

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
Ecole Nationale Polytechnique



Département : Maîtrise des Risques Industriels et Environnementaux  
Ocean Industriels Services

Mémoire de projet de fin d'études pour l'obtention du diplôme  
d'ingénieur d'état en Qualité Hygiène Sécurité Environnement et  
Gestion des Risques Industriels

---

## Analyse des risques majeurs associés aux effets thermiques Cas de l'unité satellite E1C à Hassi Messouad

---

*Présenté par :* Mr. HAMOUCHE TAMEUR

*Encadré par :* Mr. CHERGUI ABDELMALEK  
Mr. KERTOUS ABOUBAKER

Présenté et soutenu publiquement le (21/06/2018)

Composition du Jury :

Président :	Mr. M. BOUSBAI	Maitre de Conférences B	ENP
Rapporteur :	Mr. A. CHERGUI	Professeur	ENP
	Mr. A. KERTOUS	Maitre Assistant A	ENP
Examineur :	Mr. M. T. ATTOUCHI	Maitre Assistant A	ENP

ENP 2018



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
Ecole Nationale Polytechnique



Département : Maîtrise des Risques Industriels et Environnementaux  
Ocean Industriels Services

Mémoire de projet de fin d'études pour l'obtention du diplôme  
d'ingénieur d'état en Qualité Hygiène Sécurité Environnement et  
Gestion des Risques Industriels

---

## Analyse des risques majeurs associés aux effets thermiques Cas de l'unité satellite E1C à Hassi Messouad

---

*Présenté par :* Mr. HAMOUCHE TAMEUR

*Encadré par :* Mr. CHERGUI ABDELMALEK  
Mr. KERTOUS ABOUBAKER

Présenté et soutenu publiquement le (21/06/2018)

Composition du Jury :

Président :	Mr. M. BOUSBAI	Maitre de Conférences B	ENP
Rapporteur :	Mr. A. CHERGUI	Professeur	ENP
	Mr. A. KERTOUS	Maitre Assistant A	ENP
Examineur :	Mr. M. T. ATTOUCHI	Maitre Assistant A	ENP

ENP 2018

# DÉDICACE

Je dédie ce travail à :

Mes parents,

Mes grands parents

Mon frère et mes soeurs,

Tous mes amis,

Et à tous ceux que j'aime et je garde dans mon coeur

HAMOUCHE Tameur

# REMERCIEMENT

Je m'adresse tout d'abord à ALLAH le tout puissant avec mes plus sincères remerciements et ma profonde gratitude de m'avoir donné toutes les facultés morales et physiques pour suivre mes études et pouvoir réaliser ce mémoire.

Je souhaiterais adresser mes remerciements les plus sincères aux personnes qui m'ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.

Mes profonds remerciements s'adressent à mes encadreurs ; Mr CHERGUI Abdelmalek et monsieur KERTOUS Aboubakr qui se sont toujours montrés disponibles et à l'écoute tout au long de l'élaboration de ce mémoire. Votre compétence, votre encadrement, votre aide et le temps incommensurable que vous avez bien voulu nous consacrer ont toujours suscité notre profond respect. On vous remercie aussi pour votre accueil et vos conseils. Veuillez agréer, Messieurs l'expression de mes gratitude et mon profond respect.

mes profondes gratitude et chaleureux remerciements s'orientent vers M. BOUKEBBAL Fouzi manager HSE et M. KRIM Yaakoob coordinateur HSE au sein de l'entreprise OIS pour ses judicieux conseils et son support permanent, ainsi que tout le personnel de l'OIS qui ont su m'orienter et m'aider par leurs conseils tout au long de ce travail.

Mes remerciements s'adressent aux membres du jury ; Mr BOUSBAL M'hamed maitre assistant à l'ENP qui a bien voulu présider ce jury, Mr ATTOUCHI Mohamed Tarek d'avoir bien voulu examiner ce travail modeste. Vous me faites un grand honneur en acceptant de juger ce travail.

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

Enfin, je tiens à remercier chaleureusement, tous mes proches, amis et tous ceux qui, de près ou de loin, m'ont toujours soutenus et encouragés au cours de la réalisation de ce mémoire, pour leur confiance, leur support inestimable et leurs sollicitudes pour accomplir ce travail.

## ملخص

الهدف من هذا العمل يتمثل في دراسة الحوادث الكبيرة واستخراج السيناريوهات الكارثية التي قد تحدث أثناء حياة وحدة EIC عند جهاز فصل HP من أجل ضمان التحكم في الظواهر المصاحبة. والطريقتان المستخدمتان لتحليل المخاطر هما: أساليب الفشل وأثارها وتحليلها الحرجية (AMDEC) وخطر التشغيل (HAZOP) تهدف هاتان الطريقتان إلى تحديد سيناريوهات الحوادث الكبرى الممكنة الحدوث في مثل هذه الوحدات. بالإضافة إلى ذلك، اعتُبر من الضروري استخدام برنامج PHAST و MATLAB لتقدير مدى شدة هذه التأثيرات وأثارها الجانبية. وأخيرا سوف ندرس هذه الظواهر الخطيرة من أجل تقليل شدة خطورتها لحماية الوحدة بأكملها في مواجهة هذه المخاطر.

**الكلمات المفتاحية:** حادث كبير، فاصل HP، ظواهر خطرة، HAZOP، AMDEC

## Abstract

The present work aims to study the major accident scenarios the major scenarios of accident susceptible to arise during the life of the unity EC at the level of the separator HP and to make sure the control of the associated phenomena. Both methods applied for the risk analysis are the failure mode and effects analysis and of their criticalities (AMDEC), and the Hazard Operability (HAZOP). These two methods have for purpose the identification of the scenarios of major accidents. Besides, He was considered necessary to use the PHAST and MATLAB software for the estimation of the gravity of the effects. Finally, we are going to study the dangerous phenomena with the aim of reducing the gravity to protect the whole unity in the face of these dangers.

**Key words:** major accident, HP separator, dangerous phenomena, HAZOP, AMDEC

## Résumé

Le présent travail a pour but de faire ressortir les scénarios d'accident majeurs susceptibles de survenir durant la vie de l'unité EIC au niveau du séparateur HP et de s'assurer la maîtrise des phénomènes associés. Les deux méthodes appliquées pour l'analyse de risque sont : l'analyse des modes de défaillance et de leurs effets et de leur criticités (AMDEC), et la HAZard Opérabilité (HAZOP). Ces deux méthodes ont comme but l'identification des scénarios d'accidents majeurs. En plus, Il a été jugé nécessaire d'utiliser les logiciels PHAST et MATLAB pour l'estimation de la gravité des effets. Enfin nous allons étudier les phénomènes dangereux dans le but de réduire la gravité pour protéger l'ensemble de l'unité face à ces dangers.

**Mots clé :** accident majeur, séparateur HP, phénomènes dangereux, HAZOP, AMDEC

# TABLE DES MATIÈRES

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des sigles

Liste des abréviations

<b>Introduction Générale</b>	<b>13</b>
<b>1 Contexte de l'étude, problématique et méthodologique</b>	<b>14</b>
1.1 Les accidents industriels majeurs	15
1.1.1 Définition	15
1.1.2 Caractéristique	15
1.1.2.1 Un nombre élevé de victimes humaines	15
1.1.2.2 Des dégâts matériels	15
1.1.2.3 Une pollution néfaste sur la nature environnante	16
1.1.3 Les risques industriels majeur	17
1.1.3.1 Les causes des risques industriels majeurs	17
1.2 Présentation du champ HMD	18
1.3 Satellite E1C	19
1.3.1 Section de séparation	21
1.3.2 Section de compression	21
1.4 Les Séparateurs	22
1.4.1 Définition	22
1.4.2 Constitutions d'un séparateur	22
1.5 Equipements d'un séparateur	23
1.5.1 Dispositifs de contrôle de niveau	23
1.5.1.1 Transmetteur et contrôleur de niveau	23
1.5.1.2 Niveau à glace	23
1.5.2 Dispositifs de contrôle de pression	23
1.5.2.1 Régulateur de pression	23
1.5.2.2 Transmetteurs de pression	23

1.5.2.3	Soupapes de sécurité . . . . .	23
1.5.3	Dispositifs de contrôle de Température . . . . .	23
1.5.4	Vannes . . . . .	23
1.5.5	Plaque d'éclatement . . . . .	24
1.6	Problématique et objectif de l'étude . . . . .	24
<b>2</b>	<b>Analyse des risques</b>	<b>25</b>
2.1	Introduction . . . . .	26
2.2	Décomposition fonctionnelle :SADT . . . . .	26
2.2.1	Les données de contrôle . . . . .	26
2.2.2	Actigramme SADT : Satellite E1C . . . . .	27
2.2.2.1	Description . . . . .	27
2.2.2.2	Fonctionnement . . . . .	27
2.2.2.3	SADT niveau A0 . . . . .	27
2.2.3	Séparateur HP . . . . .	29
2.2.3.1	Description . . . . .	29
2.2.3.2	Fonctionnement . . . . .	29
2.2.3.3	Schéma de procédé . . . . .	29
2.3	Méthode HAZOP . . . . .	30
2.3.1	Définition . . . . .	30
2.3.2	Résultats de l'étude . . . . .	31
2.4	Méthode AMDEC . . . . .	31
2.4.1	Principe . . . . .	31
2.4.2	Déroulement . . . . .	32
2.4.3	Résultats de l'étude . . . . .	32
2.5	Matrice de risque . . . . .	33
2.6	Scénarios d'accidents majeurs . . . . .	34
2.7	Analyse quantitative des phénomènes dangereux . . . . .	35
2.7.1	Probabilité d'occurrence . . . . .	35
2.7.2	Fréquences d'occurrences . . . . .	36
2.8	Scénario N°1 . . . . .	36
2.8.1	Synthèse des résultats : . . . . .	38
2.9	Scénario N°2 . . . . .	39
2.9.1	Synthèse des résultats : . . . . .	40
2.10	Scénario N°3 . . . . .	41
2.10.1	Synthèse des résultats : . . . . .	42
<b>3</b>	<b>Modélisation des effets thermiques</b>	<b>43</b>
3.1	Les phénomènes dangereux . . . . .	44
3.1.1	Phénomènes instantanés . . . . .	44
3.1.2	Phénomènes continus . . . . .	44
3.2	Effets thermiques . . . . .	48
3.2.0.1	Introduction . . . . .	48
3.2.1	Seuils de référence pour les effets thermiques . . . . .	49
3.2.1.1	Sur l'homme : . . . . .	49
3.2.1.2	Sur les structures . . . . .	49
3.3	Modélisation du feu de nappe avec le logiciel PHAST . . . . .	49
3.3.1	Données de modélisations . . . . .	49
3.3.2	Représentation des résultats de PHAST . . . . .	50
3.3.2.1	Faible vitesse du vent . . . . .	50



3.3.2.2	Forte vitesse du vent . . . . .	51
3.3.2.3	Interprétation des résultats . . . . .	52
3.4	Modélisation mathématique . . . . .	52
3.4.1	Effets thermique en fonction du diamètre de la nappe . . . . .	52
3.4.2	Modèle du point source . . . . .	53
3.4.2.1	Taux de chaleur dégagé . . . . .	53
3.4.2.2	Hauteur de la flamme . . . . .	54
3.4.2.3	Le taux de perte de masse . . . . .	54
3.4.2.4	Utilisation du Matlab . . . . .	54
3.4.3	Modèle de Mudan . . . . .	56
3.4.3.1	Le pouvoir émissif . . . . .	56
3.4.3.2	Hauteur de flamme . . . . .	57
3.4.4	Conclusion . . . . .	59
3.5	Solution proposé pour le cas de feu de nappe . . . . .	60
3.5.1	Dimensionnement de la cuvette . . . . .	60
3.5.1.1	La longueur de la cuvette . . . . .	60
3.5.1.2	La largeur de la cuvette . . . . .	60
3.5.2	Extinction de feu de nappe . . . . .	61
3.5.2.1	Solution moussante . . . . .	61
3.5.2.2	Volume d'émulseur . . . . .	61
3.5.2.3	Volume d'eau nécessaire . . . . .	62
3.6	Recommandation . . . . .	62
3.7	Conclusion générale . . . . .	63
<b>Bibliographie</b>		<b>66</b>
<b>Appendices</b>		<b>67</b>
<b>A Tableau HAZOP</b>		<b>68</b>
<b>B Tableau AMDEC</b>		<b>72</b>
<b>C Données de calcul</b>		<b>76</b>
<b>D Propriétés du pétrole brut</b>		<b>78</b>
<b>E Diagramme tuyauterie et d'instruments séparateur HP</b>		<b>80</b>
<b>F Schéma de procédé séparation et compression</b>		<b>82</b>

# LISTE DES TABLEAUX

1.1	Principaux accidents industriels majeurs . . . . .	16
2.1	Exemples de mots-clés pour l'HAZOP . . . . .	31
2.2	Exemple d'un tableau de type AMDEC . . . . .	32
2.3	Modes de défaillance génériques . . . . .	33
2.4	Scénarios d'accidents majeurs . . . . .	35
2.5	Les probabilités de défaillances pour un séparateur HP . . . . .	35
2.6	Fréquences d'occurrence du scénario -1- . . . . .	38
2.7	Cotation des phénomènes dangereux du scénario-1- . . . . .	38
2.8	Fréquences d'occurrence du scénario -2- . . . . .	40
2.9	Cotation des phénomènes dangereux du scénario-2- . . . . .	40
2.10	Fréquences d'occurrence du scénario -3- . . . . .	42
2.11	Cotation des phénomènes dangereux du scénario-2- . . . . .	42
3.1	Seuil thermiques des effets sur l'homme . . . . .	49
3.2	Seuil des effets thermiques sur les structures . . . . .	49
3.3	Distance d'effets de radiation d'un feu de nappe . . . . .	50
3.4	Distance d'effets de radiation d'un feu de nappe . . . . .	52
3.5	Variation des différents paramètre en fonction du diamètre . . . . .	55
3.6	Synthèses des calculs du modèle de MUDAN . . . . .	58
3.7	Caractéristiques de la mousse . . . . .	61

# TABLE DES FIGURES

1.1	Conséquences des accidents industriels majeurs . . . . .	15
1.2	Dégâts causés par les incendies et les explosions . . . . .	15
1.3	Dégâts causés par l'émission de substances toxiques . . . . .	16
1.4	Principales causes des accidents industriels majeurs . . . . .	17
1.5	Carte de localisation des sept unités satellites(E2A,E1C, S1A,W1A,W2A,W2A,W1C ) . . . . .	18
1.6	Carte de localisation de l'unité satellite E1C . . . . .	19
1.7	Configuration typique du satellite E1C avant revamping . . . . .	20
1.8	Configuration du satellite après revamping . . . . .	20
1.9	Section de séparation de l'unité E1C . . . . .	21
1.10	Section de compression de l'unité E1C . . . . .	21
1.11	Compresseurs de gaz et réservoirs huile lubrifiante – section compression- . .	22
2.1	Schéma générale d'un SADT . . . . .	26
2.2	SADT générale du satellite E1C . . . . .	27
2.3	SADT du Satellite E1C niveau(A0) . . . . .	28
2.4	Niveau A1 de séparateur HP . . . . .	30
2.5	Matrice de risque . . . . .	33
2.6	Arbre des conséquences pour la Perte de confinement de séparateur HP . . .	37
2.7	Arbre des conséquences pour la perte de confinement d'une ligne d'huile . .	39
2.8	Arbre des conséquences pour la perte de confinement d'une ligne de gaz . .	41
3.1	Cartographie des effets thermiques d'un feu de nappe . . . . .	50
3.2	Rose des vents de la ville Hassi Messouad . . . . .	51
3.3	Cartographie des effets thermiques d'un feu de nappe cas de vitesse du vent 6 m/s . . . . .	51
3.4	Variation du densité de flux en fonction du diamètre . . . . .	56
3.5	Variation du densité de flux en fonction du diamètre . . . . .	59

# NOMENCLATURE

$Q_r$	: puissance totale rayonnée (kw)
$q''_r$	: densité de flux radiatif reçu par la cible $kw/m^2$
$\chi_r$	: fraction radiative de l'incendie (sans unité)
$D$	: Diamètre de la nappe (m )
$L$	:Hauteur de la flamme
$Q$	:Taux de chaleur dégagé
$A_f$	: la surface de combustion horizontale du combustible( $m^2$ )
$m''$	: le taux de combustion ( $Kg/m^2.s$ )
$\chi$	:rendement de combustion (sans unité)
$\Delta H_c$	:L'enthalpie de combustion complète(kJ/Kg)
$m''$	:le taux de perte de masse ( $kg/m^2.s$ )
$E_b$	: pouvoir émissif de la flamme ( $kw/m^2$ )
$F_{12}$	: Facteur de vue varie entre 0 et 1
$\tau$	: Facteur de transmissivité atmosphérique (0-1)
$E_{max}$	: pouvoir émissif maximum des parties lumineuses de la flamme ( $140kW/m^2$ )
$S$	: Coefficient d'extinction égal à $0.12 m^{-1}$
$E_s$	:pouvoir émissif des fumées ( $20KW/m^2$ )
$m''_\infty$	:Taux de perte de masse par unité de surface de la nappe ( $kg/m^2s$ )
$\rho_a$	: Masse volumique de l'air ambiant ( $kg/m^3$ )

# LISTE DES ABRÉVIATIONS

HMD	Hassi Messouad
CIS	Centre Industriel Sud
UTBS	Unité de Traitement Brut Sud
GPL	Gaz de Propane Liquéfié
HP	Haute Pression
BP	Basse Pression
MFD	ManiFold
SADT	Structured Analysis and Design Technique
HAZOP	HaZard And OPerability
AMDEC	Analyse des Modes de Défaillance Et leurs Criticité
CEI	Commission Electrotechnique internationale
LCV	Level Control Valve
PSV	Pressure Safety Valve
BDV	Blow Down Valve
SDV	Shut Down Valve
ESDV	Emergency Shut Down Valve
LSHH	Level Switch High High
PSHH	Pressure Switch High High
PSLL	Pressure Switch low Low
VCE	Vapour Cloud Expansion
SEI	Seuil des Effets Irréversible
SeLS	Seuil des Effets Létaux Significatifs
barg	bar de gauge

# Introduction générale

# Introduction Générale

De tout les temps, les êtres humains ont été en permanence confrontés à des accidents corporels ou non, légers ou graves, à des événements et phénomènes de grande ampleur qui les ont profondément marqués. Parmi ces accidents, ceux qui ont été les plus importants par le nombre de victimes. Ces dégâts issus des ces accidents appelés majeurs et peuvent être catastrophique suite de la gravité de leurs conséquences sur les hommes et l'environnement.

