : 2,5

1.28.2.2 Détecteur de gaz linéaire :

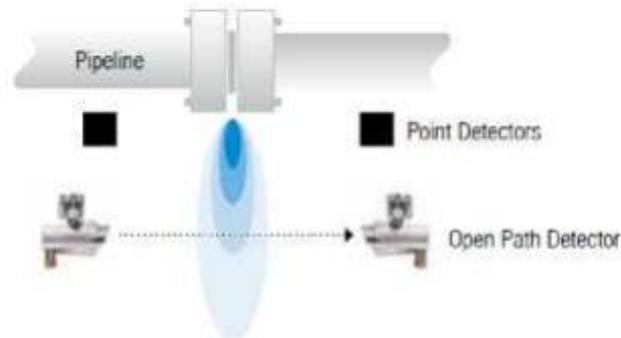


Figure IV.5 : Détecteur de gaz linéaire

Intervalle : 0 à 5 LIE.m

Longueur de chemin : 40 mètres

Paramètre d'alarme recommandé : 1 à 3 LIE.m

1.29 Implantation des détecteurs sur plan 3D :

1.29.1 Implantation des détecteurs de flamme sur le plan 3D :

1.29.1.1 Implantation des détecteurs UV/IR

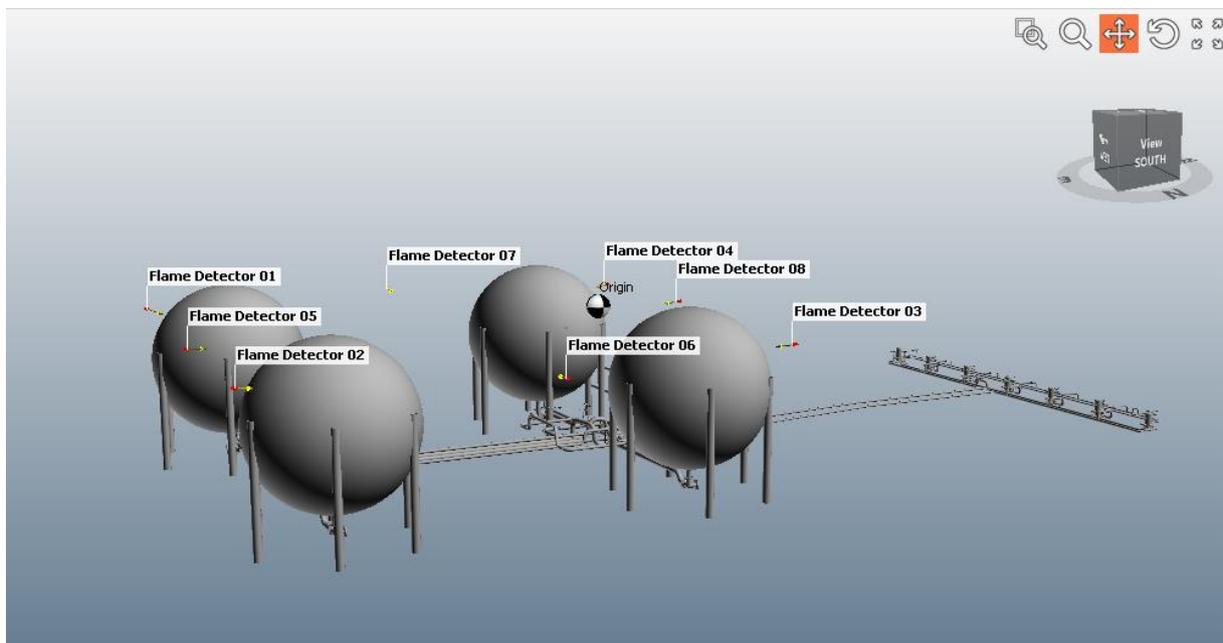


Figure IV.6 : implantation des détecteurs UV/IR sur le plan amélioré.

Les détecteurs de flamme 06 et 07 ont été placés pour couvrir les angles morts à l'intérieur de la zone des sphères.

Les détecteurs de flamme 01 ,02,03,04,05,08 ont été placés pour couvrir les 4 sphères

La flamme se développe en haut dans l'aire donc les détecteurs de flamme seront plus efficaces en haut c'est pour cela on a mis Les détecteurs de flamme a une hauteur de 3 mètres pour éviter le contact accidentel.

Le tableau suivant montre la Positionnement du détecteurs UV /IR dans le plan optimisé

Tableau IV.1 : Emplacement des détecteurs de flamme UV/IR

Coordonnées	X	Y	Z	Azimut	Déclinaison
LES DETECTEURS					
Flame detector 01	37,395	5,725	3	145	16
Flame detector 02	38,693	34,792	3	200	10
Flame detector 03	5,032	37,003	3	-40	10
Flame detector 04	3,444	8,222	3	20	10
Flame detector 05	38,34	22	3	180	4
Flame detector 06	21,919	40,39	3	270	4
Flame detector 07	19,01	2,56	3	90	4
Flame detector 08	3,1	19	3	0	4