À l'origine de tout accident, même mineur, il existe un risque ou danger, qui, sous certaines conditions, conduit aux accidents. Les risques majeurs ou hauts risques sont à l'origine des accidents majeurs. Parmi ces accidents majeurs, un grand nombre est d'origine industrielle et a pour siège les usines et les ateliers de fabrication et de stockage. Certains accidents majeurs apparaissent lors du transport de matières dangereuses mais, comme les transports de produits font partie intégrante des processus industriels, ils seront traités comme des accidents industriels majeurs [1].

L'analyse des phénomènes dangereux a pour objectif d'identifier, d'analyser et de réduire au maximum les risques qui peuvent engendrer par un accident industrielle. L'historique des phénomènes dangereux montre qu'ils ont des grands effets sur l'être humain et l'environnement.

En l'Algérie l'explosion enregistrée au complexe de liquéfaction GNL de Skikda, en janvier 2004, a coûté près d'un demi-milliard de dollars et à couté la vie de 27 personnes. D'autres accidents se sont produits ces dernières années, dans des zones similaires comme à Arzew, mais ont été de moindre importance. En somme, tous ces malheureux événements renforcent l'évidence de rendre stratégique le risque industriel dans toute politique d'entreprise, de management et de gestion économique.

Ce mémoire s'adresse en priorité aux responsables techniques et administratifs qui travaillent sur les installations industrielles, cas de notre étude satellite E1C,aux décideurs qui sont amené à faire des choix et mettre en place des solutions. Il s'adresse également à tous ceux qui sont concerné ou intéressés par les problèmes poser par la sécurité des installations industriels.

Ce travail est subdivisé en trois chapitres :

Le premier chapitre est consacré à une recherche bibliographique sur les accidents industriels majeurs,à la présentation générale de l'unité , à la problématique, aux objectifs et à la méthodologie de travail.

Le deuxième chapitre sera consacré au début à la décomposition fonctionnelle du satellite E1C, particulièrement pour notre cas séparateur HP qui fera l'objet de notre étude suivi d'une analyse des risques majeurs afin de déterminer les événements indésirables à savoir leurs causes et leurs conséquences. Les méthodes HAZOP et AMDEC utilisés dans le cas des systèmes thermo-hydrolique seront détaillés dans ce chapitre.

Le troisième chapitre traitera l'impact des effets thermiques sur les personnes du sites, les biens de l'entreprise en utilisant des logiciels appropriés pour modéliser ces effets thermiques afin de déterminer les distances minimales de sécurité à respecter. La prévention face aux ces dangers ,à savoir l'ensemble des mesures techniques et organisationnelles à mettre en œuvre pour protéger l'ensemble de l'entrepris et certaine recommandations qui peuvent aider à la bonne gestion de l'entreprise sont abordés dans ce chapitre.

A la fin, une conclusion générale et perspectives.

CHAPITRE

— 1 —

CONTEXTE DE L'ÉTUDE,  
PROBLÉMATIQUE ET  
MÉTHODOLOGIQUE



# 1.1 Les accidents industriels majeurs

## 1.1.1 Définition

Les accidents industriels sont des accidents technologiques qui ont lieu lors des processus industriels, le plus souvent dans l'enceinte même des usines. Il est bien connu que les industries mettent en œuvre, sur une grande échelle, une foule de produits et de processus dangereux, présentant des risques d'accidents et de maladies [1].

## 1.1.2 Caractéristique

Les accidents industriels majeurs peuvent avoir trois conséquences (figure 1.1) importantes qui les distinguent également des nombreux accidents et incidents habituels, connus dans les milieux industriels [1].

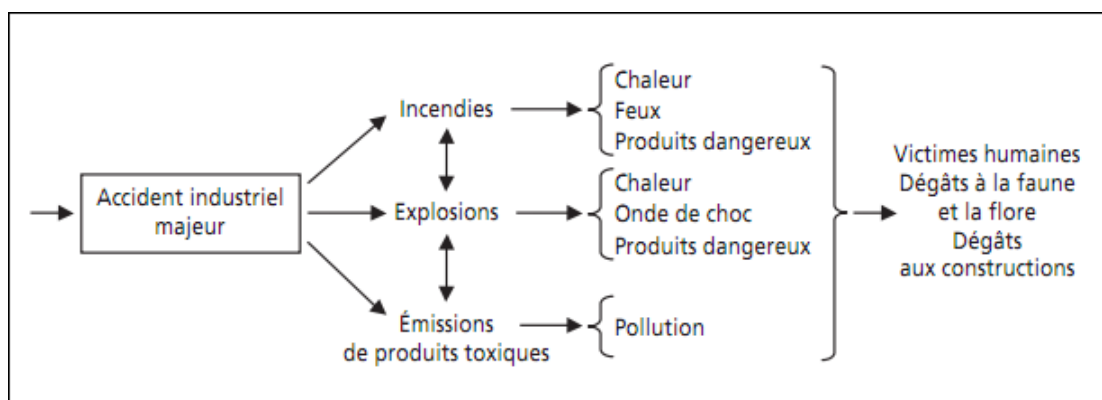


FIGURE 1.1 – Conséquences des accidents industriels majeurs

### 1.1.2.1 Un nombre élevé de victimes humaines

On déplore un nombre élevé de victimes humaines, morts d'hommes, intoxications et blessures (fractures, écrasements, chocs, brûlures, traumatismes divers) plus ou moins graves.

### 1.1.2.2 Des dégâts matériels

Des dégâts matériels sont constatés à l'intérieur et tout autour du lieu de l'accident majeur, avec des destructions d'immeubles et de constructions diverses (figure 1.2).

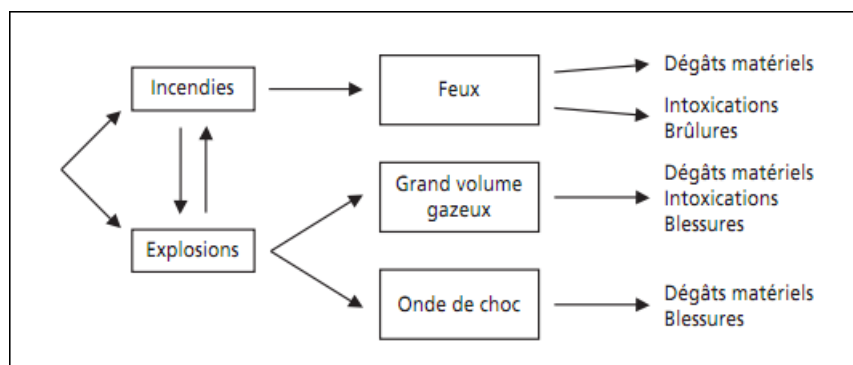


FIGURE 1.2 – Dégâts causés par les incendies et les explosions

### 1.1.2.3 Une pollution néfaste sur la nature environnante

Dans certains cas, la nature environnante devient impropre à la vie pendant plusieurs années, voire quelques décennies ; rien ne pousse par suite de la pollution avancée des sols, des eaux et dans un moindre degré, de l'atmosphère (figure 1.3).

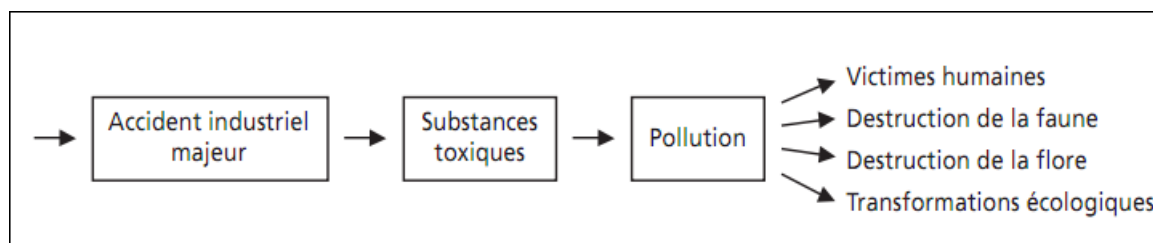


FIGURE 1.3 – Dégâts causés par l'émission de substances toxiques

Le tableau 1.1 donne une liste des principaux accidents industriels majeurs connus.

Tableau 1.1 – Principaux accidents industriels majeurs

Date	type d'accidents	Nombre de victime
1966	explosion de propane à la raffinerie de pétrole de Feyzin (France)	18 morts
1971	explosion à l'usine chimique de Brunswick (États-unis)	25 morts
1974	accident de l'usine chimique de Scuntrophe (Grande-Bretagne)	plus de 50 morts
1977	explosions de silos de céréales à la nouvelle Orléans	33 morts
1977	explosion d'un silo de céréales à Brême (Allemagne)	14 morts
1982	explosion d'un silo de céréales à Metz (France)	12 morts
1984	explosion d'un réservoir de gaz liquéfié à Mexico	6500 morts
1984	explosion et pollution importante à l'usine chimique de Bhopal (Inde)	2500 morts et de très nombreux intoxiqués
1986	explosion de la centrale nucléaire de Tchernobyl	37 morts et plusieurs milliers de personnes irradiées
1993	explosion dans une usine chimique dans la province de Yunnan (Chine)	plus de 60 morts
2001	explosion de l'usine chimique d'AZF à toulouse (France)	50 morts et beaucoup de dégâts matériels
2004	explosion du complexe de liquéfaction GNL de Skikda (Algérie)	27 morts

### 1.1.3 Les risques industriels majeur

Événement accidentel se produisant sur un site industriel et entraînant des conséquences graves pour :

- le personnel de l'établissement
- la population avoisinante
- les biens et/ou l'environnement

Les risques industriels majeurs ou hauts risques se caractérisent par un ampleur des accidents et des dégâts très graves causés nombre de victimes élevé, destructions de bâtiments, pollution importante de l'environnement.

Les mesures de prévention sont souvent similaires à celles des risques professionnels, mais supposent des mesures techniques et administratives supplémentaires, justifiées par l'ampleur des dégâts causés.

#### 1.1.3.1 Les causes des risques industriels majeurs

L'existence de risques industriels qui conduisent aux accidents industriels majeurs, quelle que soit leur importance, s'explique par la présence :

- de produits chimiques ou agroalimentaires dangereux, susceptibles de porter atteinte à l'environnement ;
- de processus physico-chimiques qui sont principalement des réactions chimiques dites dangereuses.

Le plus souvent, c'est la présence simultanée de ces deux causes qui engendre l'accident, autrement dit qui matérialise le risque potentiel existant en donnant naissance au phénomène accidentel.

La figure 1.4 donne les principales causes des accidents industriels majeurs.

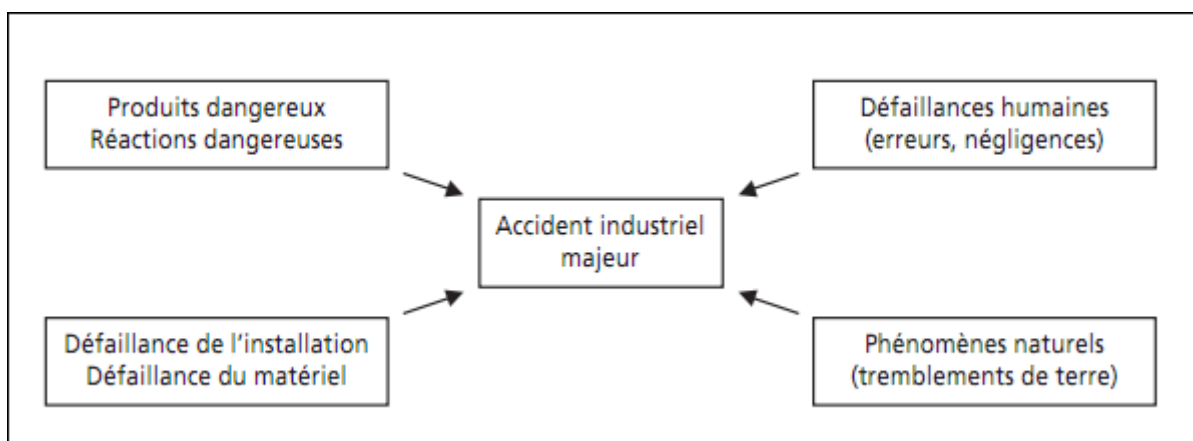


FIGURE 1.4 – Principales causes des accidents industriels majeurs

## 1.2 Présentation du champ HMD

Les installations du Champ Sud de Hassi Messaoud mises en service, pour la plupart dans les années 1970, sont dotées de technologies anciennes. Par conséquent les performances de ces installations sont aléatoirement atteintes et leur exploitation présente un risque important, ce qui nécessite une remise à niveau de ces installations dans les meilleurs délais, conforme à la nouvelle technologie et aux normes d'exploitation en vigueur, notamment en alimentation électrique, instrumentation, contrôle et protection des ouvrages [2].

L'implémentation de nouvelles capacités se résume à la création d'un étage de séparation Haute Pression (30 bars et plus) aux satellites existants afin de décharger les actuels satellites de l'excédent Gaz et d'atteindre les conditions initiales de design.

L'implémentation de nouvelles capacités nécessite aussi le réaménagement du réseau de collecte en amont et en aval de chaque satellite pour pouvoir ségréguer les flux HP et BP, et pouvoir expédier le gaz produit à la capacité d'énergie disponible des boosters.

Dans ce contexte, SONATRACH a décidé de procéder à la rénovation de tous les satellites du Champ de Hassi Messaoud avec l'implémentation d'un niveau de séparation HP dans les satellites. Cette nouvelle configuration nécessite une revue de processus des satellites.

A cet effet et dans la nécessité de l'amélioration de la productivité des puits et l'allongement de leur durée de vie, il a été décidé la rénovation des satellites suivants (figure 1.5) :

- dans la zone Est : Satellites E2A et E1C
- dans la zone Sud : Satellite S1A
- dans la zone Ouest : Satellites W1A, W2A, W2A', et W1C

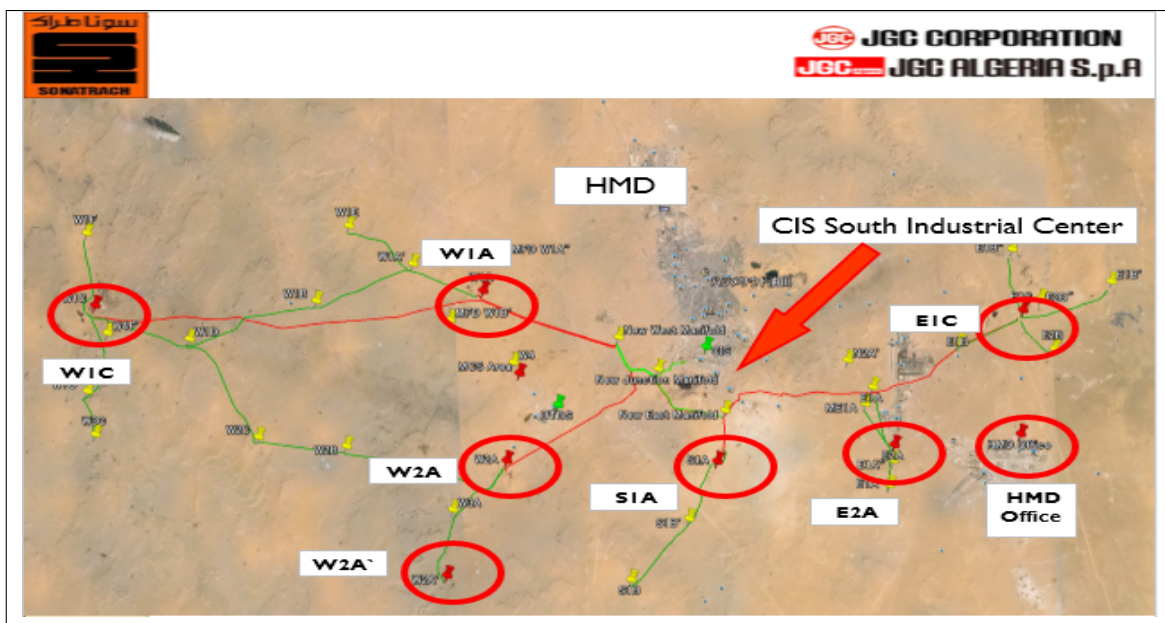


FIGURE 1.5 – Carte de localisation des sept unités satellites (E2A, E1C, S1A, W1A, W2A, W2A', W1C)

### 1.3 Satellite E1C

L'unité satellite objet de la présente étude est le SATELLITE E1C. Ce dernier est localisé dans la partie Est du CIS.

La figure 1.6 donne la localisation de l'unité satellite E1C.



FIGURE 1.6 – Carte de localisation de l'unité satellite E1C

L'unité satellite E1C est composée essentiellement d'une section de séparation triphasique et d'une section de compression (figure).

La section séparation est constituée de séparateurs de production basse pression où l'effluent subit un dégazage à 10 bars.

L'huile séparée est acheminée vers les centres CIS ou UTBS à l'aide de pompes centrifuges refoulant à 25 bars, tandis que les gaz associés débarrassés des liquides, alimentent la section compression où ils sont comprimés à 32 bars par un compresseur centrifuge entraîné par un moteur électrique et refroidis dans une batterie d'aéroréfrigérants pour être ensuite envoyés comme alimentation des unités de réinjection de gaz et du GPL via un manifold de gaz situé au niveau du CIS.

Les condensats récupérés dans la section de compression sont recyclés (sans pompe) à l'entrée du manifold des satellites.

L'eau piégée dans les différents séparateurs est recueillie dans un puisard avant d'être expédiée à l'aide d'une pompe immergée vers le bassin API de traitement des eaux huileuses situées au CIS.

Après traitement au CIS, l'eau est expédiée vers E2A pour sa réinjection dans le gisement.

Les travaux de rénovation et de modification qui seront apportés sur le système de production actuel du satellite dans le cadre du projet de Revamping consisteront en ce qui suit :

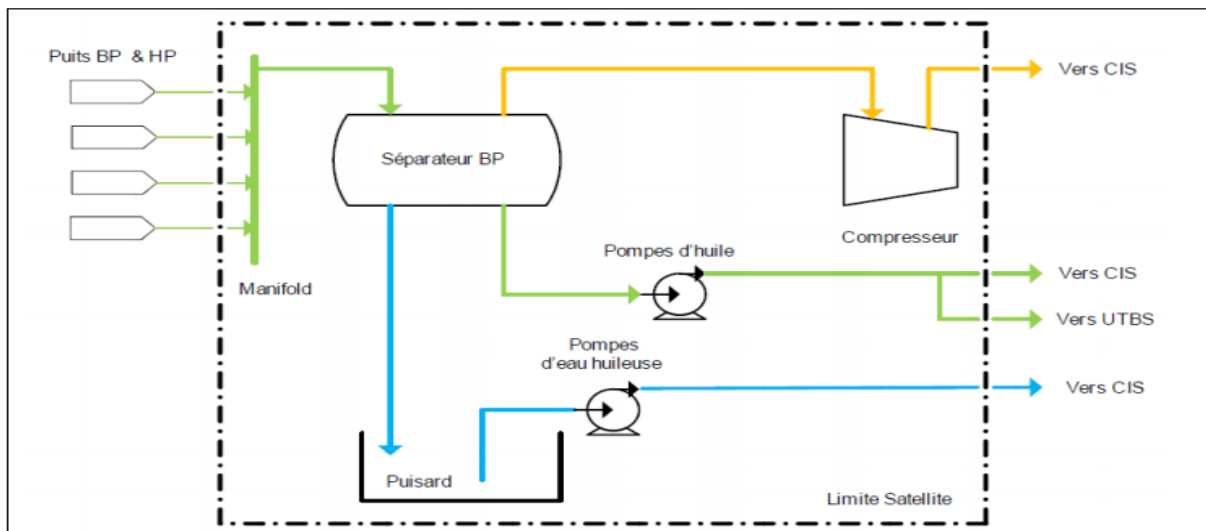


FIGURE 1.7 – Configuration typique du satellite E1C avant revamping

- Des nouveaux manifolds huile seront développés pour permettre une exploitation avec deux (02) niveaux de pression de production, comportant quatre (04) transversales (HP, BP, Test et Drainage).
- Le bourbier existant sera remplacé par un nouveau bassin étanche, ce dernier sera équipé avec une pompe pour transférer l'eau huileuse vers CIS.
- Un dégazeur pour éliminer les hydrocarbures sous forme vapeur entraîné avec l'eau produite évantant via des purges continuelles.
- Un séparateur CPI sera prévu en amont du futur bassin étanche pour éliminer la formation de la boue au niveau de ces derniers.
- Les torches horizontales seront remplacées par des nouvelles torches verticales.

La figure 1.8 donne la configuration typique du satellite E1C après les nouveaux travaux qui seront appliqué sur à unité.

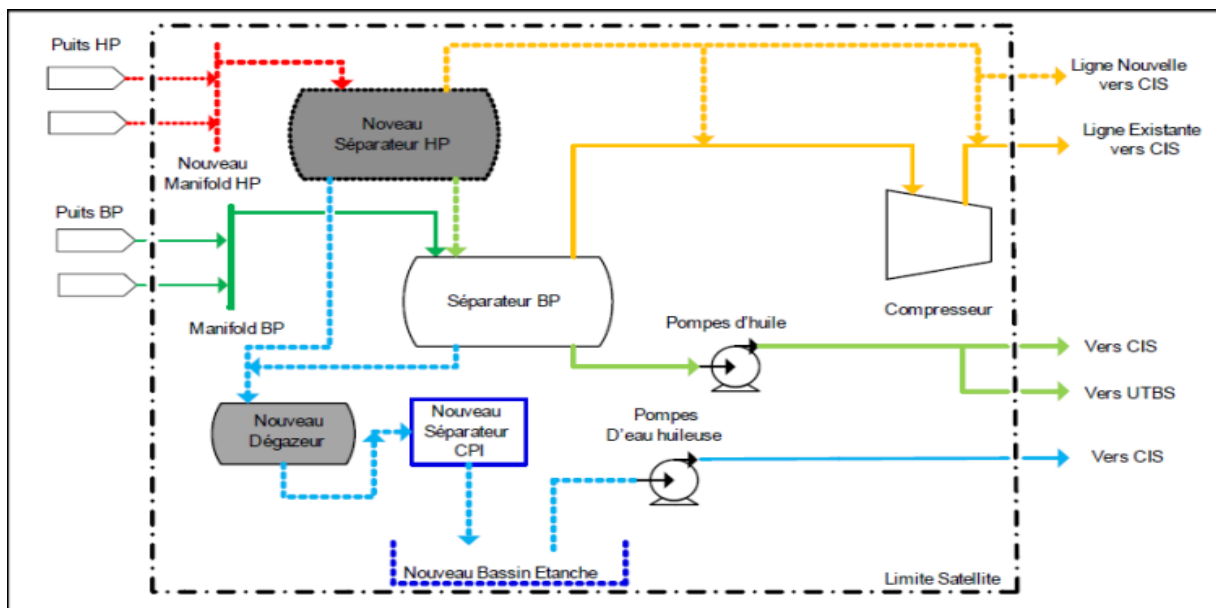


FIGURE 1.8 – Configuration du satellite après revamping

### 1.3.1 Section de séparation

La section séparation (figure 1.6) est constituée de ballons séparateurs fonctionnant à basse pression où l'effluent subit un dégazage à environ 10 barg. L'huile séparée est acheminée vers les centres industriels de traitement (CIS ou UTBS) à l'aide de pompes centrifuges, tandis que les gaz associés débarrassés des liquides, alimentent la section compression.



FIGURE 1.9 – Section de séparation de l'unité E1C

### 1.3.2 Section de compression

Les gaz associés provenant de la section séparation et débarrassés des liquides, alimentent la section compression (figure 1.10) où ils sont comprimés à 32 barg, par un compresseur centrifuge (figure 1.11) entraîné par un moteur électrique.

Le gaz est par la suite refroidi dans une batterie d'aéroréfrigérant, et envoyé comme alimentation des unités de réinjection de gaz et des unités GPL via un manifold de gaz 28 barg situé au sein du complexe industriel Sud CIS.



FIGURE 1.10 – Section de compression de l'unité E1C



FIGURE 1.11 – Compresseurs de gaz et réservoirs huile lubrifiante – section compression-

## 1.4 Les Séparateurs

### 1.4.1 Définition

Les séparateurs sont placés en tête de la chaîne de traitement dont ils constituent les éléments essentiels. Ils reçoivent directement du manifold d'entrée amenée par les collectes. On appelle fonction de séparation l'opération qui consiste à séparer un effluent complexe en une phase gazeuse et une ou plusieurs phases liquides, par l'utilisation d'une des trois principes physique (effet de gravité, force centrifuge, inertie).

Un séparateur est une capacité sous pression incorporée à un circuit ou elle provoque un ralentissement de la vitesse d'écoulement de l'effluent, il se présente comme un réservoir cylindrique disposé soit verticalement, soit horizontalement. Selon l'usage auquel destiné, on distingue :

- Les séparateurs de détente utilisés pour le traitement des gaz à condensat.
- Les séparateurs G/H/E
- Les scrubbers et filtres.

### 1.4.2 Constitutions d'un séparateur

Un séparateur quel que soit le modèle (Horizontal, vertical, sphérique) comprendra les éléments suivants :

- Une entrée des effluents dans la partie haute de la capacité.
- Une série de chicanes dans la partie basse pour supprimer les vagues et les agitations de la phase liquide.
- Une sortie gaz dans la partie supérieure de la capacité, opposée à l'entrée des effluents, pourvue également de chicanes pour éviter les entraînements de liquides avec la phase gazeuse.



## **1.5 Equipements d'un séparateur**

Divers éléments sont nécessaire à son bon fonctionnement.

### **1.5.1 Dispositifs de contrôle de niveau**

Le niveau liquide dans le séparateur doit être contrôlé pour que le séparateur puisse exécuter sa tâche.

#### **1.5.1.1 Transmetteur et contrôleur de niveau**

Les vannes de contrôle de niveau liquide (vannes de décharge) sont actionnées (exploitées) par des contrôleurs de niveau liquide.

#### **1.5.1.2 Niveau à glace**

Les séparateurs ont aussi des niveaux à vue pour contrôler le niveau liquide. Ces dispositifs permettent à l'opérateur de vérifier le niveau, le bon fonctionnement des vannes de décharge et des contrôleurs de niveau appropriés.

### **1.5.2 Dispositifs de contrôle de pression**

La pression du gaz doit être contrôlée aussi.

#### **1.5.2.1 Régulateur de pression**

Il est utilisé des régulateurs de pression sur la sortie du gaz qui maintiennent la pression du séparateur en agissant sur la vanne de contrôle de pression.

#### **1.5.2.2 Transmetteurs de pression**

De même, les séparateurs possèdent des transmetteurs de pression qui assurent la bonne marche de la vanne contrôlant la pression.

#### **1.5.2.3 Soupapes de sécurité**

Les soupapes de sécurité PSV (Pressure Security Valve) évacuent l'éventuel surplus d'énergie du système à protéger et de limiter la pression maximale dans l'appareil qu'elles protègent à une pression admissible par celui-ci. Et elle est un organe de sécurité dont le fonctionnement est exceptionnel. Sa position normale est la position fermée.

### **1.5.3 Dispositifs de contrôle de Température**

Pour le contrôle de la température, les transmetteurs de température et des thermomètre sont placés dans différents endroits du dispositif.

### **1.5.4 Vannes**

Des vannes manuelles sont disposées sur les sorties eau et huile pour pouvoir effectuer des opérations de maintenance et aussi multiplier les barrières de sécurités.

### 1.5.5 Plaque d'éclatement

C'est un disque servant à assurer la sécurité du séparateur sous pression en cas de défaillance de la soupape de sécurité.

## 1.6 Problématique et objectif de l'étude

Le monde a vécu plusieurs expériences tragiques qui ont occasionné d'importantes pertes humaines et économiques. A l'instar de l'explosion du complexe de liquéfaction de Skikda, 19 janvier 2004, c'est la plus grande catastrophe industrielle que l'Algérie a jamais connue ; 27 morts et 74 blessés. les cas du Bhopal (en Inde), de Seveso (en Italie), de Piper Alpha (en Mer du Nord) et AZF (en France) et d'autres ont marqué l'histoire récente de la sécurité industrielle, donc aucun pays n'est à l'abri de ce genre catastrophes. [3]

La direction régionale de Hassi Messaoud englobe deux périmètres très importants CIS (Centre Industriel Sud) dont E1C est l'une des unités satellites et UTBS (Unité de Traitement Brut Sud) dont ils occupent une place privilégiée en matière de développement et production des activités du secteur dans le domaine de la transformation des hydrocarbures. Du fait de ses étendues et de la nature de ses activités ils constituent des centres sensibles en matière de sécurité industrielle.

La ville de Hassi Messaoud connaît aujourd'hui une expansion démesurée (extension anarchique). La concentration des habitations a atteint un seuil critique inacceptable et constitue une menace permanente pour la sécurité des biens et des personnes.

L'unité de séparation à haute pression constitue un élément très essentiels dans la chaîne de pré-traitement des hydrocarbures . Elle a comme objectif de traiter l'effluent venant des puits productrices après l'avoir séparé en trois phase (liquide, gaz, eau). Cette dernière présente un danger important sur l'ensemble totale de site. Elle manipule non seulement un produit extrêmement inflammable de quantité importante mais aussi la haute pression ce qui est classé cette zone une zone ATEX .

Nous avons choisi pour l'étude des phénomènes dangereux le séparateur HP. le déclenchement successif des évènements initiateurs qui peuvent donner naissance à des accidents industrielles. Ces accidents majeurs peuvent être dus soient à une défaillance imprévu de l'un des composants ou à une perte de contrôle des paramètres de fonctionnement du séparateur HP. Les conséquences dues à un accident majeur peuvent avoir des conséquences humaines et matériels importants. D'où la nécessité de les identifier et de prévoir des barrières de sécurité pour les supprimer ou dans le cas échéant de les réduire.

Dans cette étude, nous avons choisi le satellite E1C comme une unité globale pour l'évaluation des risques majeurs et plus particulièrement la section de séparation à haute pression(séparateur HP). Cette évaluation est faite grâce à des méthodes d'analyse du risque la plus prépondérante dans le domaine hydrocarbure afin de déterminer les scénarios des accidents majeurs les plus critiques.

CHAPITRE

— 2 —

ANALYSE DES RISQUES

## 2.1 Introduction

L'Analyse de risques a comme objectif de fournir une analyse détaillée des risques potentiels associés à l'installation du site E1C. Nous allons appliquer différentes méthodes d'analyse afin d'identifier tous les accidents majeurs relatifs au cette installation.

## 2.2 Décomposition fonctionnelle :SADT

SADT est une méthode de modélisation systémique d'un système complexe ou d'un processus opératoire, développée en 1977. C'est une méthode de description graphique par analyse fonctionnelle descendante : l'analyse chemine du général (dit « niveau A-0 ») vers le particulier et le détaillé (dits « niveaux Aijk») [4].