1.29.1.1.1 Zone de couverture de détection de détection UV/IR

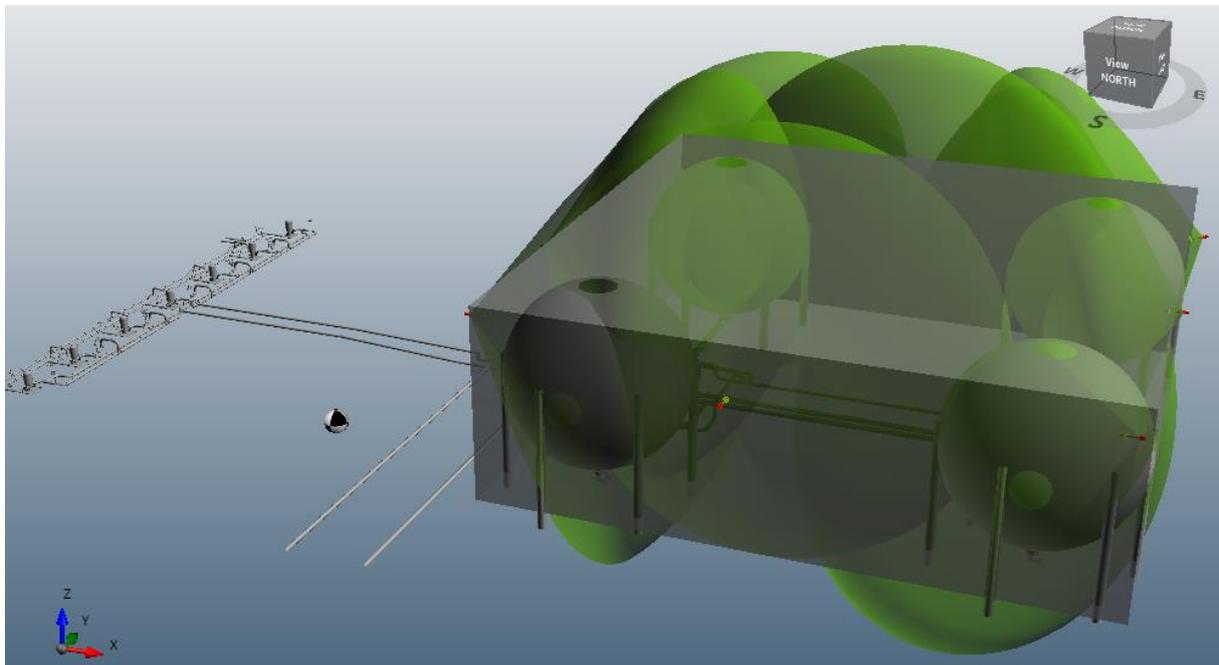


Figure IV.7 : Zone de détection par le détecteur UV/IR

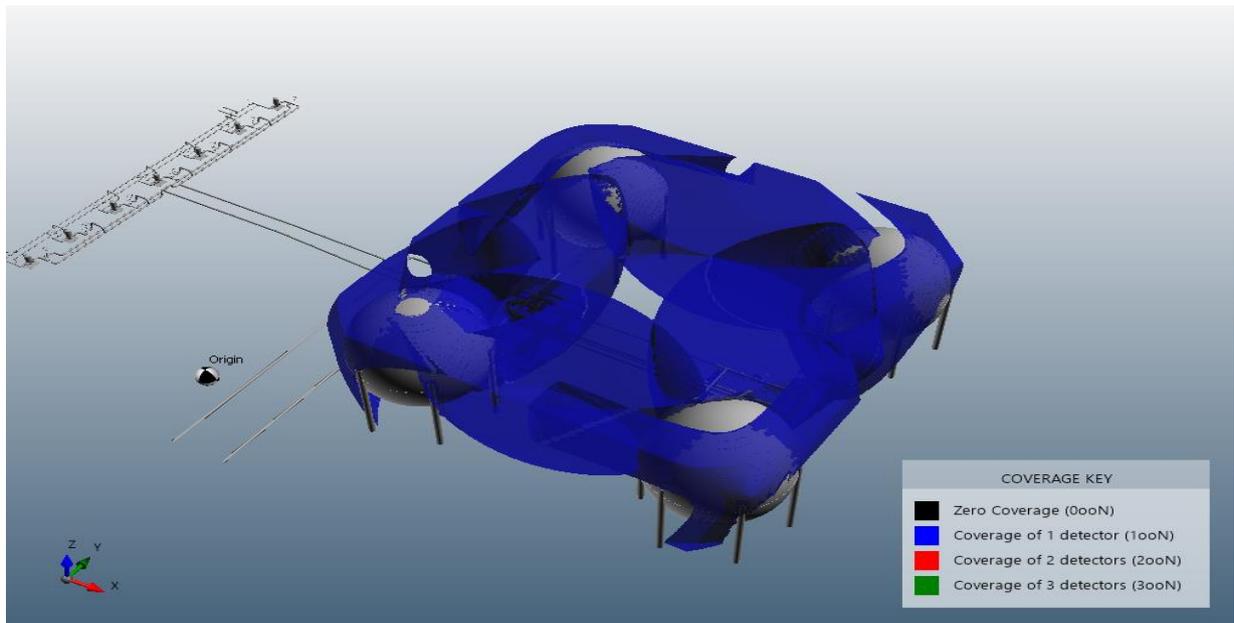


Figure IV.8 : Zone couverte par au moins un détecteur de flamme UV/IR

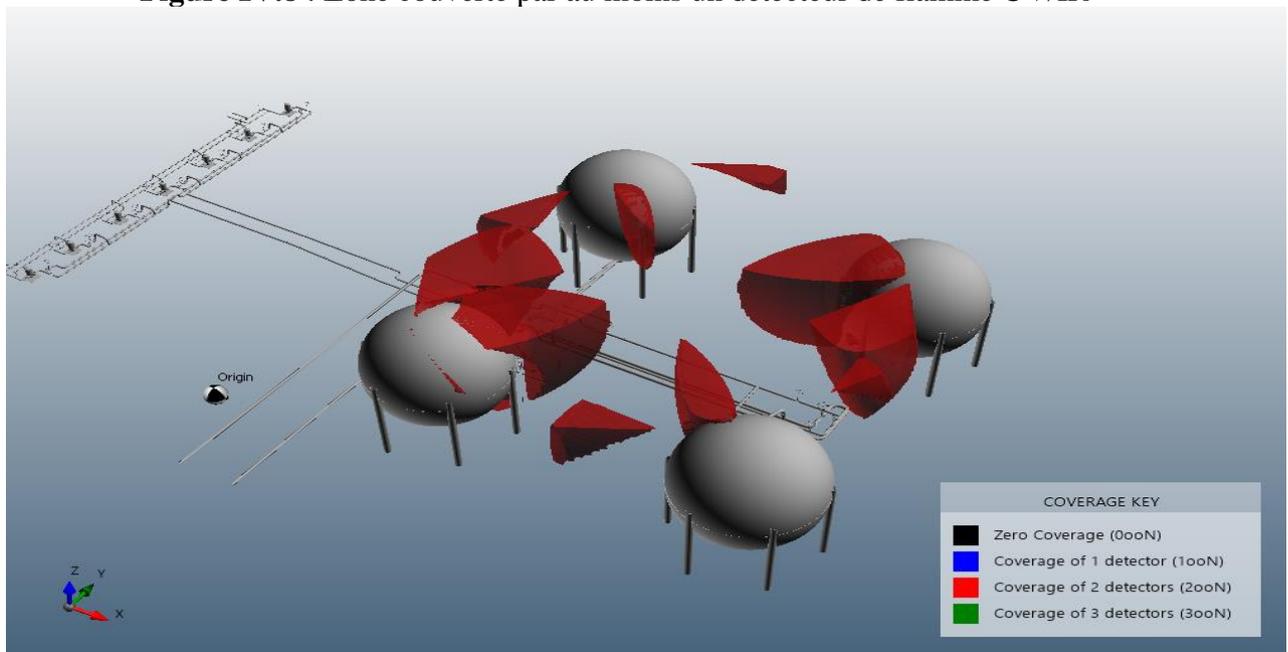


Figure IV.9 : zone couverte par deux détecteurs de flamme UV/IR

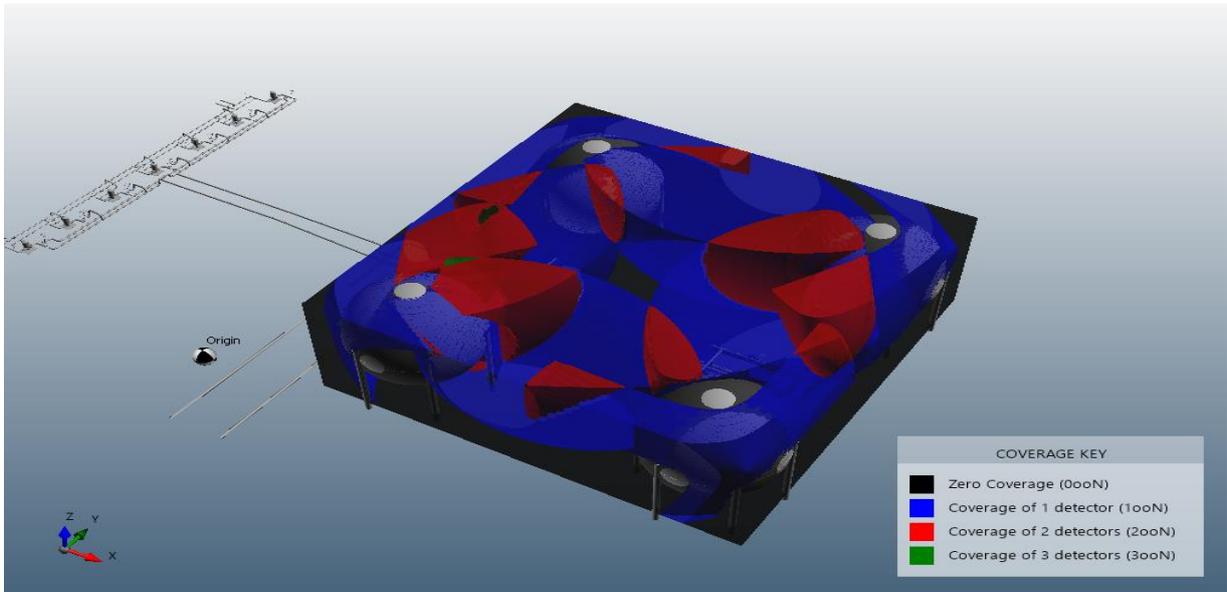


Figure IV.10 : Couverture globale par détecteur de flamme UV/IR

Tableau IV.2 : résultats de la couverture dans la zone stockage produit fini

Nombre de détecteur	Zéro (0oo4)	1 or more ($\geq 1oo4$)	2 or more ($\geq 2oo4$)	3 or more ($\geq 3oo4$)
Couverture %	28,9%	71,1%	9,6%	0%

1.29.1.2 Implantation des détecteurs IR3

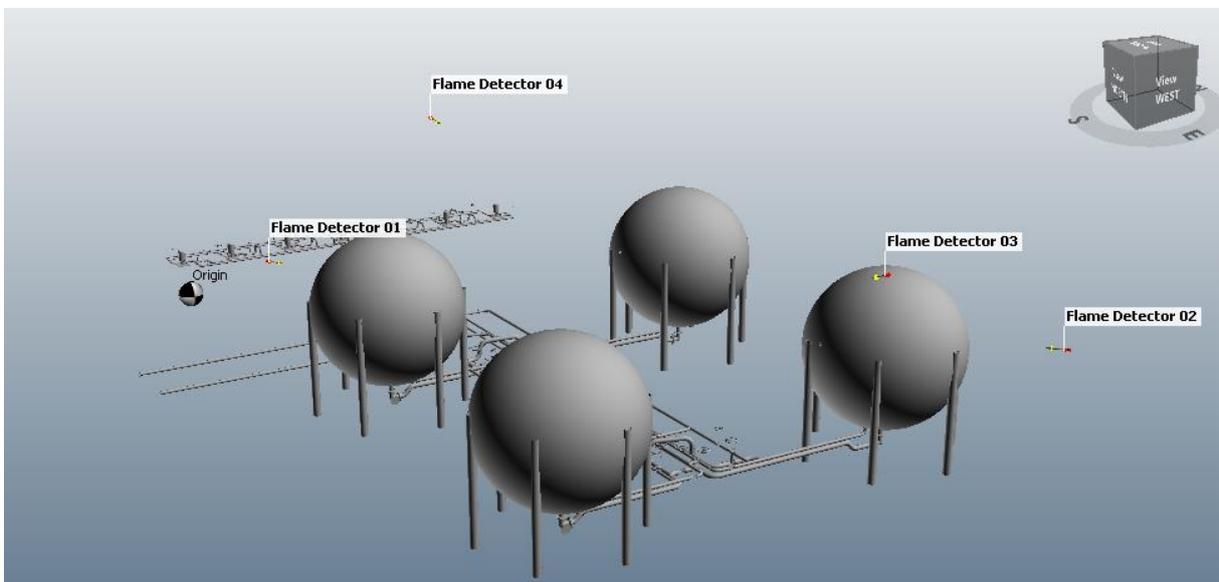


Figure IV.11 : implantation des détecteurs IR3 sur le plan amélioré.

Pour ce type de détecteur IR3 deux détecteurs mis à une hauteur de 2 mètres sont suffisants pour couvrir les sphères mais on a ajouté deux autres détecteurs de type IR3 a une hauteur de 10 mètres pour couvrir les angles morts à l'intérieur de la zone des sphères.

Le tableau suivant montre la Positionnement du détecteurs IR3 dans le plan optimisé

Tableau IV.3 : Emplacement des détecteurs de flamme IR3

Coordonnées	X	Y	Z	Azimut	Déclinaison
LES DETECTEURS					
Flame detector 01	2	5	2	37	0
Flame detector 02	43	38	2	220	0
Flame detector 03	46	21,5	10	180	22
Flame detector 04	-0,13	18,43	10	10	10