Le but de la SADT est d'offrir une vision globale et synthétique du système automatisé en ne retenant qu'un petit nombre d'informations jugé essentiel à la compréhension sous forme de modèle graphique appelé **actigramme**[5]

### 2.2.1 Les données de contrôle

Les données de contrôle(figure 2.1) concernent les boites d'activités et peuvent être de 4 types possible :

- W = Présence d'énergie ou de matière d'œuvre
- R = données de réglage (n'influent pas sur le cycle du système)
- C = données de configuration (influent sur le cycle du système)
- E = données d'exploitation (données qui permettent de piloter le fonctionnement du système)

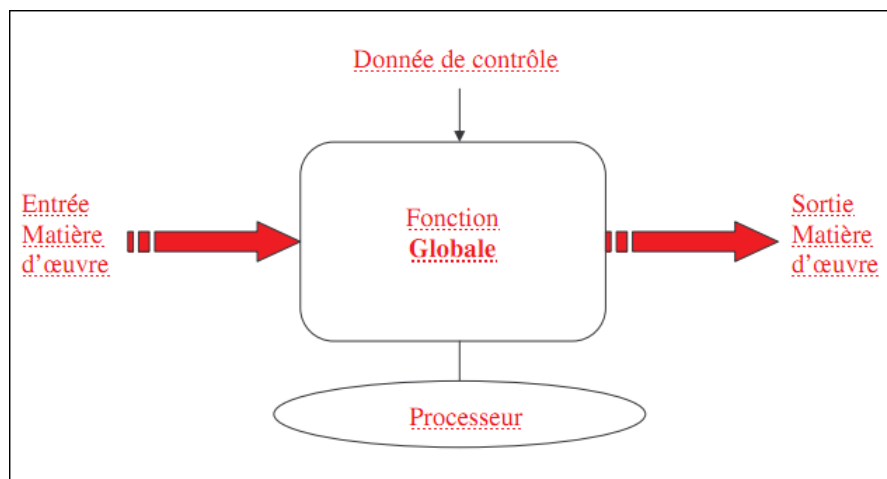


FIGURE 2.1 – Schéma générale d'un SADT

## 2.2.2 Actigramme SADT : Satellite E1C

### 2.2.2.1 Description

L'unité satellite E1C est décrite dans la paragraphe 1.3

### 2.2.2.2 Fonctionnement

Procédé de fonctionnement du satellite E1C section séparation et compression a été présenté en **Annexe F**.

La Figure 2.2 donne l'application de la méthode SADT niveau(A – 0) sur l'ensemble du site E1C

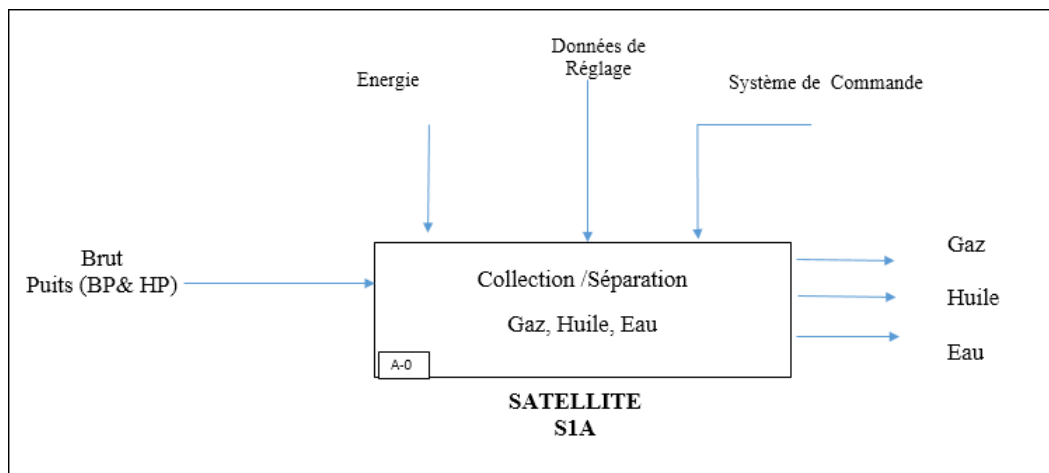


FIGURE 2.2 – SADT générale du satellite E1C

### 2.2.2.3 SADT niveau A0

la figure 2.3 donne l'application de la méthode SADT niveau A0.

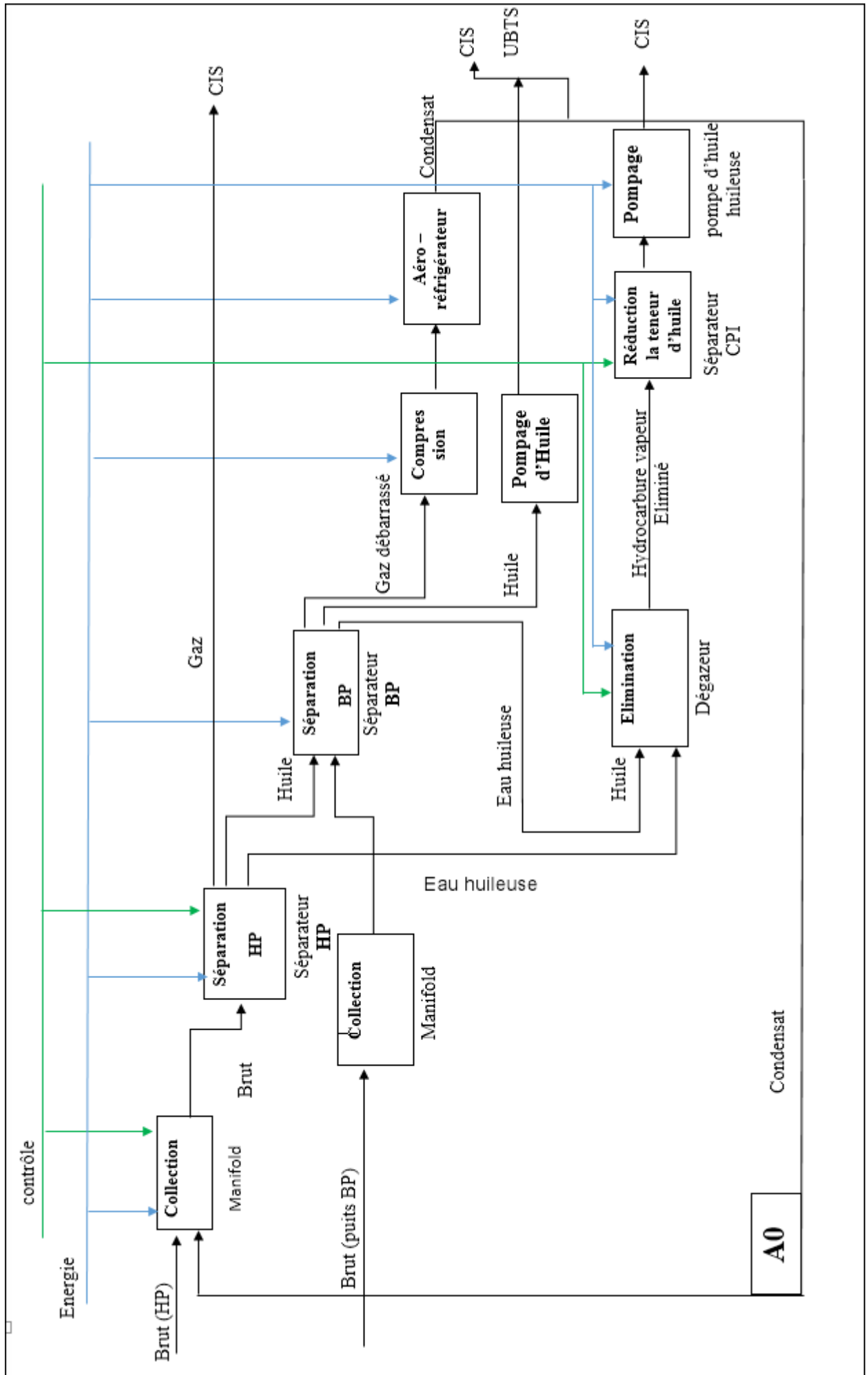


FIGURE 2.3 – SADT du Satellite EIC niveau(A0)

## 2.2.3 Séparateur HP

### 2.2.3.1 Description

La séparation de production haute pression (HP) consiste en un séparateur horizontal tri-phasique séparant l'huile, l'eau et le gaz contenus dans l'effluent venant du manifold HP. L'eau est évacuée sous contrôle de niveau vers le nouveau système d'eau huileuse. L'huile est évacuée par le contrôleur de niveau vers les séparateurs BP / ballon tampon où elle subira un deuxième dégazage avant d'être reprise par les pompes, et expédiée vers l'unité de stabilisation de brut (UTBS) ou vers l'unité de séparation 2<sup>ème</sup> étage du CIS. Le gaz est envoyé vers la nouvelle ligne de transport reliant le satellite avec le manifold d'export aux abords du CIS.

### 2.2.3.2 Fonctionnement

- **Pression d'opération :**

Le séparateur HP effectue un premier dégazage du liquide contenu dans l'effluent des puits à une pression d'environ 32 barg. Le liquide du séparateur de production est envoyé directement aux séparateurs BP / ballon tampon où la pression de service est d'environ 10 barg.

La séparation HP étant intercalée entre les puits producteurs HP et le manifold d'export à l'entrée du CIS, il n'est donc pas nécessaire que la pression du séparateur soit maintenue à une valeur bien déterminée et constante. Elle doit être cependant choisie et optimisée en fonction des critères suivants qu'elle doit être :

- a- Assez élevée pour permettre l'évacuation du gaz vers le manifold d'export qui opère à une pression fixe.
- b- Aussi faible que possible pour baisser au maximum la pression de tête des puits et augmenter ainsi la production.
- c- Relativement constante pour ne pas perturber le débit d'alimentation du séparateur de production HP.

- **Température d'opération :**

Il n'y a aucun contrôle de température d'opération du séparateur HP. Cette température est ce qu'elle est, en fonction de la chaleur contenue dans l'alimentation et de la pression à laquelle est effectué la séparation.

Les températures d'entrée enregistrées au cours du fonctionnement actuel du système BP varient entre 5 et 55 C (Hiver / Été). Il en sera de même pour le nouveau système HP, sauf qu'en hiver, la température d'entrée minimale prévue est de 10 C vu que les trunklines HP seront enterrés.

### 2.2.3.3 Schéma de procédé

Le diagramme des tuyauteries et d'instruments est présenté en **Annexe E** .

La figure 2.4 illustre la SADT niveau A1 de séparateur HP.

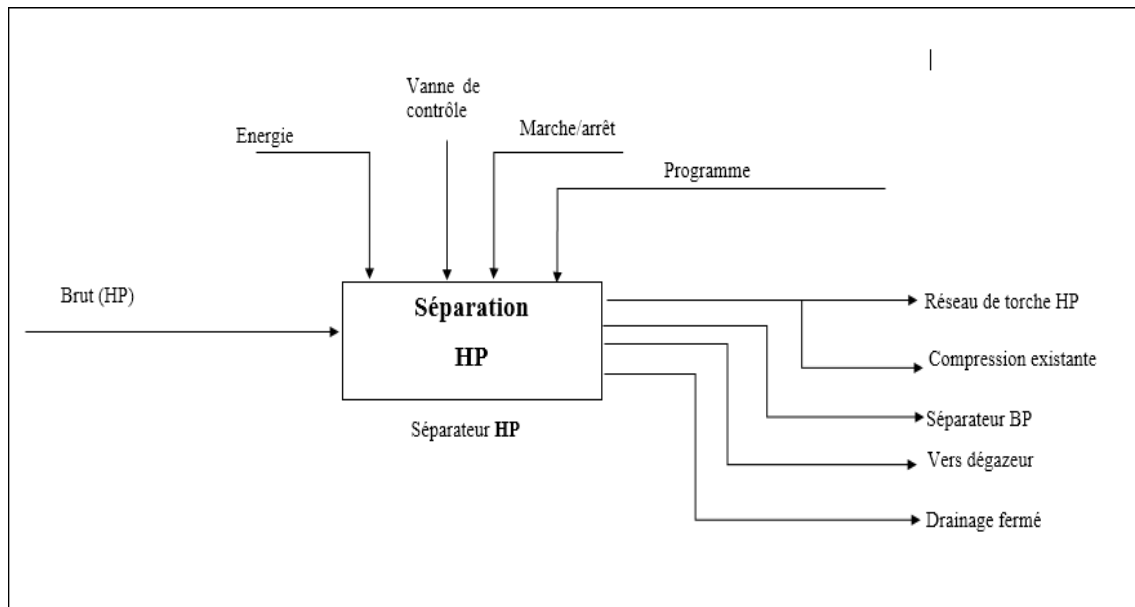


FIGURE 2.4 – Niveau A1 de séparateur HP

## 2.3 Méthode HAZOP

### Objectif

Le but d'une étude HAZOP est tout d'abord d'identifier les risques associés à un projet ou à un process. L'objectif principal de cette analyse est l'identification des scénarios d'accidents majeurs. Cette identification découle de l'identification des risques.

Un objectif secondaire est la formulation de recommandations permettant de garantir un niveau de risques acceptables. La sélection des scénarios d'accidents majeurs et les recommandations portent uniquement sur les équipements et les installations faisant intervenir des substances dangereuses [2].

### 2.3.1 Définition

La méthode HAZOP, ou Analyse de Perturbations, est une analyse systématique et formalisée d'identification des risques et des problèmes d'opérabilité d'installations ou de procédés. L'identification systématique et la détermination des causes et des conséquences des perturbations susceptibles de survenir au cours de l'exploitation des installations permettent en fait une analyse de l'intégrité opérationnelle du système étudié. Une perturbation correspond à une déviation par rapport aux intentions du concepteur susceptible de survenir aussi bien en opération normale ou en exploitation dite de routine des installations qu'en phase de démarrage, de mise à l'arrêt et d'entretien [6].

La méthode HAZOP est une technique d'identification des problèmes potentiels, elle ne vise pas à les résoudre. L'essentiel de l'étude HAZOP réside dans les sessions de réflexion au cours desquelles une équipe multidisciplinaire examine systématiquement les différents composants d'un projet selon une procédure structurée et suscitant la créativité.

Pour cette étude les mots guides (tableau 2.1) ont été utilisés [7] :



Tableau 2.1 – Exemples de mots-clés pour l’HAZOP

Déviations/Mots guides
1. pas/pas assez de débit
2. Retour de débit
3. Trop de débit
4. Trop de niveau
5. Pas assez de niveau
6. Trop de pression
7. Pas assez de pression
8. Trop de température
9. Pas assez de température
10. Mélange/réaction/viscosité/composition
11. Contamination
12. Opération anormale
13. Vibration, stress, fatigue
14. Défaillance des utilités
15. Influences externes

### 2.3.2 Résultats de l’étude

La synthèse des différentes sessions HAZOP est présentée en **APPENDICE A** sous forme de tableaux recensant les risques associés aux installations ainsi que les moyens de prévention et de protection mis en place .

## 2.4 Méthode AMDEC

L’Analyse des Modes de Défaillances et de leurs Effets et Criticités (AMDEC) (Norme CEI 1985) [8] est une méthode d’analyse inductive et qualitative étudiant les défaillances d’un système s’appuyant sur une liste quasi-exhaustive de modes de défaillances génériques. L’AMDEC a pour objectif d’examiner la défaillance des équipements. On définit les notions de modes de défaillances, de causes de défaillances et d’effets d’une défaillance.

### 2.4.1 Principe

L’Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets repose notamment sur les concepts de :

- Défaillance, soit la cessation de l’aptitude d’un élément ou d’un système à accomplir une fonction requise.
- Mode de défaillance, soit l’effet par lequel une défaillance est observée sur un élément du système.

- Cause de défaillance, soit les évènements qui conduisent aux modes de défaillances.
- Effet d'un mode de défaillance, soit les conséquences associées à la perte de l'aptitude d'un élément à remplir une fonction requise.

### 2.4.2 Déroulement

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

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

Dans les faits, il est intéressant de se doter de tableaux tant en qualité de support pour mener la réflexion que pour la présentation des résultats.

Le tableau 2.2 donne un exemple de type AMDEC[9].

Tableau 2.2 – Exemple d'un tableau de type AMDEC

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Equipement Repère	Fonctions, états	Mode de défaillance	Causes de défaillance	Effet local	Effet final	Moyens de détection	Dispositions compensatoires	P	G	Remarques

#### • Mode de défaillance

Pour chaque équipement et en fonction de l'état de fonctionnement, il faut envisager de manière systématique les modes de défaillances possibles (Colonne3 tableau 2.2).

La définition des modes possibles de défaillance pour un équipement peut être réalisée à partir du retour d'expérience associé à l'exploitation d'équipements similaires et des tests [9].

### 2.4.3 Résultats de l'étude

La synthèse des différentes sessions AMDEC est présentée en **Appendice B** sous forme de tableaux recensant les modes de défaillance probable aux équipements, leurs causes et conséquences ainsi que les moyens de prévention et de protection mis en place.

Tableau 2.3 – Modes de défaillance génériques

1	Défaillance structurelle (rupture)	18	Mise en marche erronée
2	Blocage physique ou coincement	19	Ne s'arrête pas
3	Vibrations	20	Ne démarre pas
4	Ne reste pas en position	21	Ne commute pas
5	Ne s'ouvre pas	22	Fonctionnement prématuré
6	Ne se ferme pas	23	Fonctionnement après le délai prévu (retard)
7	Défaillance en position ouverte	24	Entrée erronée (augmentation)
8	Défaillance en position fermée	25	Entrée erronée (diminution)
9	Fuite interne	26	Sortie erronée (augmentation)
10	Fuite externe	27	Sortie erronée (diminution)
11	Dépasse la limite supérieure tolérée	28	Perte de l'entrée
12	Est en dessous de la limite inférieure tolérée	29	Perte de la sortie
13	Fonctionnement intempestif	30	Court-circuit (électrique)
14	Fonctionnement intermittent	31	Circuit ouvert (électrique)
15	Fonctionnement irrégulier	32	Fuite (électrique)
16	Indication erronée	33	Autres conditions de défaillance exceptionnelles suivant les caractéristiques du système, les conditions de fonctionnements et les contraintes opérationnelles
17	Ecoulement réduit		

## 2.5 Matrice de risque

Après l'identification des risques et problèmes potentiels, une évaluation du risque a été réalisée en identifiant la probabilité d'occurrence ainsi que la gravité des conséquences. Cette évaluation s'est basée sur le principe de la matrice de risque (figure 2.5). Les conséquences étaient classifiées en deux catégories :

- S : la Sécurité
- E : l'Environnement

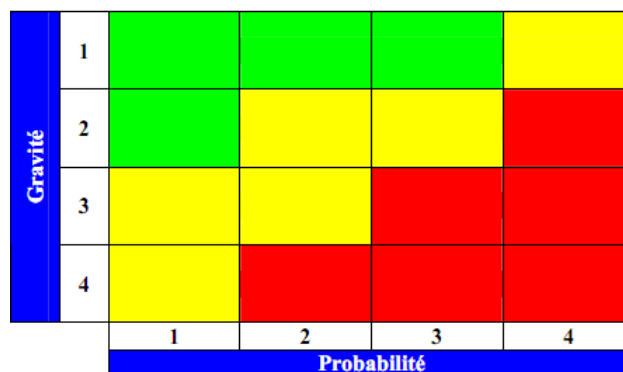


FIGURE 2.5 – Matrice de risque

Le but final était d'identifier tous les accidents majeurs relatifs aux installations de E1C. Un accident majeur a été défini comme ayant une gravité de 3 ou 4 en présence d'un produit dangereux. La matrice de risque utilisée pour la cotation est la matrice définie par SONATRACH DP. Les classes de gravité et de probabilité sont décrites en détails ci-après avec :

- Echelle de gravités :

Gravité	Personnel	Environnement	public	production/biens
G4	Plusieurs décès	Pollution hors limites de longue durée	Décès	Domage important et arrêt total de la production
G3	Incapacité permanente ou un décès	Pollution interne non maîtrisée ou pollution hors limite maîtrisée	Blessures significatives	Domage localisé et arrêt partiel d'unité
G2	Blessures significatives	pollution interne	Blessure mineur	Domage mineurs et arrêt bref de la production
G1	Blessure mineur	Mineur	Pas d'incidence	Pas de dommage, pas d'arrêt de production

- Echelle de probabilité :

Probabilité	Description	Fréquence
P4	Très probable	1/ an
P3	Probable	$10^{-2}$ à $10^{-1}$ /an
P2	Peu probable	$10^{-4}$ à $10^{-2}$ /an
P1	Improbable	$< 10^{-4}$ / an

- Niveaux de risque :

Classification de risque	Description
	Acceptable
	ALARP- améliorable
	Inacceptable

## 2.6 Scénarios d'accidents majeurs

Évènement tel qu'une émission, un incendie ou une explosion d'importance majeure résultants de développement incontrôlé survenus au cours de l'exploitation d'un établissement, entraînant pour la santé humaine, à l'intérieur ou à l'extérieur de l'établissement, et ou pour l'environnement, un danger immédiat ou différé, et faisant intervenir une ou plusieurs substance dangereuse [6].

Un accident est aussi défini en tant qu'accident majeur s'il fait intervenir une substance dangereuse et peut :

- du point de vue de la sécurité, potentiellement causer au moins une fatalité ;
- du point de vue environnemental, créer une pollution sur site de longue durée ;

Identifier les scénarios d'accidents est une étape clé dans le processus d'analyse de risque. Dans notre cas, nous avons identifié les scénarios de dangers liés au ballon de séparation HP par l'application de la méthode AMDEC et la méthode HAZOP, qui constituent réellement des méthodes synthétiques accompagnées de règles d'analyse descriptives du système.

- **Méthode HAZOP** : permet d'analyser les différentes déviations des paramètres de fonctionnement de séparation HP à savoir le niveau, le débit, la température ... , Afin de déterminer leurs causes, leurs conséquences et les mesures de sécurité mises en place

- **Méthode AMDEC** : permet d'identifier les modes communs de défaillances pouvant affecter le séparation HP et aussi classer les conséquences selon leur niveau de criticité.

Le Tableau 2.4 représente les trois scénarios que nous avons sélectionnés d'après l'analyse des risques.

Tableau 2.4 – Scénarios d'accidents majeurs

Localisation	Scénario d'accident majeur
Séparateur HP	1.Perte de confinement du séparateur due à une rupture ou bien une fuite
Les lignes	2.défaillance d'une ligne de gaz
	3.défaillance d'une ligne d'huile

## 2.7 Analyse quantitative des phénomènes dangereux

### 2.7.1 Probabilité d'occurrence

Les calculs des fréquences génériques de défaillance sont basés sur des données extraites du Handbook Failure Frequencies [10].

Le Handbook Failure Frequencies donne les probabilités de défaillances suivantes pour un équipement sous pression :

Tableau 2.5 – Les probabilités de défaillances pour un séparateur HP

Type de défaillance	fréquence de défaillance/an
Petite fuite	$1,2 \times 10^{-4}$
Fuite moyenne	$1,1 \times 10^{-5}$
Grande fuite	$1,1 \times 10^{-5}$
Rupture totale	$6,4 \times 10^{-6}$

### 2.7.2 Fréquences d'occurrences

L'arbre des conséquences (figures 2.6, 2.7, 2.8) donne les probabilités d'occurrence de chaque conséquence liée à l'événement. Ces fréquences d'occurrences d'événements sont basées sur les fréquences de fuites calculées selon l'équation (2.1) et sur les probabilités d'ignition et d'explosion [11] tirées de la base de données.

Ces probabilités d'ignition et d'explosion dépendent de la nature du produit libéré et de l'ampleur de la perte de confinement.

la fréquence de l'événement redouté (indésirable) s'obtient en multipliant la fréquence d'occurrence de l'événement initiateur et les probabilités d'ignition de chaque phénomène.

$$F_c = F_{IE} \times \prod P_{ignition} \quad (2.1)$$

## 2.8 Scénario N°1

Les événements redoutés sont une rupture totale du séparateur ou bien des fuites de différente taille. Le scénario retenu d'après l'analyse des risques est la perte de confinement d'une quantité importante d'hydrocarbure liquides et gazeux.

La figure 2.6 représente l'arbre des conséquences pour la perte de confinement de séparateur HP.

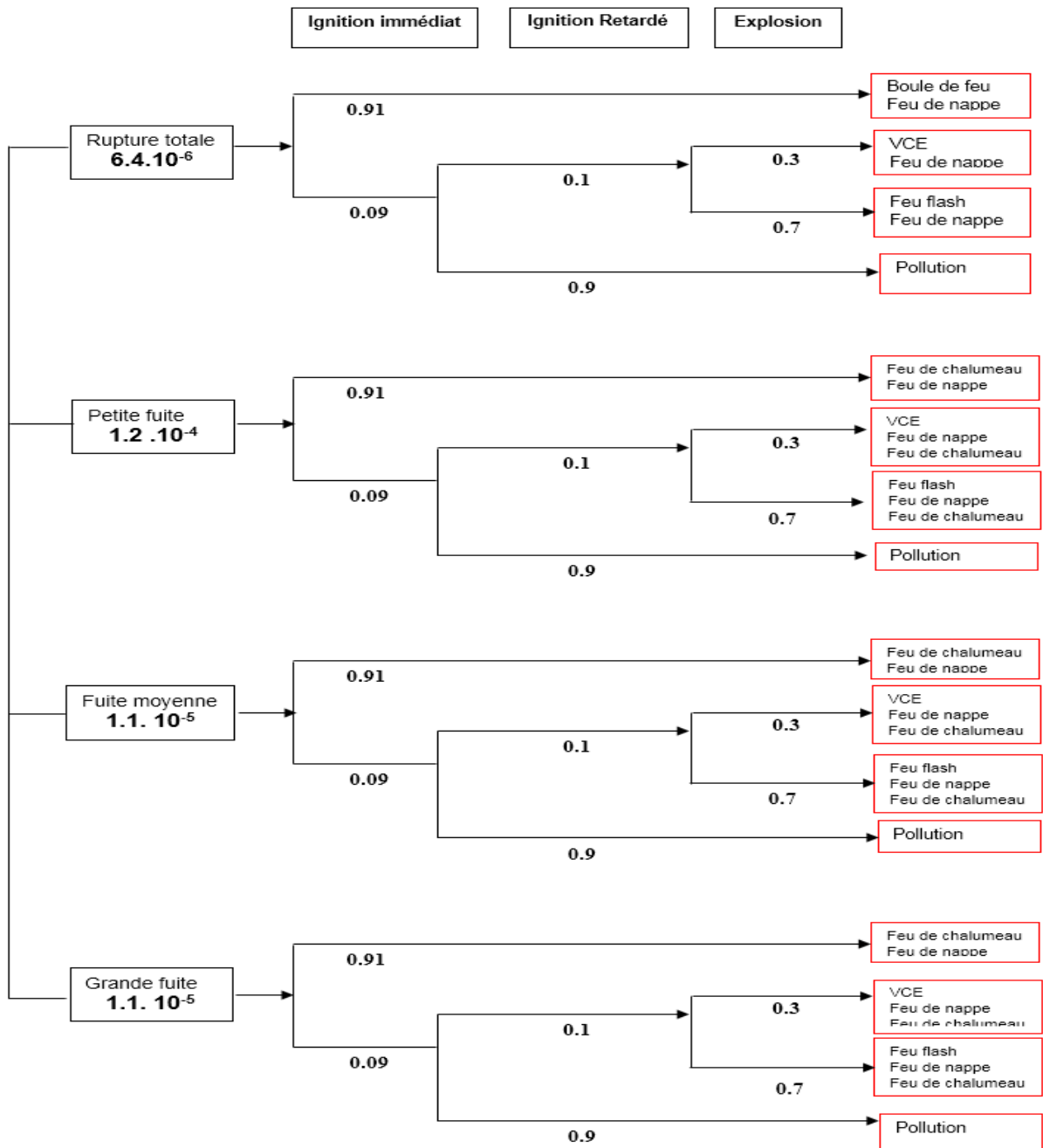


FIGURE 2.6 – Arbre des conséquences pour la Perte de confinement de séparateur HP

## 2.8.1 Synthèse des résultats :

Les tableaux 2.6 et 2.7 présentent respectivement les fréquences d'occurrence et la cotation des phénomènes dangereux

Tableau 2.6 – Fréquences d'occurrence du scénario -1-

Phénomènes dangereux	Fréquence d'occurrence /an
Boule de feu	$4,48 \times 10^{-6}$
Feu de nappe	$1,33 \times 10^{-4}$
Feu de chalumeau	$1,29 \times 10^{-4}$
feu flash	$1,89 \times 10^{-5}$
VCE	$1,24 \times 10^{-5}$
pollution	$4,85 \times 10^{-4}$

Tableau 2.7 – Cotation des phénomènes dangereux du scénario-1-

Phénomènes dangereux	Probabilité	Gravité	Criticité
Boule de feu	P1	G4	ALARP
Feu de nappe	P2	G4	Inacceptable
feu flash	P1	G4	ALARP
Feu de chalumeau	P2	G3	ALARP
VCE	P1	G4	ALARP

Nous avons constaté que :

- Les risques lié au phénomène **boule de feu** est jugé ALARP sur la base de sa fréquence d'occurrence( $4,48 \times 10^{-6}$ ).
- Les risques lié au phénomène **Feu de nappe** est jugé Inacceptable sur la base de sa fréquence d'occurrence( $1,33 \times 10^{-4}$ ).
- Les risques lié au phénomène **Feu flash** est jugé ALARP sur base de sa faible fréquence d'occurrence( $1,89 \times 10^{-5}$ ).
- Les risques lié au phénomène **VCE** est jugé ALARP sur la base de sa faible fréquence d'occurrence( $1,24 \times 10^{-5}$ ).
- Les risques lié au phénomène **Feu de chalumeau** est jugé Inacceptable sur la base de sa fréquence d'occurrence( $1,29 \times 10^{-4}$ ).



## 2.9 Scénario N°2

Les événements redoutés sont une rupture totale de la ligne ou bien des fuites de différente ampleur. Le scénario retenu d'après l'analyse des risques est donc la perte de confinement d'une quantité importante d'huile .

La figure 2.7 représente l'arbre des conséquences pour la perte de confinement d'une ligne d'huile

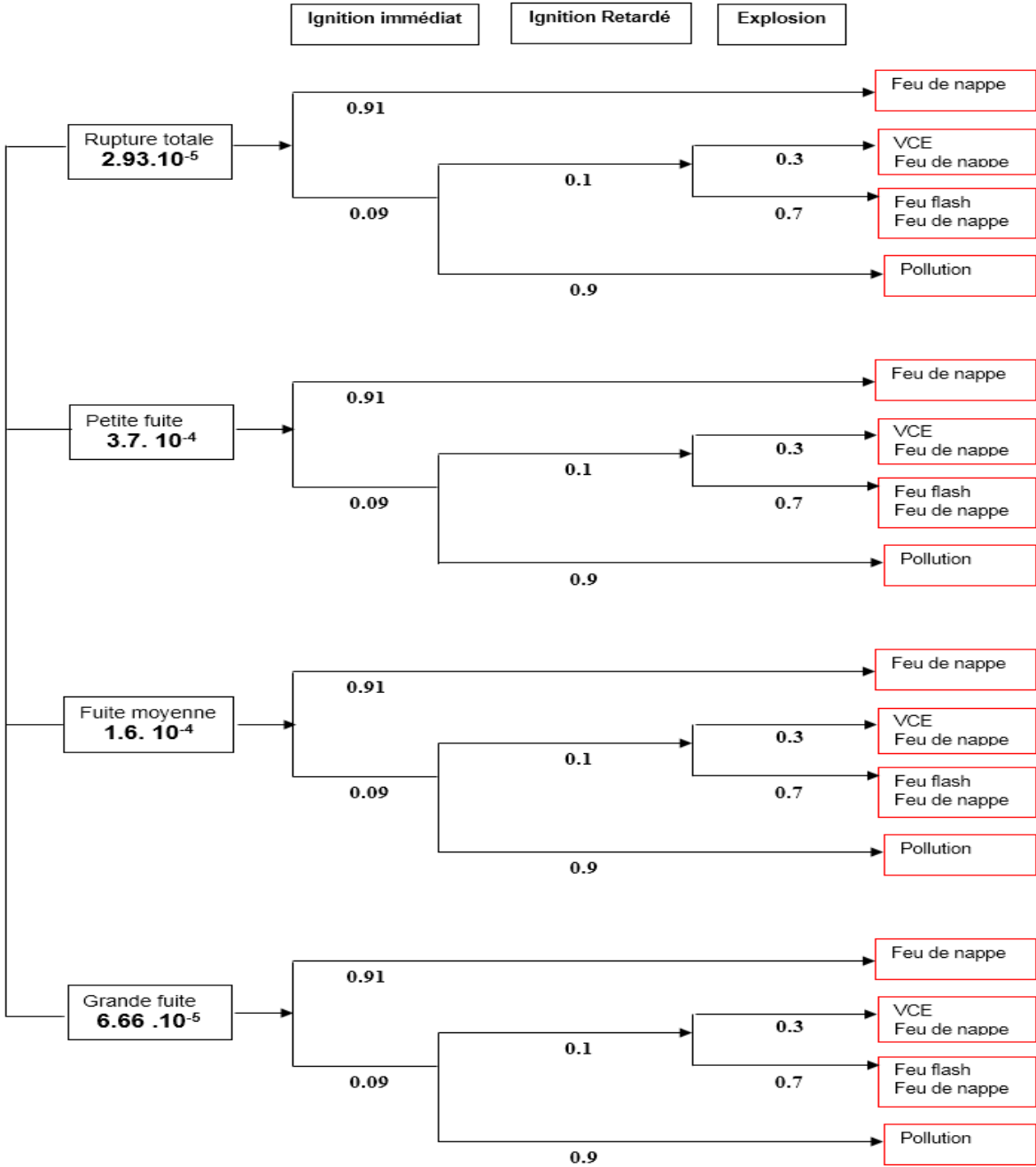


FIGURE 2.7 – Arbre des conséquences pour la perte de confinement d'une ligne d'huile

## 2.9.1 Synthèse des résultats :

Les tableaux 2.8 et 2.9 présentent respectivement les fréquences d'occurrence et la cotation des phénomènes dangereux

Tableau 2.8 – Fréquences d'occurrence du scénario -2-

Phénomènes dangereux	Fréquence d'occurrence /an
Feu de nappe	$1,07 \times 10^{-4}$
feu flash	$3,77 \times 10^{-5}$
VCE	$1,61 \times 10^{-5}$
pollution	$4,85 \times 10^{-4}$

Tableau 2.9 – Cotation des phénomènes dangereux du scénario-2-

Phénomènes dangereux	Probabilité	Gravité	Criticité
Feu de nappe	P2	G4	Inacceptable
feu flash	P1	G4	ALARP
VCE	P1	G4	ALARP

Nous avons constaté que :

- Les risques lié au phénomène **Feu de nappe** est jugé Inacceptable sur la base de sa fréquence d'occurrence( $1,07 \times 10^{-4}$ ).
- Les risques lié au phénomène **Feu flash** est jugé ALARP sur base de sa faible fréquence d'occurrence( $3,77 \times 10^{-5}$ ).
- Les risques lié au phénomène **VCE** est jugé ALARP sur base de sa faible fréquence d'occurrence ( $1,24 \times 10^{-5}$ ).