1.29.1.2.1 Zone de couverture de détection de détection IR3

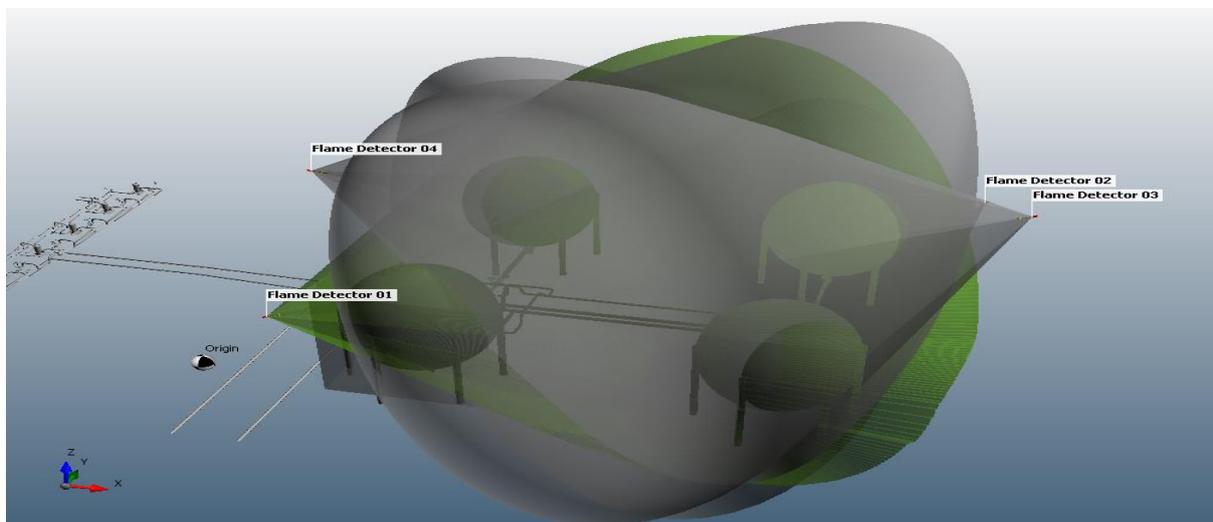


Figure IV.12 : Zone de détection par le détecteur IR3

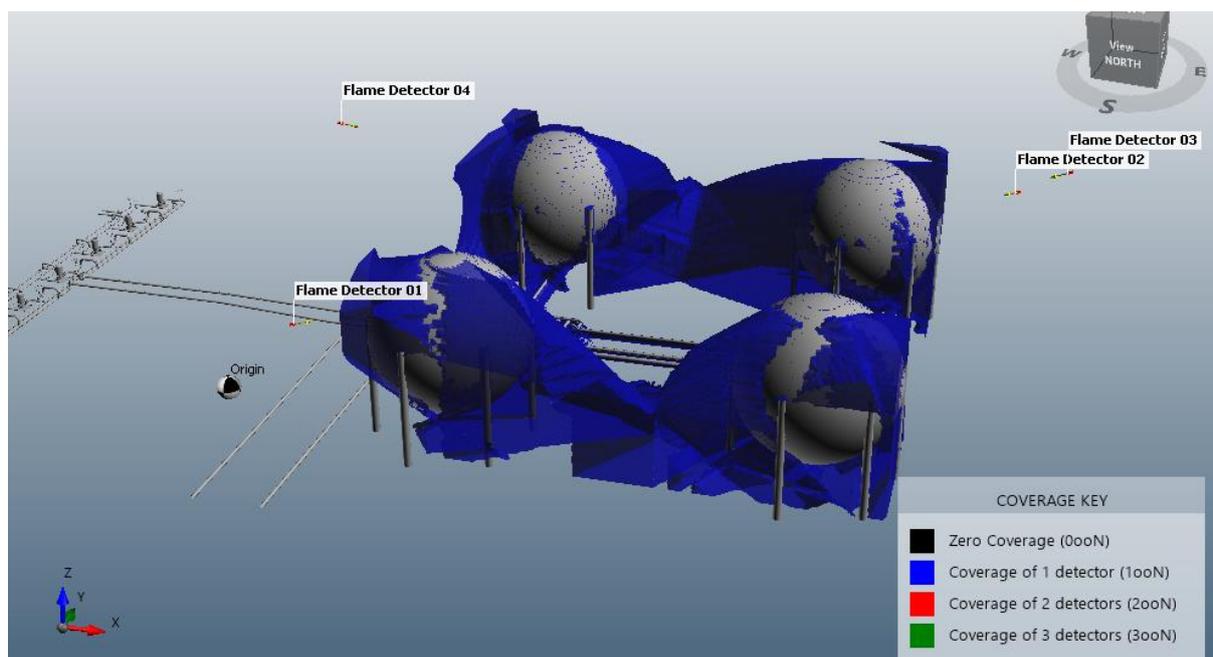


Figure IV.13 : Zone couverte par au moins un détecteur de flamme IR3

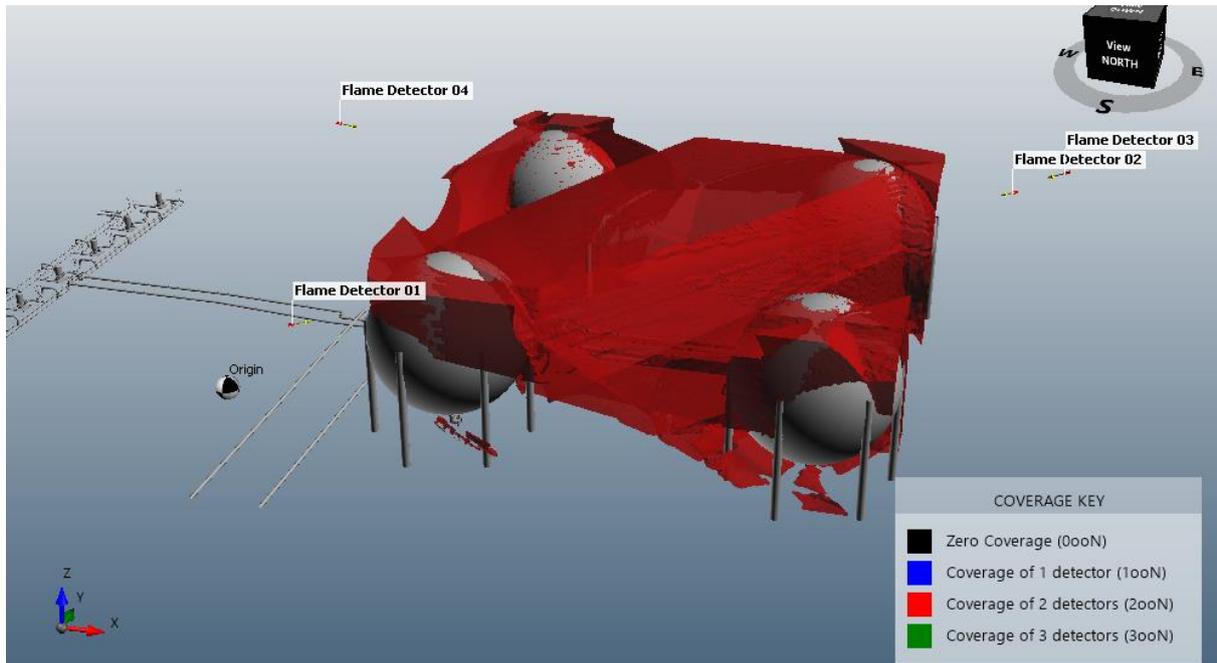


Figure IV.14 : zone couverte par deux détecteurs de flamme IR3

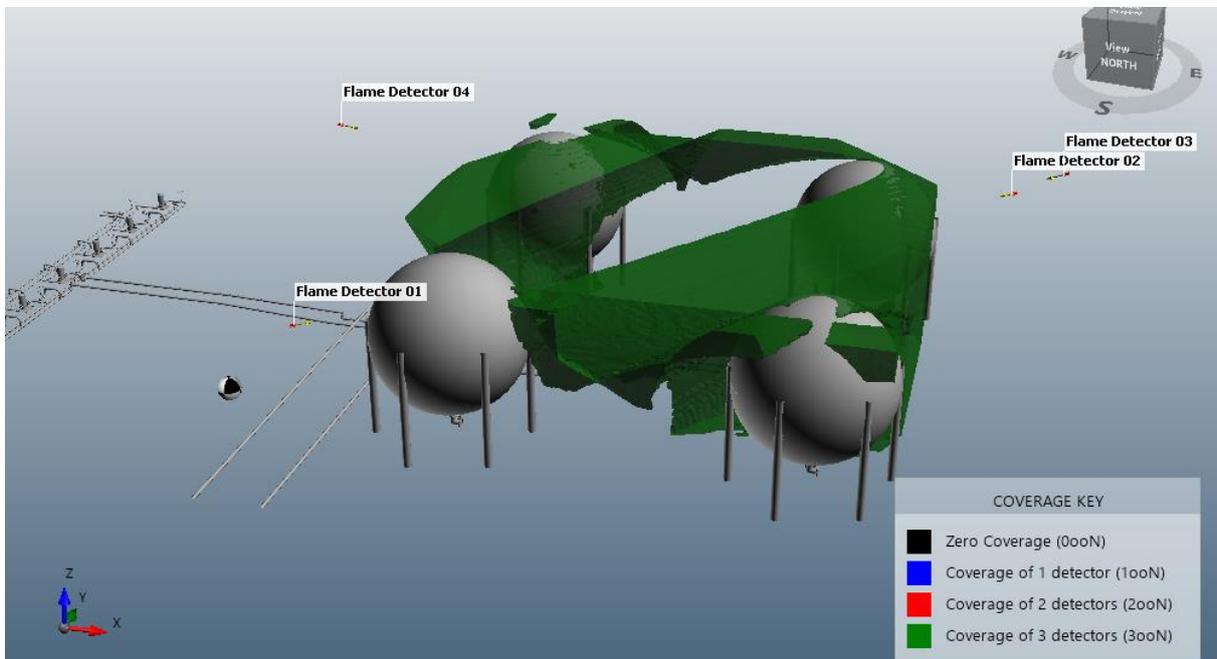


Figure IV.15: zone couverte par trois détecteurs de flamme IR3

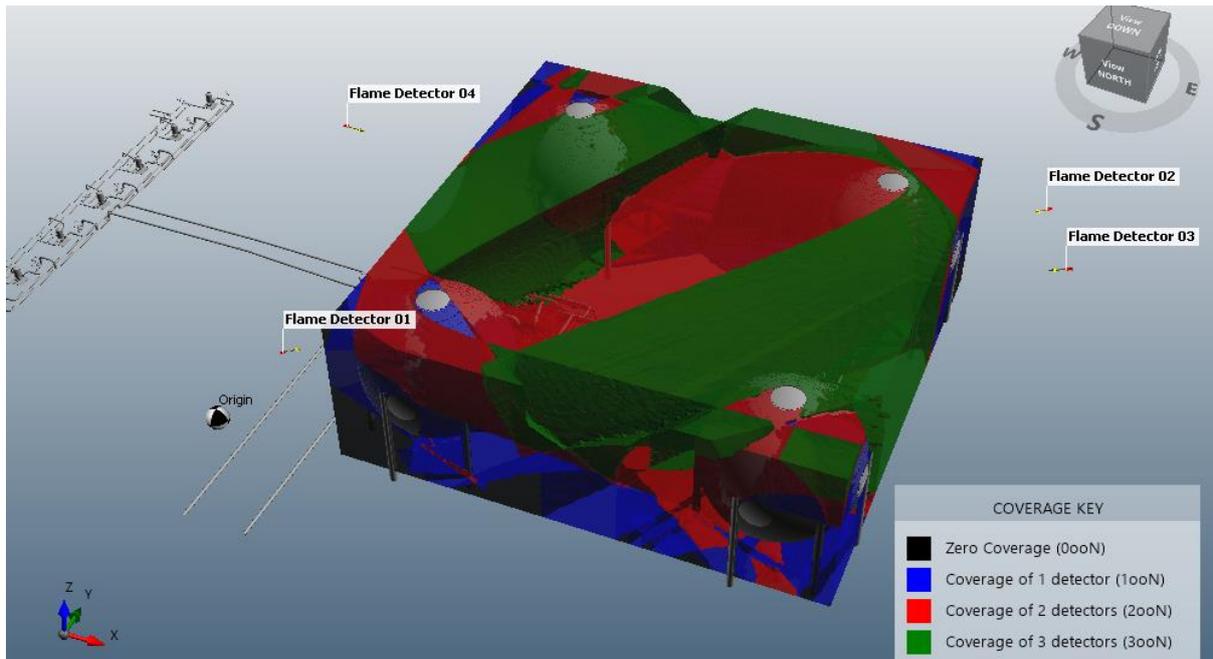


Figure IV.16 : Couverture globale par détecteur de flamme IR3

Tableau IV.4: résultats de la couverture dans la zone stockage produit fini

Nombre de détecteur	Zéro (0oo4)	1 or more ($\geq 1oo4$)	2 or more ($\geq 2oo4$)	3 or more ($\geq 3oo4$)
Couverture %	6,6%	93,4%	74,4%	24,2%

Synthèse 1 :

On a obtenu une couverture de 71,1% pour les zones couvertes par un seul détecteur de flamme UV/IR et de 93,4% de zones couverte par un seul détecteur de flamme IR3.

De 9,6% de zones couverte par deux détecteurs de flammes UV/IR et 74,4% de zone couverte par deux détecteurs de flammes IR3.

On remarque une grande couverture de la zone de stockage par les quatre détecteurs de flamme IR3.

D'après les résultats précédents et le tableau on déduit que l'utilisation des détecteurs de flamme IR3 permet de couvrir mieux la zone de stockage en cas de feu par rapport à les détecteurs de flammes UV/IR.

Ajouter deux détecteurs à l'intérieur des sphères a permis de combler les zones aveugles restantes.

La détection dans certain point mort (**0oo4**) n'est pas nécessaire car la probabilité d'avoir un incendie est réduit vu l'absence d'évènement initiateur.