## 2.10 Scénario N°3

Les événements redoutés sont une rupture totale de la ligne ou bien des fuites de différente ampleur. Le scénario retenu d'après l'analyse est donc la perte de confinement d'une quantité importante de gaz. La figure 2.9 représente l'arbre des conséquences pour la perte de confinement d'une ligne de gaz

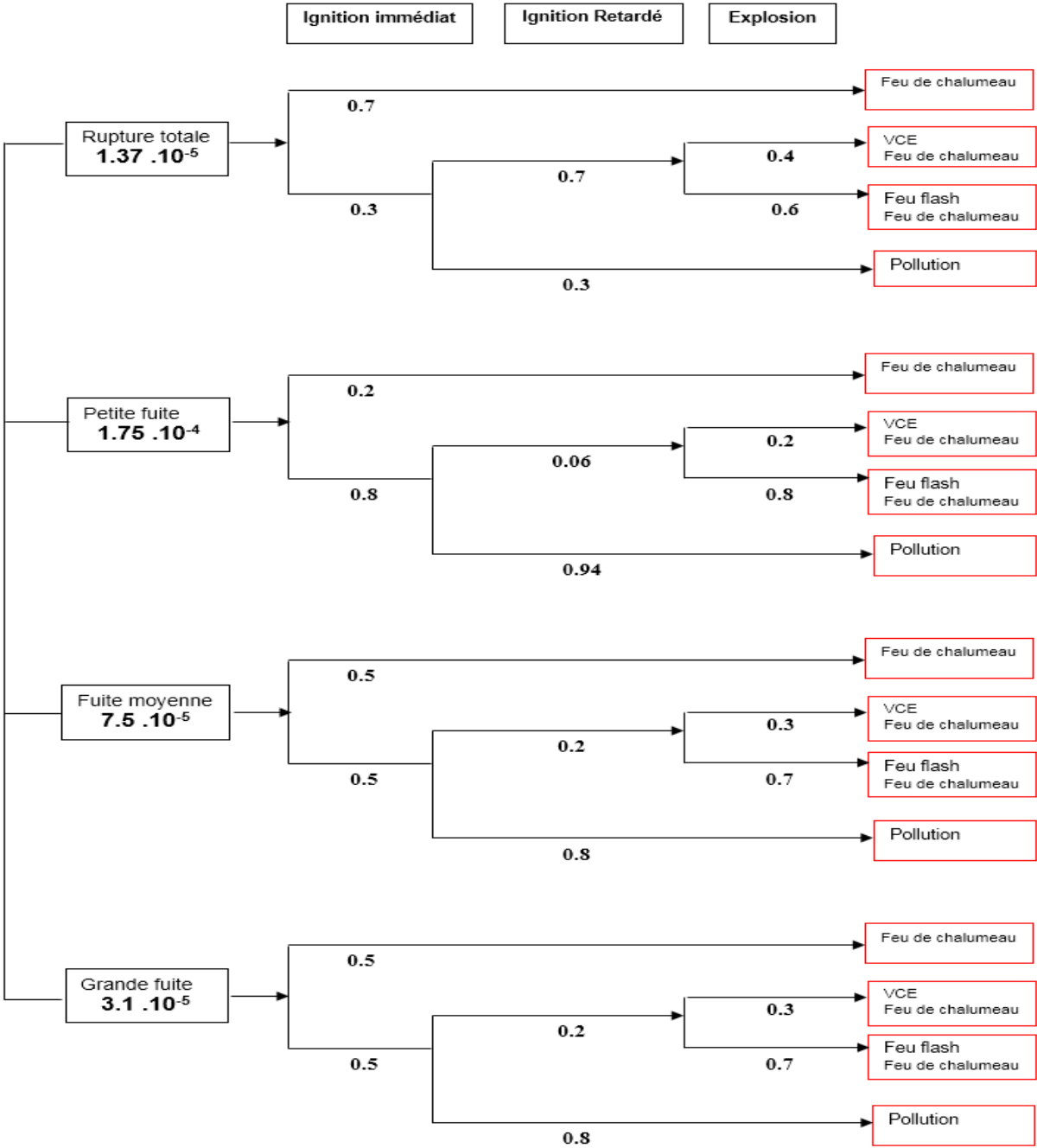


FIGURE 2.8 – Arbre des conséquences pour la perte de confinement d'une ligne de gaz

### 2.10.1 Synthèse des résultats :

Les tableaux 2.10 et 2.11 présentent respectivement les fréquences d'occurrence et la cotation des phénomènes dangereux

Tableau 2.10 – Fréquences d'occurrence du scénario -3-

Phénomènes dangereux	Fréquence d'occurrence /an
Feu de cchalumeau	$1,19 \times 10^{-4}$
feu flash	$1,58 \times 10^{-5}$
VCE	$6,01 \times 10^{-6}$
pollution	$1,17 \times 10^{-4}$

Tableau 2.11 – Cotation des phénomènes dangereux du scénario-2-

Phénomènes dangereux	Probabilité	Gravité	Criticité
Feu de chalumeau	P2	G4	ALARP
feu flash	P1	G4	ALARP
VCE	P1	G4	ALARP

Nous avons constaté que :

- Les risques lié au phénomène **Feu de chalumeau** est jugé ALARP sur la base de sa fréquence d'occurrence( $1,19 \times 10^{-4}$ ).
- Les risques lié au phénomène **Feu flash** est jugé ALARP sur base de sa faible fréquence d'occurrence( $1,58 \times 10^{-5}$ ).
- Les risques lié au phénomène **VCE** est jugé ALARP sur base de sa faible fréquence d'occurrence ( $1,58 \times 10^{-5}$ ).

CHAPITRE

— 3 —

MODÉLISATION DES EFFETS  
THERMIQUES

## 3.1 Les phénomènes dangereux

Un phénomène dangereux est une source potentielle de dommage. Il est caractérisé par une libération d'énergie ou de substance produisant des effets d'une certaine intensité capable d'infliger un dommage à des enjeux vulnérables (vivants ou matériels).

A cet égard, nous distinguons deux types :

### 3.1.1 Phénomènes instantanés

Les phénomènes dangereux susceptibles de produire d'importants effets thermiques et dont la durée est considérée comme instantanée sont les suivants :

- UVCE (Unconfined Vapour cloud Explosion)
- BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion)
- Boil Over

### 3.1.2 Phénomènes continus

Contrairement aux phénomènes instantanés, certains phénomènes sont caractérisés par une durée pouvant aller de quelques minutes à quelques heures, voire plusieurs jours dans certains cas :

- Feu de torche.
- Feu de nappe.
- Feu de matériaux solides (stockage en entrepôt ou externe)

Grâce au logiciel Matlab, nous avons réalisé un programme qui pourrait nous aider à décrire les approches du taux de chaleur dégagé par un feu. Ce programme se focalise sur le calcul des paramètres liés aux effets thermiques engendrés par un incendie avant et après l'inflammation pour les deux états de la matière liquide et gaz (l'état solide n'est pas pris en compte dans ce programme).

#### 1- avant l'inflammation :

On distingue deux types de rejet :

**1.a. rejet liquide**

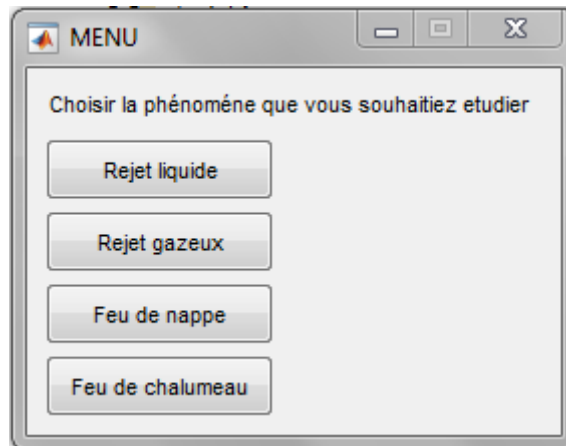
**1.b. rejet gazeux**

Le but recherché à travers la simulation du comportement dynamique d'un gaz comprimé dans un récipient, est d'estimer la réduction de sa pression et de sa température due à un rejet gazeux et il nous permet de calculer le débit massique pour les deux rejets.

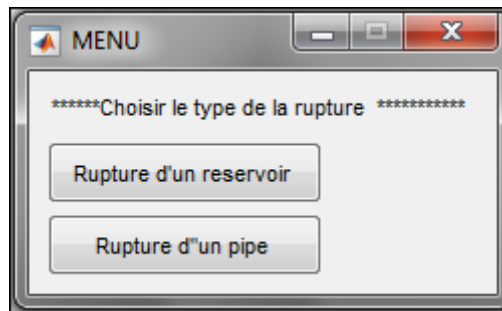
En général, la simulation suit une procédure numérique itérative, où l'écoulement de gaz est décrit suivant des pas de temps.

- Exemple de calcul :

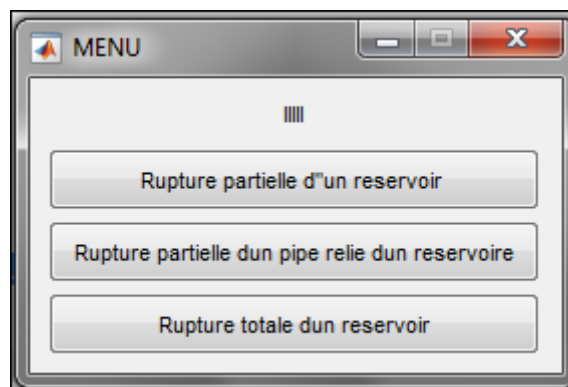
1-Nous Choisissons un rejet gazeux selon notre état du combustible.



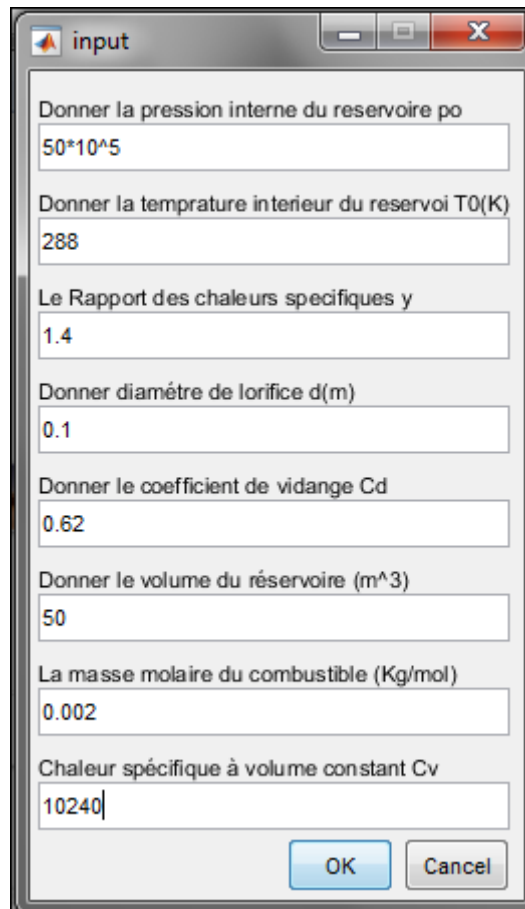
2-Nous Choisissons le type de rupture.



3- Nous Choisissons la rupture partielle d'un réservoir.



4-Nous remplissons les paramètres d'entrés en respectant les unités.



input

Donner la pression interne du reservoir po  
50\*10^5

Donner la temprature interieur du reservoi T0(K)  
288

Le Rapport des chaleurs specifiques  $\gamma$   
1.4

Donner diamétre de lorifice d(m)  
0.1

Donner le coefficient de vidange Cd  
0.62

Donner le volume du réservoir (m<sup>3</sup>)  
50

La masse molaire du combustible (Kg/mol)  
0.002

Chaleur spécifique à volume constant Cv  
10240

OK Cancel

5- Après la compilation,nous obtenons les résultats suivants



Le régime découlement est: Supersonique

Le nombre de Mach M = 69.2311

Le coffeicient K: 0.81019

La masse volumique (kg/m<sup>3</sup>): 4.1784

Débit Massique à la sortie m (Kg/s): 15.2325

La pression du gaz à la sortie de l orifice (bar): 17.94

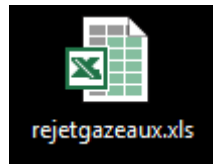
La température à la sortie de lorifice Tj(Kv) =240

Pour voir l atténuation du débit massique, vous trouviez sur votre Desktop un fichier excel nommé (rejet gazeau)contenant un tableaude 6 colone avec 30 pas de 1 s dont :

temps - Atténaution de masse volumique - Atténuation de temperature  
Masse Volumique - Température - Masse-débit massique, sont les colones respectivement

OK





## 2- Après l'inflammation :

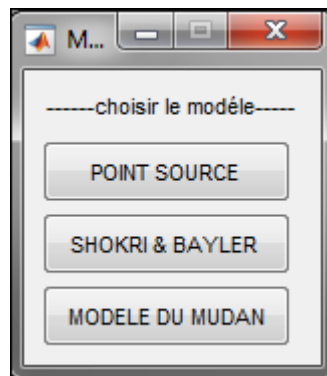
Deux types de modélisation sont disponibles :

- feu de nappe
- feu de chalumeau

Le but de cette modélisation est de calculer la densité du flux thermique reçu par une cible à une distance donnée et le taux de chaleur dégagé par un feu , ainsi que la hauteur moyenne de la flamme.

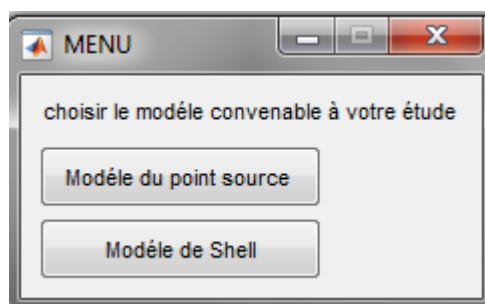
### 2.a. feu de nappe

Trois modèles de modélisation sont disponibles



### 2.b. feu de chalumeau

Deux modèles de modélisation sont disponibles



Un accident industriel majeur est susceptible d'engendrer trois types d'effets :

1. Effets de surpression (Explosion)
2. Effets thermiques (Incendie)
3. Effets toxiques (Dispersion atmosphérique)

Le phénomène dangereux sélectionné, qui est choisi après l'analyse des risques est le feu de nappe, donc on doit s'intéresser aux effets thermiques qui peuvent être engendrer par ce type de phénomène .

## 3.2 Effets thermiques

### 3.2.0.1 Introduction

L'effet thermique est causé par la combustion d'un produit inflammable ou d'une explosion [12].

On distingue :

- Les effets thermiques continue : Durée  $> 2$  min  $\Rightarrow$  se caractérisent par **un flux thermique** en  $(\text{kw}/\text{m}^2)$
- Les effets thermiques transitoires : Durée  $< 2$  min  $\Rightarrow$  se traduisent par une **dose thermique** en  $([\text{kw}/\text{m}^2]^{4/3}.\text{s})$

les effets thermiques diminuent lorsqu'on s'éloigne du centre de l'accident.

Les effets thermiques se manifestent principalement par des brûlures à des degrés variables en fonction de la distance, suite à une exposition à un flux thermique lié à un incendie, ou à la formation d'une boule de feu. Les installations voisines peuvent également être endommagées en fonction de la durée d'exposition à ce flux thermique.

Les effets thermiques dépendent de la durée d'exposition et surtout de l'intensité de la flamme reçue exprimée en kilowatt par mètre carré ( $\text{kw} / \text{m}^2$ ) de surface exposée.

La gravité d'une brûlure dépend de plusieurs facteurs :

- de son étendue et de sa profondeur
- la nature du terrain sur lequel elle survient
- de l'âge du blessé

Un être humain exposé à un rayonnement thermique peut subir des brûlures allant du simple érythème à la brûlure du 3<sup>ème</sup> degré. Ces brûlures sont fatales suivant la surface de peau brûlée et la gravité des lésions.

En terme de vulnérabilité des individus aux radiations thermiques, plusieurs seuils critiques sont généralement retenus, par ordre de gravité croissante :

- le seuil de douleur, qui permet de déterminer le temps d'exposition supportable pour un flux donné
- le seuil des brûlures significatives, qui correspond à l'apparition de cloques (phlyctènes) caractéristiques des brûlures du 2<sup>ème</sup> degré
- le seuil de létalité donné souvent pour 1%, 5%, 50% et 100% de mortalité.

### 3.2.1 Seuils de référence pour les effets thermiques

Nous utiliserions les seuils thermiques réglementaire[13] pour quantifier et mesurer les effets d'un accident majeur sur l'homme et sur les structures.

#### 3.2.1.1 Sur l'homme :

Le tableau 3.1 donne les seuils des effets thermiques sur l'homme.

Tableau 3.1 – Seuil thermiques des effets sur l'homme

seuils	Justifications
3 kW/m <sup>2</sup>	Seuil des effets irréversibles (SEI)
	Zone des dangers significatifs pour la vie humaine
5 kW/m <sup>2</sup>	Seuil des premiers létaux (SEI)
	Zone des dangers grave pour la vie humaine
8 kW/m <sup>2</sup>	Seuil des effets létaux significatifs (SeLS )
	Zone des dangers très grave pour la vie humaine

#### 3.2.1.2 Sur les structures

Le tableau 3.2 donne les seuils des effets thermiques sur les structures.

Tableau 3.2 – Seuil des effets thermiques sur les structures

seuils	Justifications
5 kW/m <sup>2</sup>	Seuil de destruction significative des vitres
8 kW/m <sup>2</sup>	Seuil des effets domino, seuil des dégâts graves
16 kW/m <sup>2</sup>	Seuil des dégâts très grave
200 kW/m <sup>2</sup>	Seuil de ruine du béton en quelque dizaine de minute

## 3.3 Modélisation du feu de nappe avec le logiciel PHAST

### 3.3.1 Données de modélisations

Les effets d'un feu de nappe sont modélisés avec le logiciel PHAST[14], qui est un logiciel de modélisation des phénomènes dangereux pour tous les stades de la conception et de l'exploitation des installations. Ce logiciel est utilisé pour évaluer les situations présentant des risques potentiels pour le personnel, les installations et l'environnement, et aussi la gravité de ses situations.

Dans notre cas le scénario retenu est la rupture catastrophique du séparateur HP de volume égal à  $92 m^3$ .

### Données d'entrées

- Substance : Huile brute
- Volume :  $92 m^3$
- Masse volumique :  $830 kg/m^3$
- Masse de substance : 76726 kg
- Pression : 40 bars
- Température : 40 C

## 3.3.2 Représentation des résultats de PHAST

### 3.3.2.1 Faible vitesse du vent

Dans ce cas, nous avons représenté les conséquences du feu de nappe, sans la prise en considération la vitesse et la direction du vent. Les résultats de la modélisation avec le logiciel PHAST sont représentés par la Figure 3.1 :

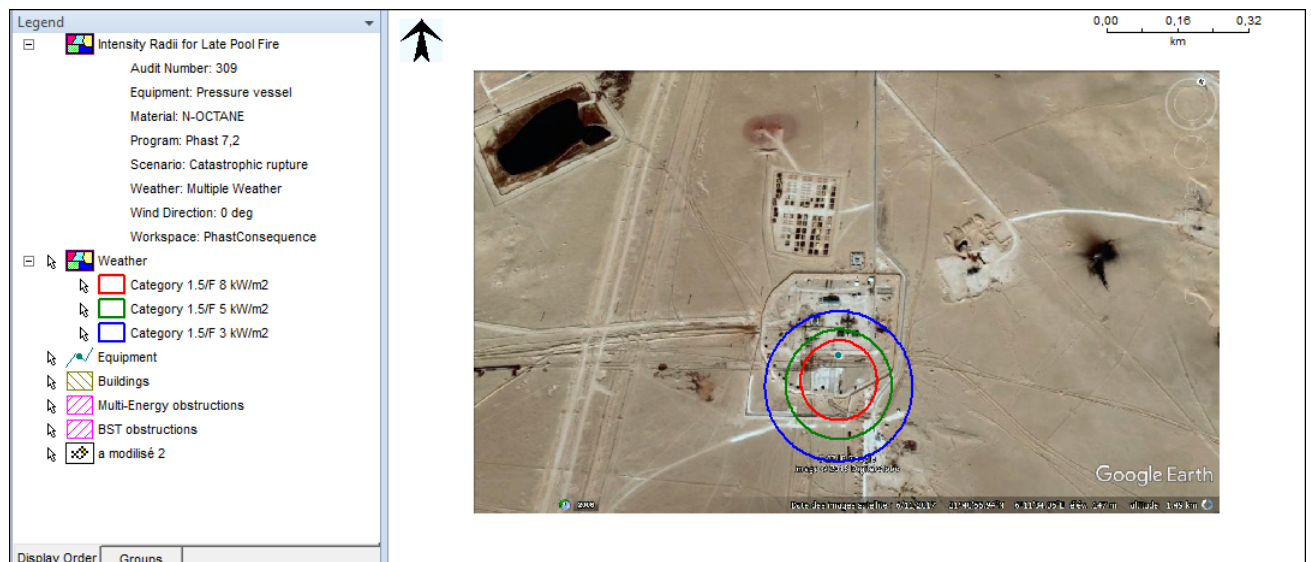


FIGURE 3.1 – Cartographie des effets thermiques d'un feu de nappe

Le tableau 3.3 donne les distances d'effet thermique suite à une rupture catastrophique du séparateur HP en fonction le niveau de radiation.

Tableau 3.3 – Distance d'effets de radiation d'un feu de nappe

Niveau de radiation	Distance d'effets
3 ( $kW/m^2$ )	236 m
5 ( $kW/m^2$ )	187 m
8 ( $kW/m^2$ )	144 m

### 3.3.2.2 Forte vitesse du vent

La figure 3.2 donne la direction du vent dominant et sa vitesse durant l'année 2014 [2].

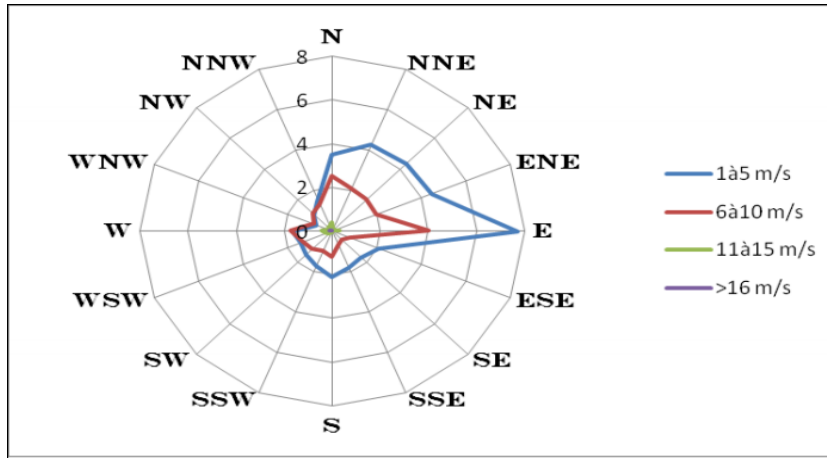


FIGURE 3.2 – Rose des vents de la ville Hassi Messouad

Durant tous les mois de l'année les vents de secteur Est sont les vents dominants hormis les mois de janvier, novembre et décembre où les vents de secteur Nord sont les vents dominants.

Nous avons représenté les résultats en considérant la direction du vent la plus fréquente (vers l'Est) avec une vitesse du vent égale 6 m/s.

La figure 3.3 donne les résultats de la modélisation :



FIGURE 3.3 – Cartographie des effets thermiques d'un feu de nappe cas de vitesse du vent 6 m/s

Le tableau 3.4 donne les distances d'effet thermiques suite à une rupture catastrophique du séparateur HP dans le cas d'une vitesse du vent de 6 m/s.

Tableau 3.4 – Distance d'effets de radiation d'un feu de nappe

Niveau de radiation	Distance d'effets
3 (kw/m <sup>2</sup> )	409 m
5 (kw/m <sup>2</sup> )	367 m
8 (kw/m <sup>2</sup> )	312 m

### 3.3.2.3 Interprétation des résultats

Dans le cas de faible vitesse du vent les résultats montrent que les zones d'effet pour les seuils (8kW/m<sup>2</sup>, 5 kW/m<sup>2</sup>, 3kW/m<sup>2</sup>) atteignent des distances 144, 187, 236 m respectivement.

Dans le cas d'un vitesse du vent de 6m/s avec une direction EST, les rayons d'effets seront multipliées par deux, la zone d'effet pour le seuil de 8 kW/m<sup>2</sup> atteint 312 m, la zone d'effets pour le seuil de 5 kW/m<sup>2</sup> atteint 367 m, et pour le seuil de 3kW/m<sup>2</sup> atteint 409 m.

La première situation dans le cas du faible vitesse du vent nous constatons que la zone d'effets se trouve à l'intérieur de l'unité ce qui permet d'engendrer des effets dominos.

La zone d'effet dans le cas de forte vitesse du vent dépend essentiellement de la vitesse et de la direction du vent. Les zones concernées par l'effet thermique se trouve approximativement à l'extérieur du site.

## 3.4 Modélisation mathématique

Le rayonnement est le mode de transfert privilégié de la chaleur dans un plan horizontal pour les feux de grande taille. Ainsi, il convient de s'intéresser en priorité à ce mode transfert de chaleur, notamment lorsqu'il s'agit de déterminer les distances d'effets thermiques sur l'homme.

Deux modèles sont utilisés[15] :

- **Le modèle du point source** : le flux thermique transmis par radiation est supposé émis par une source ponctuelle.
- **Le modèle de la flamme solide** : la flamme est assimilée à un volume de géométrie simple (cylindre, cône ou parallélépipède rectangle) rayonnant de manière uniforme sur toute sa surface.

### 3.4.1 Effets thermique en fonction du diamètre de la nappe

La modélisation faite précédemment avec le logiciel PHAST est une modélisation qui ne prend pas en considération certain paramètre tel que le diamètre de la nappe).

Suite à un déversement du pétrole brut, sa composition chimique sa masse volumique varient en fonction du temps. Nous allons étudier la variation du densité du flux thermique en fonction du diamètre de la nappe.

### 3.4.2 Modèle du point source

Le modèle du point source est basé sur les hypothèses suivantes [16] :

- La flamme est assimilée à une source ponctuelle
- Cette source ponctuelle est supposée rayonner avec une puissance équivalente à celle de la totalité de la flamme ;
- La densité de flux thermique radiatif reçue varie inversement au carré de la distance entre la source et la cible.

L'équation 3.1 donnée par Drysdale[17] permet de calculer la densité du flux thermique.

$$q''_r = \frac{Q_r \cdot \cos\Theta}{4 \cdot \pi \cdot R^2} \text{ (KW/m}^2\text{)} \quad (3.1)$$

avec :

$R$  : source ponctuelle en mètre  $R^2 = (L/2)^2 + d^2$

$q''_r$  : densité de flux radiatif reçu par la cible Kw/m<sup>2</sup>

$\Theta$  : Angle entre R et la distance d

$Q_r$  : puissance totale rayonnée (kw)

$$Q_r = \chi_r \cdot Q \quad (3.2)$$

$\chi_r$  : fraction radiative de l'incendie (sans unité)

La fraction radiative dépend de la nature du carburant et la surface de la nappe. D'après SFPE<sup>1</sup>, elle est donnée par la formule suivante :

$$\chi_r = 0.21 - 0.0034D \quad (3.3)$$

$D$  : Diamètre de la nappe (m )

#### 3.4.2.1 Taux de chaleur dégagé

$$Q = A_f \cdot m'' \cdot \chi \cdot \Delta H_c \quad (3.4)$$

avec :

$A_f$  : la surface de combustion horizontale du combustible(m<sup>2</sup>)

$m''$  : le taux de combustion (Kg/m<sup>2</sup>.s)

$\chi$  : rendement de combustion (sans unité)

$\Delta H_c$  : L'enthalpie de combustion complète(kJ/Kg)

---

1. SFPE Engineering Guide, Society of Fire Protection Engineers (SFPE), Bethesda, MD (1999).

### 3.4.2.2 Hauteur de la flamme

Dans un milieu non confiné et dans les conditions normales, la hauteur de la flamme est donné par l'équation 3.5

$$L = -1.02D + 0.235Q^{2/5} \quad (3.5)$$

### 3.4.2.3 Le taux de perte de masse

Le taux de perte de masse d'un réservoir en combustion libre (non confiné) dépend non seulement du diamètre du réservoir, mais aussi de deux coefficients empiriques qui caractérisent la particularité du combustible et sont, fonction du flux de chaleur radiatif.

$$m'' = m''_{\infty} \cdot (1 - e^{-K\beta D}) \quad (3.6)$$

$m''$  :le taux de perte de masse ( $\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ )

$m''_{\infty}$  et  $K\beta$  dépendent du combustible utilisé

### 3.4.2.4 Utilisation du Matlab

L'utilisation du logiciel Matlab permet de donner la variation de la densité du flux thermique en fonction du diamètre de la nappe.

les valeurs de différents paramètres tel que  $\Delta H_c$ ,  $\chi$ ,  $K\beta$  sont données en annexe (C). Le tableau 3.5 donne la variation des différents paramètres en fonction du diamètre



Tableau 3.5 – Variation des différents paramètre en fonction du diamètre

D(m)	L(m)	q''(kw/m <sup>2</sup> )	Qr(kw)	perte totale(kg/s)
3,00	1,96	0,08	422,04	0,28
4,00	2,24	0,15	737,69	0,49
5,00	2,46	0,22	1132,70	0,77
6,00	2,63	0,32	1602,35	1,10
7,00	2,75	0,42	2141,87	1,50
8,00	2,85	0,54	2746,46	1,96
9,00	2,92	0,67	3411,33	2,48
10,00	2,96	0,82	4131,70	3,06
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
15,00	2,90	1,66	8398,39	6,89
16,00	2,85	1,85	9351,17	7,84
17,00	2,78	2,04	10325,92	8,85
18,00	2,70	2,24	11317,86	9,92
19,00	2,61	2,44	12322,19	11,05
20,00	2,52	2,64	13334,13	12,25
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
25,00	1,89	3,64	18340,30	19,13
26,00	1,75	3,83	19297,30	20,70
27,00	1,59	4,02	20228,39	22,32
28,00	1,43	4,20	21128,78	24,00
29,00	1,27	4,37	21993,66	25,75
30,00	1,10	4,54	22818,27	27,55
35,00	0,16	5,21	26169,41	37,50

la courbe illustré dans la figure 3.5 donne la variation du densité du flux thermique en fonction du diamètre de la nappe

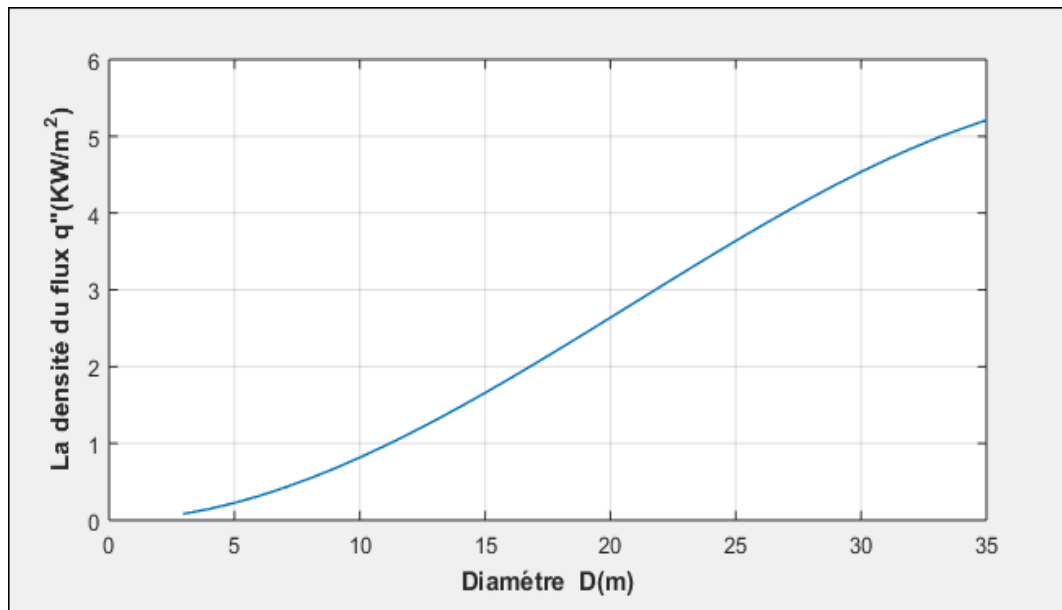


FIGURE 3.4 – Variation du densité de flux en fonction du diamètre

Le modèle du point source reste toutefois valable sous certaines conditions, pour des diamètres inférieur à 35 m.