1.29.2 Implantation des détecteurs de gaz sur le plan 3D :

1.29.2.1 Implantation des détecteurs linières

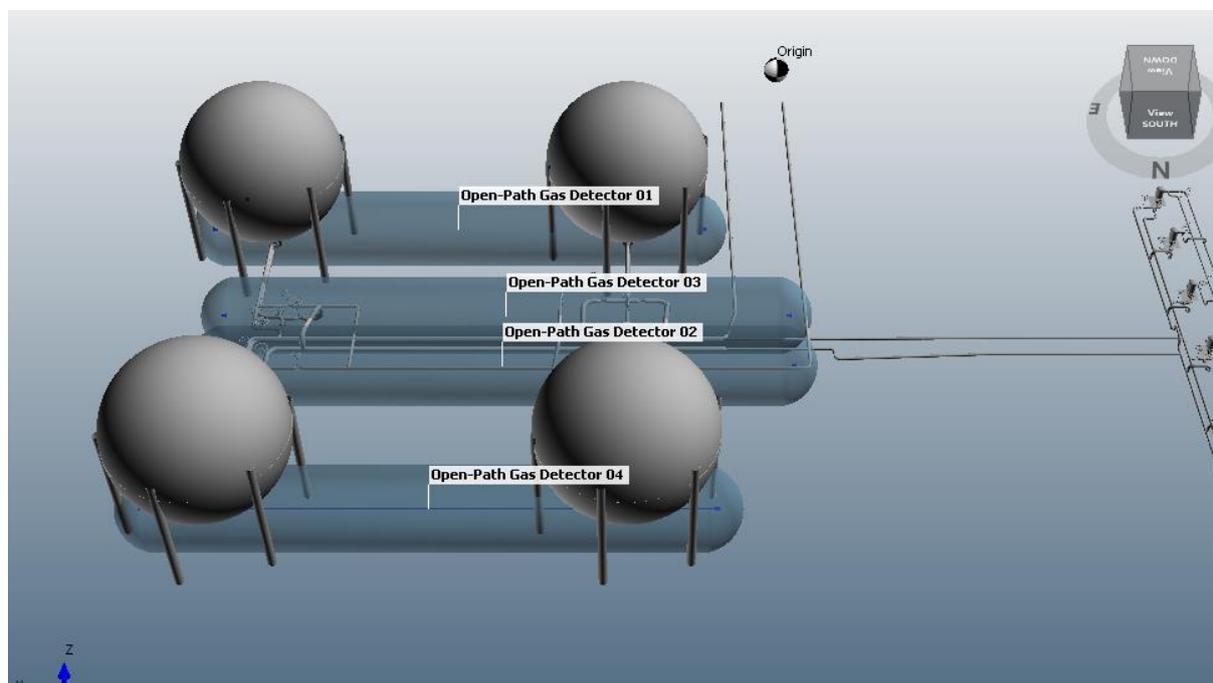


Figure IV.17 : implantation des détecteurs linières sur le plan amélioré.

Pour les détecteurs de gaz linières on a placé 4 détecteurs à une hauteur de 1 mètre du sol en raison de la densité du GPL qui est plus lourd que l'air

Ces détecteurs sont placés pour couvrir les zones qui peut avoir des fuites tel que les vannes, les raccords et les canalisations ... etc.

Le tableau suivant montre la Positionnement du détecteur de gaz linières dans le plan optimisé

Tableau IV.5 : Emplacement des détecteurs de gaz linières

Coordonnées	POINT 01			POINT 02		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Open-path gaz detector 01	5	9,5	-6	37	9,5	-6
Open-path gaz detector 02	35	22,2	-6	0	22,2	-6
Open-path gaz detector 03	35	18,8	-6	0	18,8	-6
Open-path gaz detector 04	37	33,5	-6	5	33,5	-6

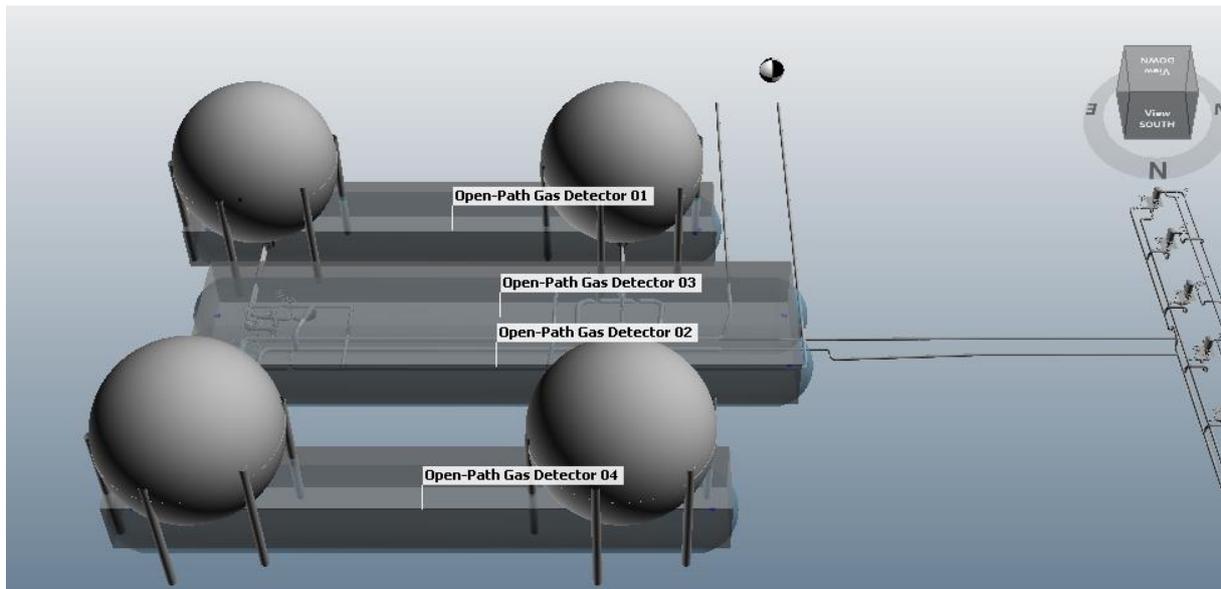


Figure IV.18 : Zone de détection par le détecteur linières

Tableau IV.6 : résultats de la couverture dans la zone stockage produit fini

Nombre de détecteur	Zéro (0oo4)	1 or more ($\geq 1oo4$)	2 or more ($\geq 2oo4$)	3 or more ($\geq 3oo4$)
Couverture % Dans zone 01	19,6%	80,4%	0%	0%
Couverture % Dans zone 02	18,1%	81,9%	1,4%	0%
Couverture % Dans zone 03	20%	80%	0%	0%

1.29.2.2 Implantation des détecteurs potentielles

Pour couvrir la même zone couvrit par les détecteurs de gaz linière il nous a fallait 38 détecteurs de gaz ponctuel

La figure suivante montre la Positionnement du détecteur de gaz ponctuelles dans le plan optimisé

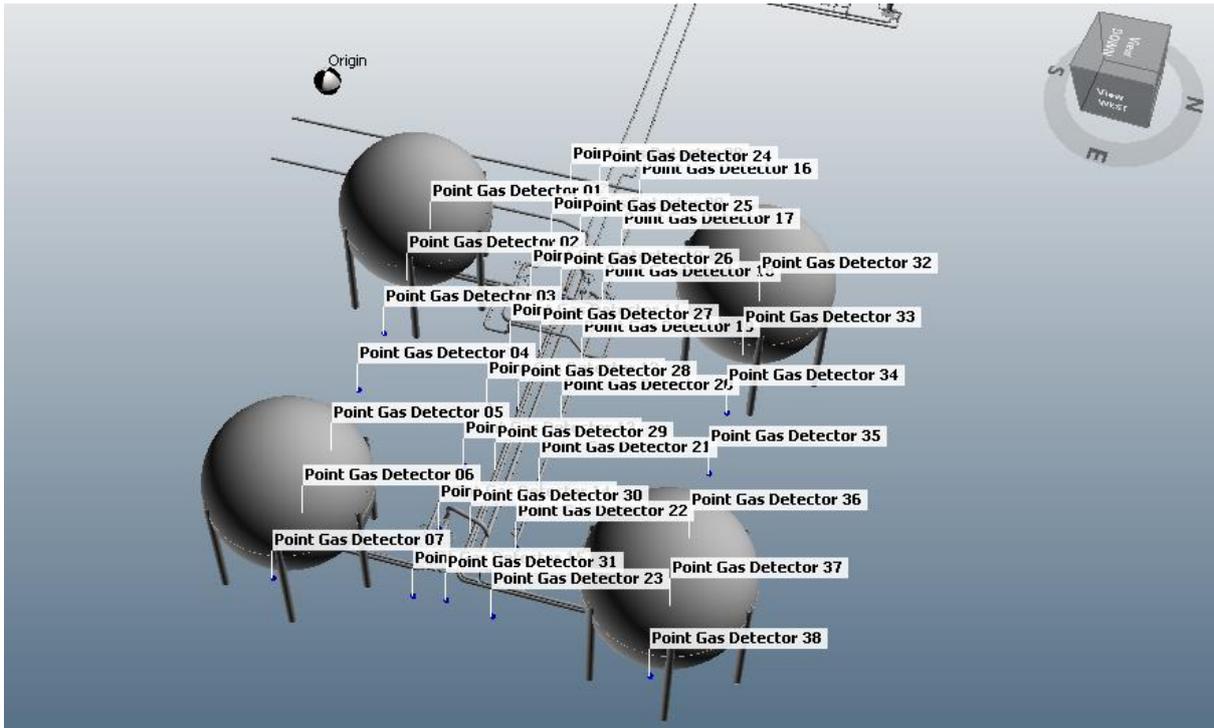


Figure IV.19 : implantation des détecteurs potentielles sur le plan amélioré.

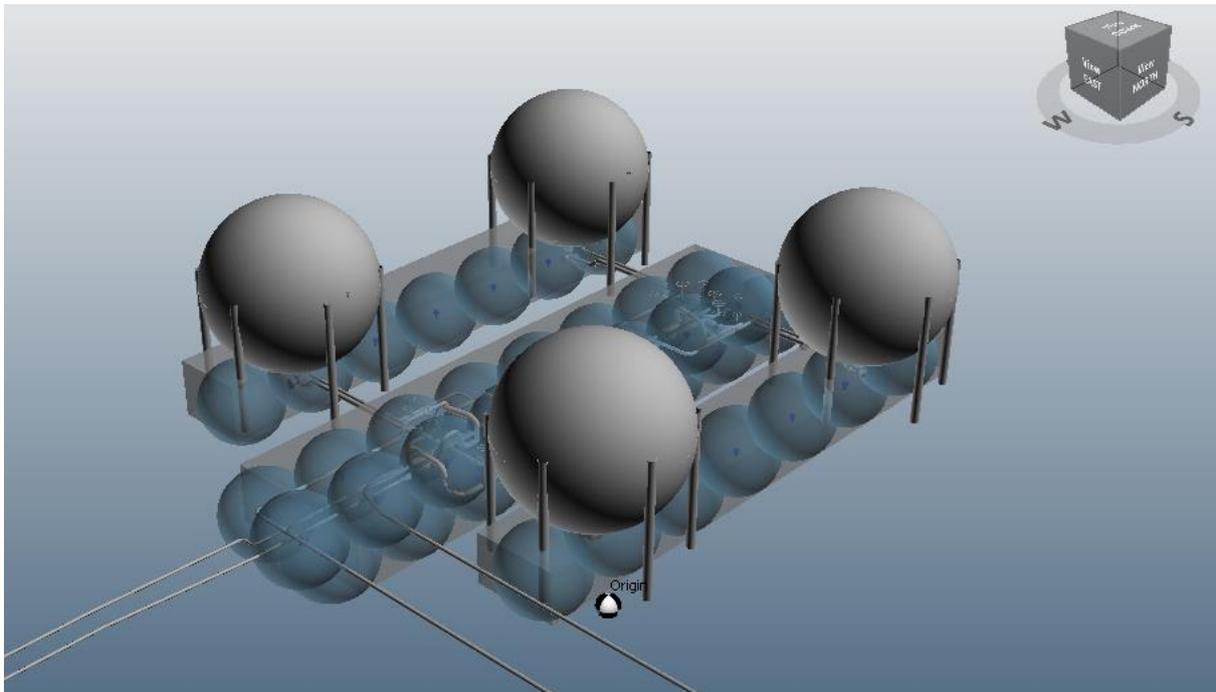


Figure IV.20 : Zone de détection par le détecteur ponctuelles

Tableau IV.7 : résultats de la couverture dans la zone stockage produit fini

Nombre de détecteur	Zéro (0oo4)	1 or more ($\geq 1oo4$)	2 or more ($\geq 2oo4$)	3 or more ($\geq 3oo4$)
Couverture % Dans zone 01	59,9%	40,1%	0%	0%

Couverture % Dans zone 02	42,6%	57,4%	17,4%	0%
Couverture % Dans zone 03	59,9%	40,1%	0%	0%

Synthèse 2 :

Dans la zone 1 on a obtenu une couverture de 80,4% par un seul détecteur de gaz linière et de 40,1% par un seul détecteur de gaz ponctuelle.

De 81,9% de zones 2 couverte par un seul détecteurs de gaz linière et 57,4%% de zone couverte par deux détecteurs de gaz ponctuelle.

La zone 1 non couverte par le détecteur de gaz ponctuelle est de 59,9% et la zone 1 non couverte par les détecteurs de gaz linéaire est de 19,6%.

On remarque une grande couverture de la zone de stockage par les quatre détecteurs de gaz linière.

D'après les résultats précédents et les tableaux de couverture on déduit que l'utilisation des détecteurs de gaz linière permet de couvrir mieux la zone de stockage en cas de fuite de gaz par rapport à les détecteurs de gaz ponctuelle.

1.29.3 Conclusion :

Pour la détection de l'incendie on a utilisé les détecteurs de flamme UV/IR et IR3 et on a comparés entre eux et nous avons conclu que les détecteur IR3 donne une meilleure couverture que les détecteur UV/IR.

On a fait la comparaison entre les détecteurs de gaz linéaires et les détecteurs de gaz ponctuel et on a constaté que les détecteurs de gaz linéaires donnent une protection idéale de la zone de stockage par rapport à les détecteurs de gaz ponctuel ;

Le type de détecteur joue un rôle important dans l'optimisation et la couverture de la zone de stockage.

Les améliorations nécessaires ont été apportées afin d'optimiser le nombre de détecteurs et limiter les angles morts. Le logiciel Detect3D a permis l'établissement d'un rapport de couverture comme résultat d'optimisation

Conclusion Générale

Conclusion générale

Comme étant le stockage de gaz pétrolier sous pression représente de graves conséquences sur l'être humain, les installation et l'environnement ce travail a été effectué suite aux constatations de quelques écarts relatifs au suivi de l'étude Hazop au niveau de la zone de stockage ZCINA. Dans l'objectif d'améliorer le niveau de sécurité intégrée, on a étudié la mise en place d'un système de détection feu et gaz.

Rappelons que l'objectif de ce travail est de mettre en place une implantation de détecteurs de feu et gaz optimiser et d'évaluer sa couverture en 3 dimensions. Tout ça dans le but de réduire les couts avec une couverture optimal de la zone de stockage.

On premier lieu l'étude par hazop nous a permet d'avoir un aperçu général sur les différents scénarios qui sont les plus probable au niveau de la zone de stockage.

Par la suite l'étude Hazop a était complété par une modélisation Phast pour voir l'étendue des scénarios catastrophiques dans toutes les conditions météorologiques possible et en particulier pour mieux identifie la dispersion du gaz pour une optimisation du système feu et gaz

L'approche d'étude par dispersion de gaz a permis de déterminer les emplacements idéaux pour les détecteurs de gaz pour avoir une détection avec un meilleur temps de réponse et un minimum d'alarme intempestive. L'étude de dispersion a été établie selon les paramètres de fonctionnement et les conditions climatiques réelles dans le but d'avoir un modèle de dispersion fiable.

Pour pouvoir étudier la couverture de la détection sur Detect3D, nous avons exploité un plan 3D de la zone de stockage avec 3D plant. L'utilisation des trois dimensions a permis de repérer les angles morts et les couvrir avec un nombre optimal de détecteurs.

L'étude de la couverture du système FGS a démontré l'importance d'une bonne approche de mise en place. L'exploitation des outils de simulation comme Phast et Detect3D ont permis l'optimisation du système FGS en choisissant le meilleur emplacement des détecteurs avec un nombre optimal afin de réduire le cout avec une efficacité optimale.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

- [1] étude ATEX (janv. 2012). Agence paris centre Normandie
- [2] matériel pour atmosphères explosive. (2016) France. Les zones atmosphères explosive (en ligne) www.osco.com
- [3] **groupe de travail** CELHAY GIRAUDO RICHARD SAUNAL Facteurs de risque et prévention » (2014/2015)
- [4] g. karbaol (2018). INRS santé et sécurité au travail : explosion sur le lieu de travail.
- [5] Ineris. Proposition d'une méthode semi-quantitative d'évaluation des probabilités d'inflammation. (22/06/2015)
- [6] Technique proposé par le GT Méthodologie
- [7] GTDLI - UVCE dans un dépôt de liquides inflammables – Mai 2007 - version 01bis
- [8] SG Evaluation des effets de surpression liés aux phénomènes d'explosion Méthodologie. (Janvier 2017)
- [9] GROUPE DE TRAVAIL SECTORIEL « GPL » Explosion de gaz à l'air libre
(UVCE) Indice 5 - décembre 2006
- [10] Gildas A., Arnaud R., Eric G. (2008) plan de prévention des risques technologique
- [11] risque-industriel. Dernière mise à jour 11 avril 2012 (en ligne) www.mementodumaire.net
- [12] M. Morrellon (juin 2011) Manuel opératoire : extraction des liquides des gaz associés hassi massaoud et séparation d'huile LDHP ZCINA.
- [13] V. Schmidt. (février 2011). Procédure : LPG : Critères généraux pour la détection Feu et Gaz : SONATRACH EXTRACTION DES LIQUIDES DES GAZ ASSOCIES HASSI MESSAOUD ET SEPARATION D'HUILE LDHP ZCINA.
- [14] Sof Coneil. (dec 2010) EDD : Complément d'informations sur les études de risques Projet GPL ZCINA.
- [15] A. MELLOUKI. (2018), « Optimisation des paramètres de fonctionnement du turbo-expander de l'unité GPL2 (CIS-DP-HMD) ». Mémoire de master : Génie mécanique. Annaba : UNIVERSITE-BADJI-MOKHTAR-ANNABA.
- [16] F-ztlatikite : « Sumposium Binnal » 1997.volume I Session 2 : (la chaîne des GPL : de la production des GPL à leur utilisation).

[17] A. MERABTI et B. BENOUDINA. (24/06/2018), « étude d'un système de détection feu et gaz des nouveaux ». Mémoire de master : Instrumentation. Ouargla : UNIVERSITE KASDI MERBAH.

[18] A. KHELLIL et L. LAHCEN. (2018), « Conception d'un système de détection et extinction feu et gaz ». Mémoire de master : Sécurité industrielle. Boumerdes : INSTITUT ALGERIEN DU PETROLE.

Annex

Tableau : Application de la méthode HAZOP au niveau de Sphère de stockage GPL 31G-RD-33-01A

Date :			Activité : stockage de GPL						
Equipements : Sphère de stockage GPL 31G-RD-33-01A			Conditions opératoires : 21 barg et 37°C						
			Volume : 500.4 m3						
Paramètre	Mot clé	Déviation	Causes	Conséquence	Sécurité existant	Cotation			Recommandation à discuté
						G	P	R	
Pression	Plus de	Haute pression	Pression/débit élève en provenance du nœud précédent -augmentation de température d'environnement sans refroidissement de la sphère -sur-remplissage (Défaillance de la fermeture 33 PV 01004 (Aval 33 MOV 00001) ou en cas de température ambiante haute) - Défaillance des soupapes de sécurité (33 PSV 00002) -présence d'une source de chaleur externe (incendie) Haute température du fluide dans la conduite ou dans le réservoir	- Augmentation de niveau du fluide a l'intérieur de la sphère -la pression dans la sphère dépasse la valeur maximale (Surpression) -Rupture de la paroi de la sphère et Pert de confinement. Explosion -Jet Fier -BLEVE Rupture ou éclatement des conduites de la sphère -si la soupape s'ouvert le GPL s'échappe vers atmosphère et si elle ne s'ouvre pas surpression dans la sphère -surpression excessive dans la sphère - dans le cas d'une ignition immédiate la réalisation d'un jet flamme. - dans des cas défavorables la survenu d'un phénomène de BLEVE (chaud). - si la soupape s'ouvert le propane s'échappe vers atmosphère	- Ecran anti rayonnement - Détection gaz - Cuvette de rétention déportée - Détection feu sur les cuvettes - Couronne de refroidissement sur les sphères - Peinture intumescente sur les sphères Capteur de pression ESDV PSV	4	3	12	- S'assurer de la comptabilité de la peinture intumescente avec le système déluge Maintenance régulière des capteurs de pression Et des vannes Etalonnage et Equilibrage des soupapes de sécurité
		Basse pression	Pression/débit faible en provenance du nœud précédent - fuite importante dans la tuyauterie/la paroi de la sphère Diminution de la température	- chute brusque de pression (Dépression) , démunissions de production - Réduction du débit d'export ; la hauteur manométrique de la pompe est insuffisante pour l'export de GPL - Risque de montée en niveau dans les sphères ; voir niveau haut - dans les cas défavorables survenu de BLEVE. - dans les cas d'une ignition retardé survenu	- Alarme de pression basse 3n3 PIC 00019 Capteur de pression	2	3	6	- Ajouter une indication de pression indépendante avec alarmes haute et basse

				de : UVCE, feu de flash (Jet Fier)					
Température	Plus de	Haute température	Propane plus chaud en provenance des unités précédentes Augmentation de la pression dans le réservoir -augmentation de température d'environnement sans refroidissement de la sphère. -présence d'une source de chaleur externe (incendie). -défaillance de système de refroidissement.	- Température de stockage élevée, - surpression excessive dans la sphère. -la création d'un point chaud sur la paroi de la sphère et survenu d'un BLEVE. Augmentation de la pression et Évaporation élevée du fluide survenu de : UVCE, feu de flash (Jet Fier) Rupture de la sphère avec grande quantité de rejet dangereux	- Alarme de température haute 33 TI 00004 - Ecran anti rayonnement - Détection feu sur les cuvettes - Couronne de refroidissement sur les sphères	4	4	16	Inspection du système déluge pour le refroidissement et la réduction des flux thermique Maintenance régulière des capteurs de température
	Moins de	Température Moins	Propane plus froid en provenance des unités précédentes - Température ambiante basse	- Baisse de pression dans la sphère, voir pression moins		1	3	3	
Niveau	Plus de	Haut niveau de GPL dans la sphère.	Débit élevé en provenance de l'unité précédente -sur remplissage - défaillance de capteur de niveau - Défaillance des soupapes de sécurité (33 PSV 00002) Défaillance de la pompe d'exportation	Risque de surpression et la rupture de la paroi. - Plus de propane dans le réservoir	- Alarme de niveau haut 33 LI 00001 - Sécurités de niveau très haut 33 LI 00002/00003/00004 qui isolent la sphère	3	3	9	Maintenance régulière des capteurs de niveau
	Moins de	Niveau moins de GPL dans la sphère	Défaillance des capteurs de niveau indiquant un haut niveau dans la sphère d'où la fermeture des vannes Fuite au niveau de la conduite ou le réservoir	-Vidange totale de la sphère et risque de cavitation et d'endommagement des pompes d'export Diminution de la production et du rendement de l'installation Dispersion du fluide puis une dépression Feu de nappe Dommage environnemental	- Sécurités de niveau très bas 33 LI 00002/00003/ 00004 qui arrêtent la pompe et ferment la 33 SDV 00001	2	4	8	
Débit	Plus de	Débit Plus	Plus d'écoulement et de production provenant du nœud précédent- Défaillance (ouverture) de la 33 FV 00001	- Risque d'augmentation plus rapide du niveau dans la sphère - Augmentation de la pression dans le réservoir		2	2	4	

				- Augmentation de la vitesse de transfert provoque des vibrations sur les pompes - Augmentation de la pression dans la conduite de refoulement des pompes de transfert					
	Moins de	Débit Moins	Faible/pas de débit en provenance du nœud précédent - Fermeture intempestive de la 33 SDV 00001 ou de la 33 MOV 00002 2. - Arrêt des pompes d'export 3. Défaillance (fermeture) de la 33 LV 00001	- Perte de l'export de GPL (production) Diminution de niveau dans le réservoir Evaporation puis une surpression Augmentation de la pression dans le réservoir Cavitations ou dommages potentiels des pompes.		3	2	6	
	Inverse	Débit Inverse	Pas de cause identifiée			1	1	1	
Fuite	Petite	Petite fuite Autre	- Fuite de bride - Vanne fuyarde - Fuite de garniture de pompe	Emission de gaz inflammable à l'atmosphère Explosion bleve jet fire	- Détection feu et gaz au niveau des sphères et au niveau des pompes - Garniture double sur les pompes	4	5	20	

Probabilité Gravité	1-Extrêmement rare	2- Rare	3- Peu fréquent	4- Occasionnel	5- Fréquent
5- Désastreux					
4- Catastrophique			Risque Haute pression	Risque Haute température	Risque de fuite
3- Majeur		Risque de Débit Moins	Risque d'augmentation de niveau		
2- Modéré		Risque de Débit Plus	Risque Basse pression	Risque de Niveau moins	
1-Mineur	Risque de Débit Inverse		Risque de Température Moins		

	Risque intermédiaire
	Risque intolérable
	Risque acceptable

Tableau 2 : Matrice de risque pour le Sphère de stockage GPL 31G-RD-33-01A

1.29.4 Présentation du logiciel DNV PHAST

PHAST (Safeti Process Hazard Analysis Software) est un logiciel qui a été développé et mis à jour par DNV pour évaluer les conséquences des fuites de gaz, des incendies, des explosions, de la toxicité et des autres dangers technologiques reliés à diverses industries.

1.29.5 Description de l'outil PHAST

Le logiciel PHAST (Process Hazard Analysis Software Tool), est un outil d'analyse des risques d'une installation industrielle. PHAST simule l'évolution d'un rejet accidentel d'un produit toxique et/ou inflammable, depuis la fuite initiale jusqu'à la dispersion atmosphérique en champ lointain, incluant la modélisation de l'épandage et de l'évaporation de flaque.

1.29.6 Modélisation par le logiciel PHAST

La modélisation des effets d'un phénomène accidentel comprend trois composantes, à savoir les modélisations du « terme source », de la « propagation » de cette source dans l'environnement et l'effet sur les « cibles ».

La dispersion atmosphérique d'un produit rejeté accidentellement dépend essentiellement :

- Des caractéristiques de la source d'émission (énergie cinétique, direction du rejet, densité du produit rejeté, durée de la fuite, conditions de la fuite...).
- Des conditions météorologiques comme la vitesse du vent, la stabilité de l'atmosphère, l'hygrométrie, la température ambiante.
- Des conditions de relief et de la présence d'obstacles.

Le logiciel, commercialisé par DNV Software, est largement utilisé dans l'industrie pour l'estimation des conséquences d'accidents. Il permet de modéliser les phénomènes suivants : Feu chalumeau (jet fire), Feu de flaque (nappe), Feu nuage (feu flash), Boule de feu (BLEVE), des Explosions

1.29.7 Avantage de logiciel PHAST

- Déterminer le niveau de risque
- Modélisation des conséquences des incidents
- Améliore la compréhension des dangers potentiels par les ingénieurs.
- Il fournit des résultats fiables avec très bonne précision ;

- Les mises à jour régulières du logiciel incorporent les expériences et l'expertise les plus récentes dans l'industrie

- Il permet d'obtenir une réponse rapide en cas d'incidents à risques

1.29.8 Les industries utilisant actuellement PHAST

- Pétrole et gaz.
- Universités.
- Fabricants de produits chimiques.
- Gouvernements et autorités chargées de la réglementation.
- Services de conseil et de conception.
- Compagnies

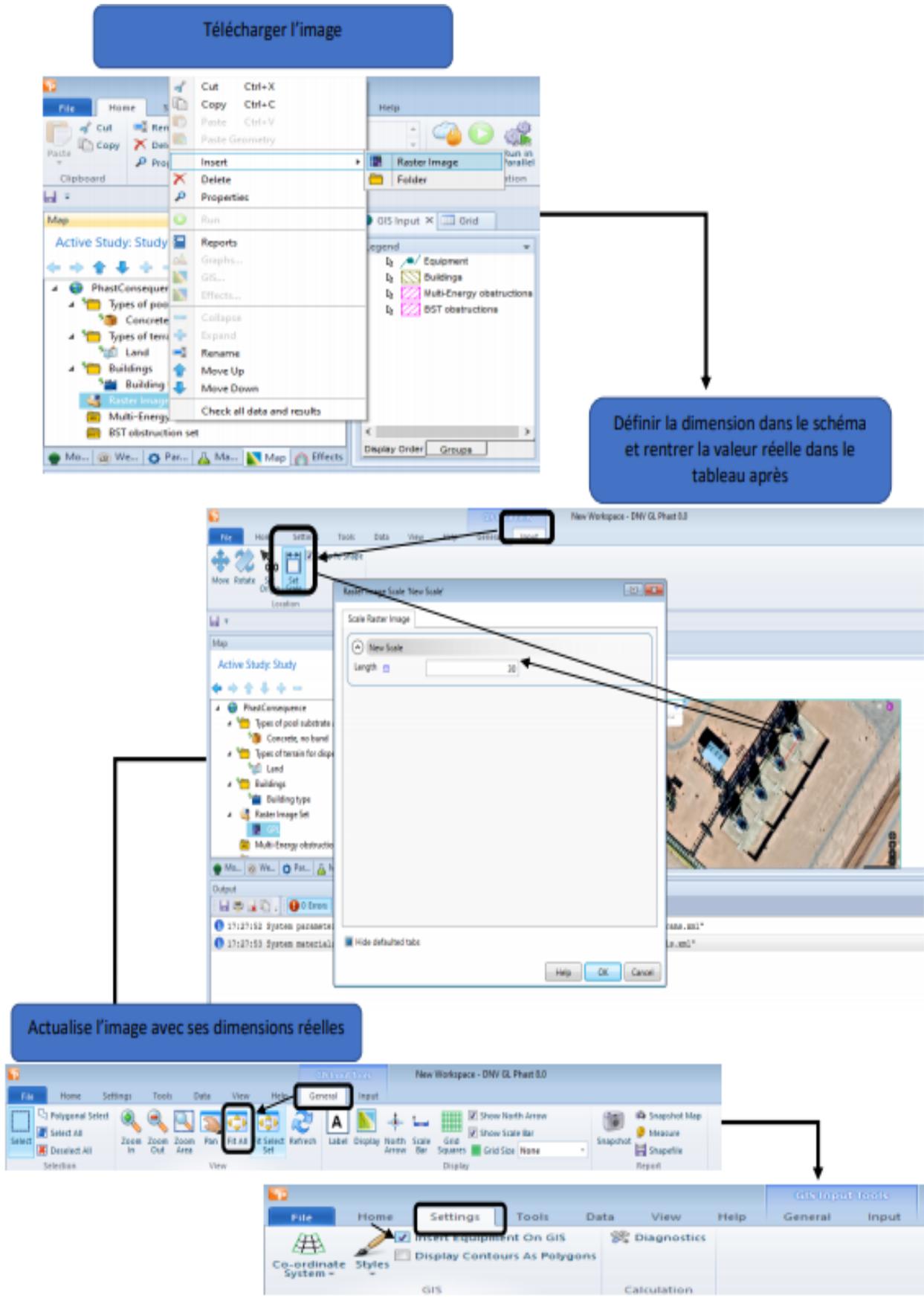


Figure III.3 : Organigramme commun de la modélisation

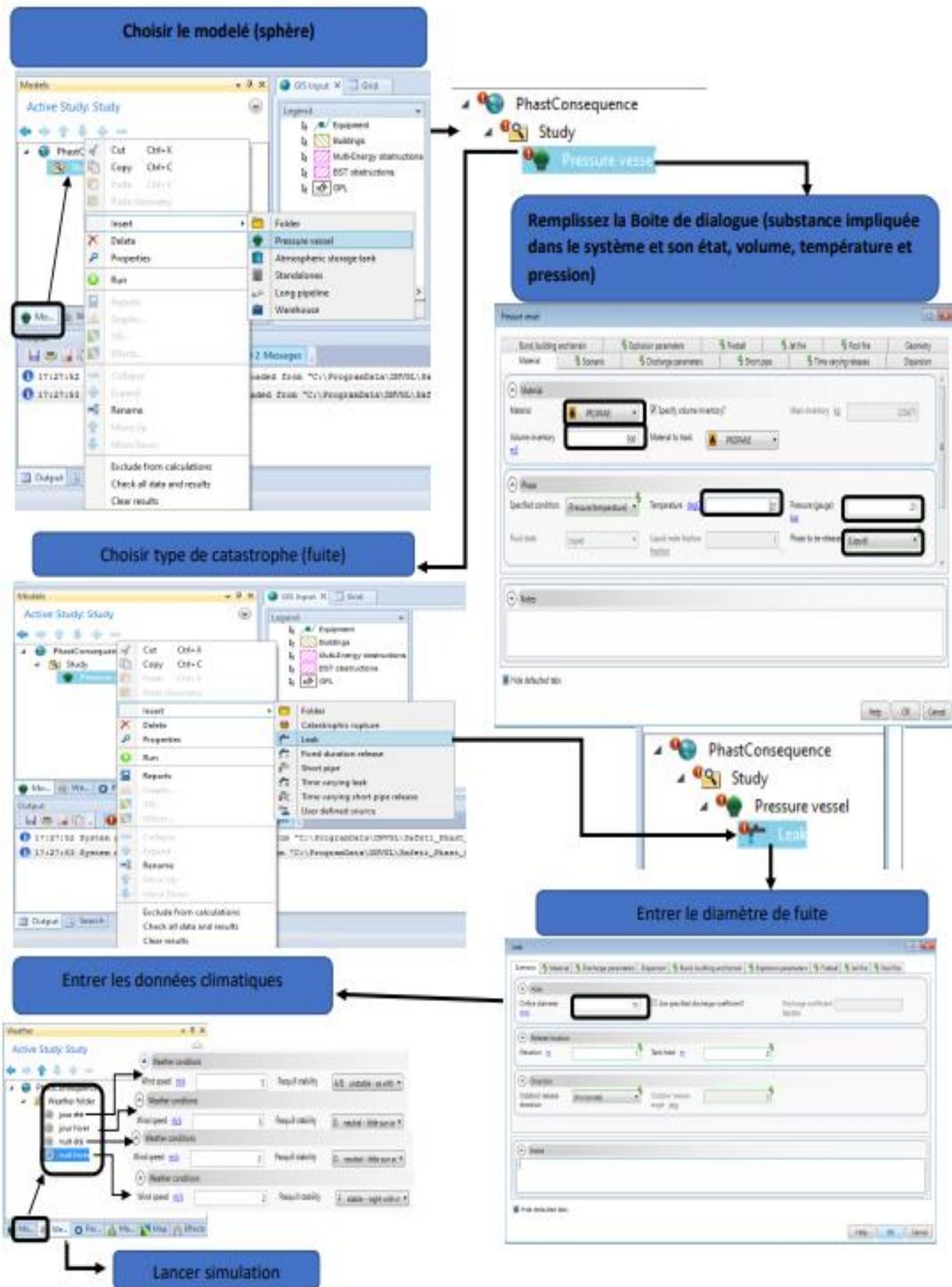


Figure III.4 : Organigramme commun de la modélisation

1.29.9 Présentation du logiciel Insight Numerics Detect3D

Est un logiciel puissant et avancé pour les graphiques 3D et les projets de cartographie des modèles d'incendie et des gaz. Il est développé et conçu par Insight Numerics. Il propose des algorithmes avancés et améliorés pour réduire le temps et les coûts dans le processus de travail avec les fichiers de modèle CAO.

1.29.10 Avantages :

- Possède une fonction multitâche ce qui aidera les utilisateurs à gagner du temps.
- Detect3D qui fonctionne bien avec différents formats de fichiers CAO (DXF, DWG, etc.).
- Réduisez la durée du projet jusqu'à 70% du temps généralement requis par d'autres solutions.
- Les utilisateurs peuvent également partager des informations sur le projet avec les membres de leur groupe.
- Avec des modules et des outils avancés, il est désormais facile de cartographier les lignes de transport de gaz
- Il a une installation pratique et l'une de ses fonctionnalités est une interface graphique facile à utiliser.
- Il est capable des principaux systèmes d'exploitation Microsoft utilisés.

Quelque étape de la simulation :

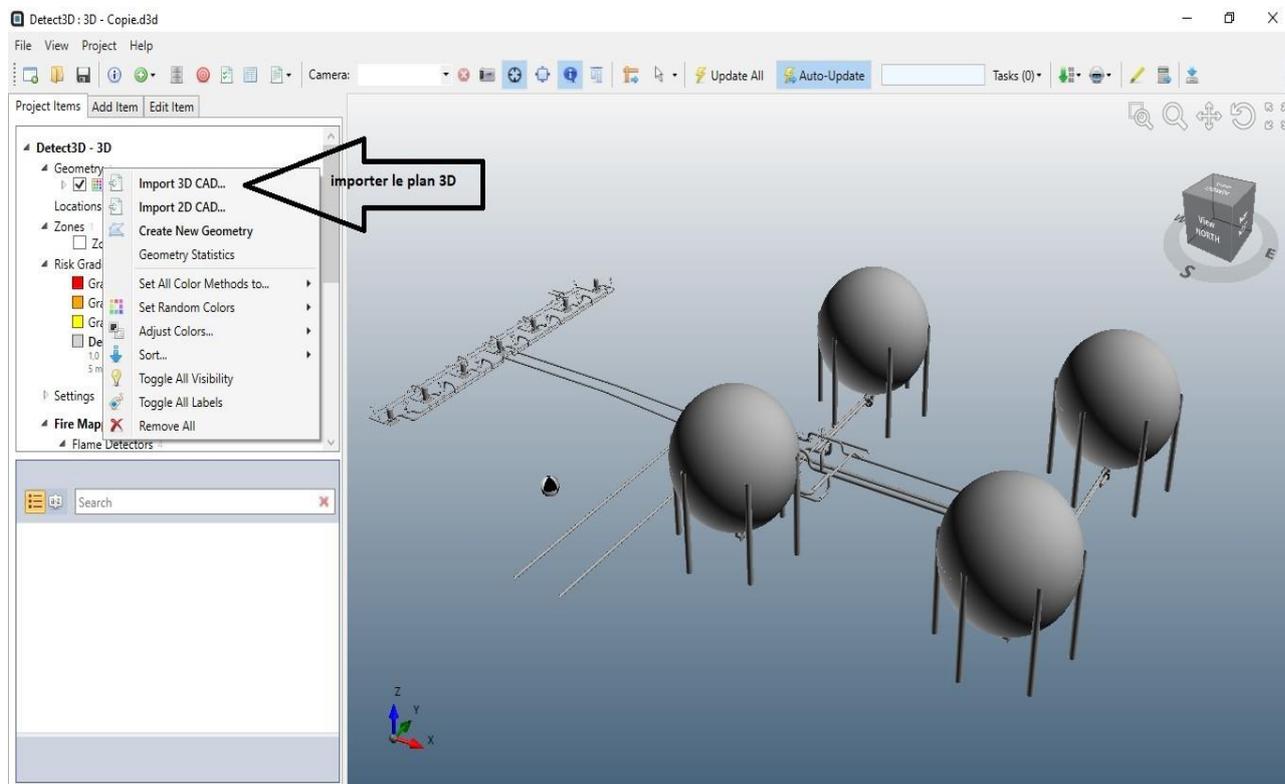


Figure : Importer le plan 3D

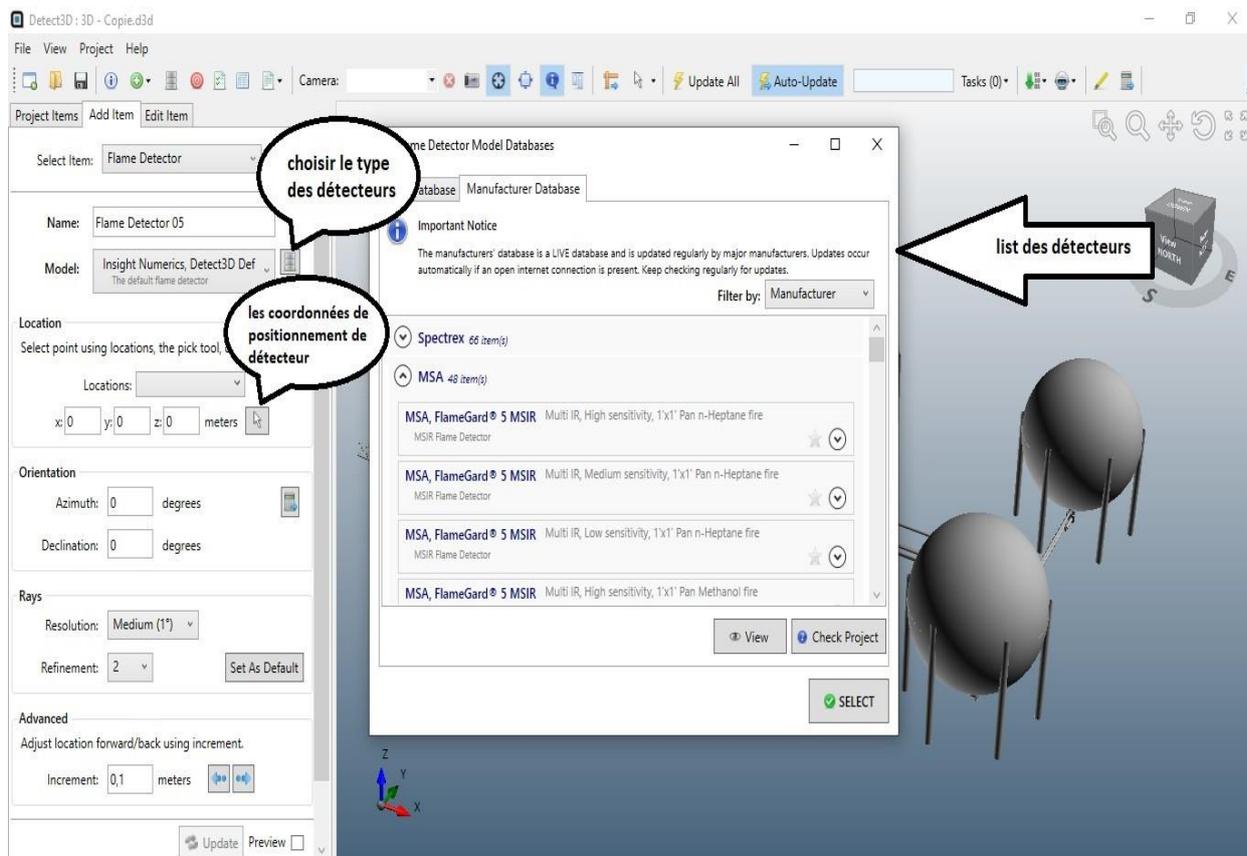


Figure : choisir le type de détecteur et ces coordonnées de positionnement

Autodesk AutoCAD Plant 3D

Autodesk AutoCAD Plant 3D est une application puissante et avancée qui offre aux utilisateurs une plate-forme pour concevoir des modèles et des structures avec des outils et des fonctionnalités flexibles. L'ingénieur et les développeurs peuvent utiliser l'application et concevoir différents modèles tels que des unités industrielles pour le pétrole, le gaz et la pétrochimie. L'application comprend une bibliothèque avec différents composants, éléments, équipements et plus encore pour améliorer le flux de travail et gagner du temps et des efforts.

Optimisation du plant avec plant 3D :

Voici le plant similaire de la zone de stockage

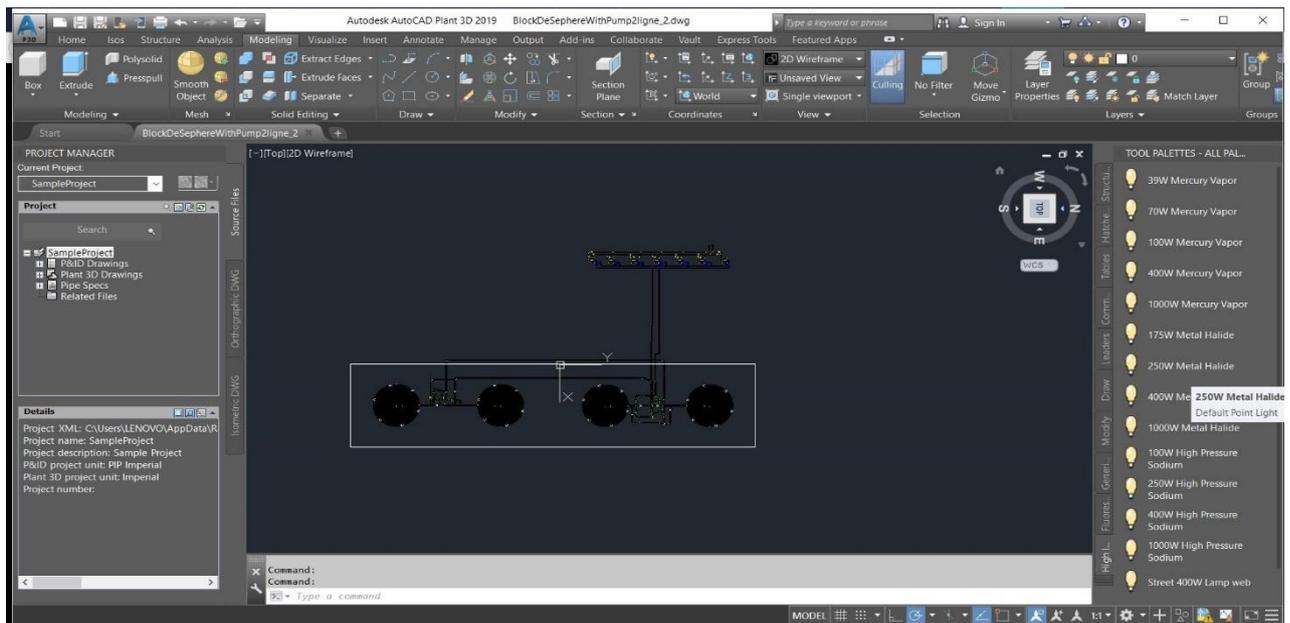


Figure : plan similaire de la zone de stockage sur 3D plant (vu de haute)

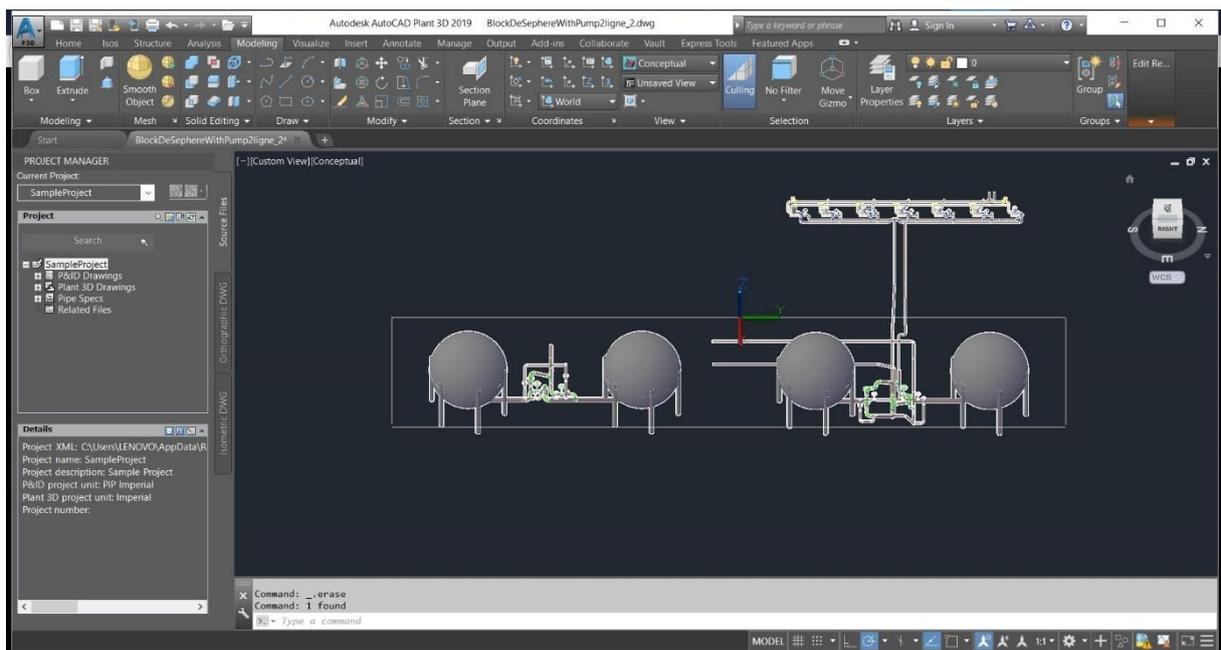


Figure : plan similaire de la zone de stockage sur 3D plant (vu de coté)

Voici le plant de la zone de stockage après l'optimisation avec 3D plant

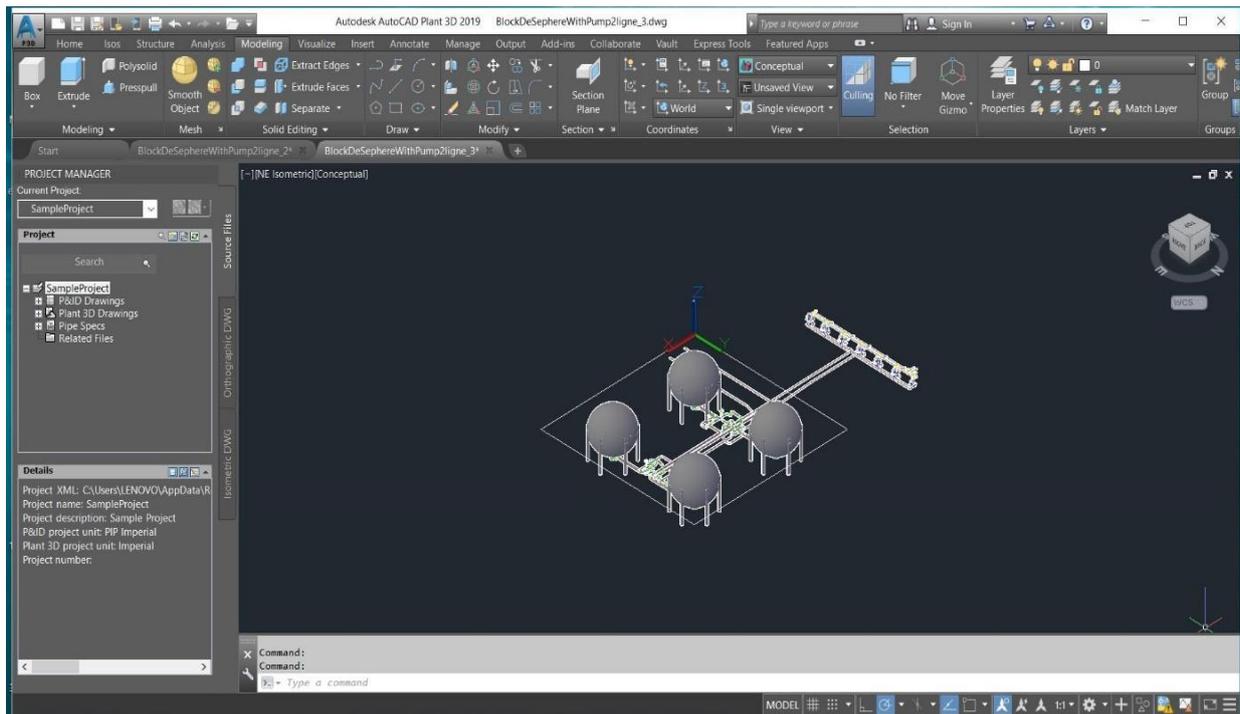


Figure : le plan optimiser avec 3D plant

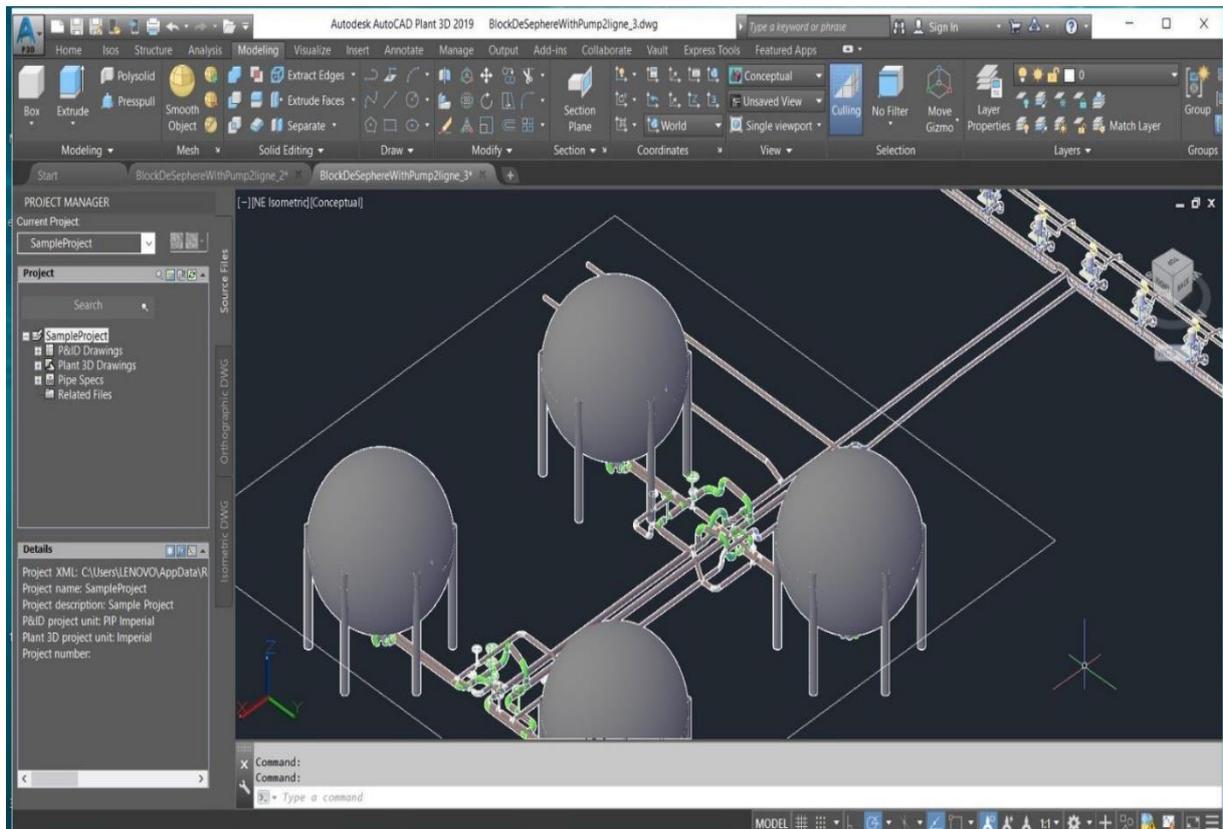


Figure : le plan optimiser avec 3D plant