On observe que la densité du flux thermique est autour ( $5\text{kw}/m^2$ ), le modèle de source ponctuelle n'est pas le choix le mieux adapté (dans des conditions où l'inflammation des combustibles doit être considérée[15]).

### 3.4.3 Modèle de Mudan

Mudan a présenté un modèle pour estimer la densité du flux thermique radiatif reçu par un élément à l'extérieur d'un feu de nappe [18].

La densité du flux thermique radiatif reçu par un élément à l'extérieur de l'enveloppe de la flamme est donnée par la formule suivante :

$$q''_r = E_b \cdot F_{12} \cdot \tau \quad (3.7)$$

avec :

$E_b$  : Pouvoir émissif de la flamme ( $\text{kW}/m^2$ )

$F_{12}$  : Facteur de vue varie entre 0 et 1

$\tau$  : Facteur de transmissivité atmosphérique (0-1)

#### 3.4.3.1 Le pouvoir émissif

$$E_b = E_{max} e^{-sD} + E_s [1 - e^{-sD}] \quad (3.8)$$

avec :

$E_{max}$  : pouvoir émissif maximum des parties lumineuses de la flamme ( $140kW/m^2$ )

S : Coefficient d'extinction égal à  $0.12 m^{-1}$

$E_s$  :pouvoir émissif des fumées ( $20KW/m^2$ )

### 3.4.3.2 Hauteur de flamme

Le modèle de Thomass[19]donné par l'équation 3.9 permet de déterminer la hauteur de la flamme :

$$\frac{L}{D} = 42\left(\frac{m''_{\infty}}{\rho_a\sqrt{gD}}\right)^{0.61} \quad (3.9)$$

avec :

D : Diamètre de la nappe (m)

$m''_{\infty}$  :Taux de perte de masse par unité de surface de la nappe ( $kg/m^2s$ )

$\rho_a$  : Masse volumique de l'air ambient ( $kg/m^3$ )

g :La pesanteur ( $9.81m/s^2$ )

Le tableau 3.5 donne les résultats de calcul du modèle du Mudan.

Tableau 3.6 – Synthèses des calculs du modèle de MUDAN

Diamètre(m)	L(m)	$q''(kw/m^2)$	$E(Kw/m^2)$
3,00	6,06	7,89	103,72
4,00	7,40	6,15	94,25
5,00	8,64	4,88	85,86
6,00	9,81	3,96	78,41
7,00	10,92	3,31	71,81
⋮	⋮	⋮	⋮
15,00	18,55	2,55	39,84
16,00	19,40	2,68	37,59
17,00	20,24	2,82	35,60
18,00	21,06	2,97	33,84
19,00	21,86	3,14	32,27
20,00	22,66	3,32	30,89
⋮	⋮	⋮	⋮
25,00	26,46	4,45	25,97
26,00	27,19	4,73	25,30
27,00	27,91	5,02	24,70
28,00	28,62	5,34	24,17
29,00	29,33	5,68	23,70
30,00	30,03	6,04	23,28
⋮	⋮	⋮	⋮
35,00	33,43	8,37	21,80
36,00	34,09	8,98	21,60
37,00	34,74	9,69	21,42
38,00	35,39	10,52	21,26
39,00	36,04	11,59	21,11
40,00	36,68	14,04	20,99
⋮	⋮	⋮	⋮
50,00	42,83	15,95	20,30

La figure 3.6 donne la variation du densité du flux thermique en fonction du diamètre de la nappe.

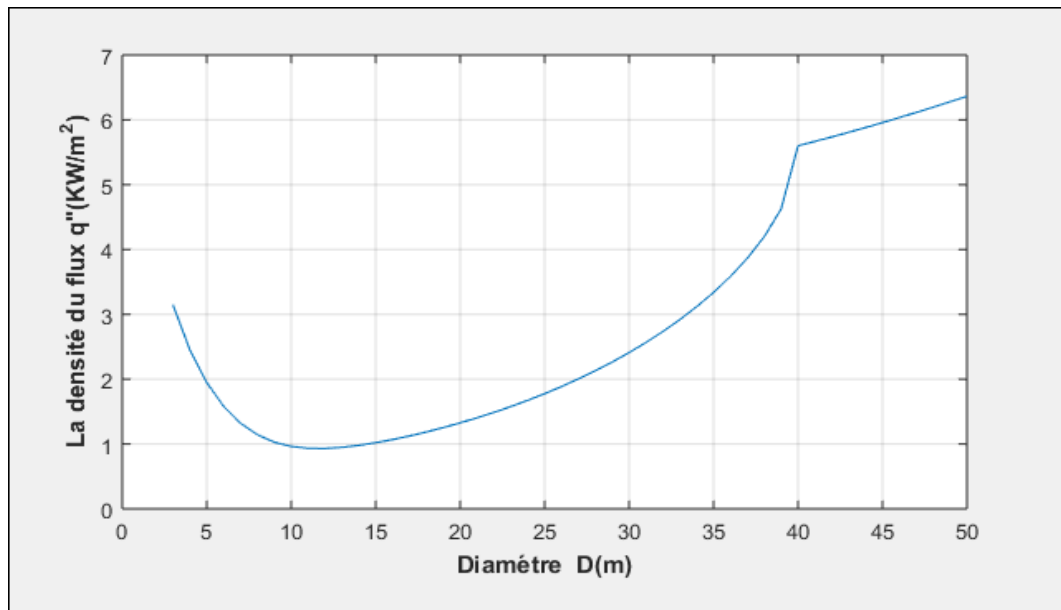


FIGURE 3.5 – Variation du densité de flux en fonction du diamètre

Nous avons constaté que :

Pour les diamètres inférieur à 11 m, la densité du flux thermique diminue en fonction du diamètre.

Dans le cas des diamètres supérieur à 11 m, la variation du densité du flux thermique augmente en fonction du diamètre de la nappe.

Le modèle de MUDAN a met effectivement la variation du densité du flux thermique en fonction du diamètre de la nappe.

### 3.4.4 Conclusion

Les deux modèles utilisés précédemment montrent que le diamètre de la nappe a un effet important sur la densité du flux thermique reçu par un cible à une distance donnée. Le modèle du point source n'est pas le bon choix dans le cas des diamètres de feu à grande échelle. En revanche, le modèle de MUDAN est appliqué pour une gamme de diamètre plus large que le premier modèle.

Différents corrélations sont utilisées visant à estimer la hauteur de flamme à partir des propriétés physico-chimique-chimiques du combustible et du diamètre de nappe.

Il paraît ainsi difficile de juger de la pertinence relative de ces formules empiriques. Leur utilisation et leur extension à un domaine de validité plus large doivent être considérées de manière prudente et étudiées au cas par cas selon la famille de produit considéré.

## 3.5 Solution proposé pour le cas de feu de nappe

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

### 3.5.1 Dimensionnement de la cuvette

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

#### 3.5.1.1 La longueur de la cuvette

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

#### 3.5.1.2 La largeur de la cuvette

Le séparateur HP a une diamètre nominale égale 3.2 m. La largeur de la cuvette doit être supérieur à celui-ci. Une valeur de **5 m** a été choisit pour définir la largeur .

La première fonction d'une cuvette de rétention est de collecter les écoulements des stockages .A cet effet la rétention doit être conçu et dimensionnée par rapport à la quantité de matière susceptible de s'écouler et au volume de mousse nécessaire pour l'extinction. La relation entre ces paramètres est donnée par l'équation 3.10 :

$$V_{cuvette} = V_{séparateur} + V_{mousse} \quad (3.10)$$

Le volume du séparateur est donné par l'équation 3.11 :

$$V_{séparateur} = \frac{\pi D^2 L}{4} \quad (3.11)$$

d'où :

L :longueur de séparateur 11.5m.

D :Diamètre de séparateur 3.2m .

$$V_{séparateur} = 92.44 \text{ m}^3$$

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

Le volume de la mousse est donné par l'équation 3.12 :

$$V_{mousse} = S_{cuvette} \cdot ep \quad (3.12)$$

$$V_{mousse} = 9 \text{ m}^3$$

D'où :

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

L : Longueur de la cuvette ( $12m$ )

l : largeur de la cuvette ( $5m$ )

ep : épaisseur de la mousse  $0.15m$

le volume du cuvette est donné par l'équation 3.10 :

$$V_{cuvette} = V_{séparateur} + V_{mousse}$$

$$V_{cuvette} = 101m^3$$

La hauteur de la cuvette est calculé par l'équation 3.14 :

$$H = \frac{V_{cuvette}}{L.l} \quad (3.13)$$

$$H = 1.68m$$

### 3.5.2 Extinction de feu de nappe

Pour l'extinction du feu de nappe nous recommandons d'utiliser la mousse comme agent extincteur. La mousse permis d'étouffer le feu, en empêchant l'apport de l' $O_2$  au liquide en feu, et isoler les vapeurs et les gaz inflammables. Elle permet aussi de refroidir le feu et constitue un écran contre la chaleur rayonnante.

Le tableau 3.7 représente les caractéristiques de la mousse utilisée[2].

Tableau 3.7 – Caractéristiques de la mousse

Type d'émulseur	Coefficient de foisonnement	Taux Foisonnement	Concentration
Synthétique	5	bas foisonnement	3 %

#### 3.5.2.1 Solution moussante

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

1. eau sous pression
2. émulseur
3. gaz ( $CO_2$  pour les mousses chimiques et l'air ambiant pour les mousses physiques)

Le taux de foisonnement est donné par l'équation 3.15 :

$$TF = \frac{Volume.de.mousse}{Volume.de.solution.moussante} \quad (3.14)$$

$$Volume\ de\ la\ solution\ moussante = \frac{V.de.mousse}{TF} = 1.8m^3$$

#### 3.5.2.2 Volume d'émulseur

Le volume d'émulseur est donné par l'équation 3.15

$$V_{émulseur} = V_{S.moussante} \times concentration \quad (3.15)$$

$$V_{émulseur} = 0.27 m^3$$

### 3.5.2.3 Volume d'eau nécessaire

$$V_{eau} = V_{S.moussante} - V_{émulseur} \quad (3.16)$$

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

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

## 3.6 Recommandation

Afin de réduire le niveau de risque et de le maintenir à un niveau acceptable et aussi d'améliorer la situation, diverses actions ont été recommandées :

- Assurer une maintenance périodique et garantir une fiabilité de toute l'ensemble des vannes de sécurité de séparateur HP.
- Mettre en place un programme d'entretien et d'inspection pour les différents capteurs et systèmes de contrôle de séparateur HP.
- Mettre en place un programme périodique de mise en peinture anticorrosion de manière à prévenir le risque de corrosion externe.
- Mise en place d'un planning d'inspection pour tout type de fuite de produit inflammable.
- Mettre en place un ensemble d'équipements de pompage d'hydrocarbure liquide dans la cuvette de rétention afin de pouvoir récupérer le produit débordé en cas de fuite.
- Mettre en place un système anti-incendie automatique lié à des détecteurs de flamme, qui se déclenche automatiquement en cas d'incendie.
- La formation du personnel concernant les risques de la haute pression et les procédures d'exploitation concernant le démarrage et l'arrêt de séparateur HP.
- La mise à jour des plans et des contrats de maintenance, la modification du matériel et des installations pour faciliter les opérations de maintenance.
- Contrôle d'étanchéité au niveau de séparateur HP.
- Mettre en place une base de donnée permettant de tracer les réparation, modifications et planifier les contrôles et maintenance à effectuer.
- Etablissement d'un système de suivi des défaillances et des maintenance sur les équipements de séparateur HP.
- Opération de raclage pour détecter les pertes d'épaisseur, les défauts géométriques, les fissures sur les tuyauteries.



## 3.7 Conclusion générale

La Société SONATRACH avait pris l'engagement de rénover les sept unités satellites et de réaliser un nouveau système de production. Le projet (satellite Revamping project) permet d'accroître la capacité de production des puits et d'allonger leurs durée de vie et permet aussi d'éviter le torchage de 2 millions  $m^3/jour$  de gaz.

Afin de répondre à cette problématique, nous avons suivi un enchaînement logique qui consistait à l'utilisation d'un ensemble des méthodes d'analyse soigneusement choisies pour arriver à une bonne évaluation des risques majeurs.

Le séparateur HP représente un équipement essentiel dans la section de séparation. Il présente un grand danger sur l'ensemble de l'unité E1C. Il contient non seulement des produits dangereux inflammables mais aussi son fonctionnement nécessite des hautes pressions qui peuvent représenter un enjeu difficile à maîtriser.

La réduction des risques d'un système industriel est une exigence importante pour l'entreprise. Réduire un risque à un niveau acceptable ou tolérable, en utilisant plusieurs méthodes, revient à maîtriser le risque grâce aux barrières de sécurité technique et organisationnelle.

Notre travail principal a été focalisé sur l'analyse des risques majeurs en identifiant les accidents susceptible d'engendrer un phénomène dangereux afin de sécuriser le personnel et toute l'installation des éventuels incidents provenant d'une défaillance technique ou une perte de contrôle.

Nous avons en premier lieu présenté l'unité E1C et les principaux travaux du projet (satellite revamping Project). Nous avons donné une étude détaillée sur le séparateur triphasique HP (mode de fonctionnement, équipement de contrôle, constitutions) afin de mieux comprendre ces équipements et leurs rôles dans le chaîne de traitement des hydrocarbures.

La deuxième partie consiste à identifier les scénarios capables d'engendrer un accident majeur. Pour cela nous avons appliqué deux méthodes : la première est la méthode HAZOP qui nous a aidé à déterminer les conséquences potentiel de chaque dérivé des principaux paramètres liés à l'exploitation de système et la deuxième est la méthode AMDEC qui nous a aidé à connaître les modes de défaillance de chaque équipement et le niveau de criticité. Nous avons sélectionné trois scénarios critiques et pour chaque scénario nous avons envisagé à partir d'un événement initiateur, l'enchaînement des événements pouvant conduire à un accident potentiel en évaluant la probabilité d'occurrence de chaque phénomène dangereux selon le type d'ignition.

Nous avons trouvé cinq phénomènes dangereux différents (VCE, Boule de feu, Feu de nappe, Feu de flash, Feu de chalumeau). Le feu de nappe était le phénomène le plus fréquent et le plus répandu sur site.

La troisième partie a été consacrée à la modélisation des effets thermiques associés au feu nappe. Nous avons réalisé un programme sur Matlab qui nous a aidé à calculer la densité du flux thermique reçu par une cible et la géométrie de la flamme ainsi que l'atténuation du débit massique en fonction du temps dans le cas d'un rejet gazeux. Nous avons appliqué une modélisation des effets thermiques en utilisant le logiciel de simulation PHAST qui nous a donné les résultats sous forme de distances. Le logiciel que nous avons réalisé nous a permis à déterminer l'effet du diamètre sur la densité du flux thermique reçu par une cible en utilisant

deux modèles point source et MUDAN.

Pour lutter contre les effets du feu de nappe et protéger l'ensemble du site nous avons proposé de mettre en place un périmètre de sécurité. Il s'agit d'une cuvette de rétention de 12 m de longueur, 5 m de largeur, 1.7 m d'hauteur. Nous avons calculé la quantité de la mousse, la quantité d'émulseur et la quantité d'eau nécessaire pour l'extinction.

Pour finir il serait souhaitable que la solution et les recommandations proposées dans ce rapport soient mises en pratique pour améliorer le niveau de sécurité au sein de l'unité E1C.

# BIBLIOGRAPHIE

- [1] Margossian Nichan. *RISQUES ET ACCIDENTS INDUSTRIELS MAJEURS*, volume 283 of *Environnement et sécurité*. Imprimerie CHIRAT, Paris, dunod edition, Février 2006.
- [2] SONATRACH Direction Traitement des Hydrocarbures. Étude d'impact environnemental (e1c). Technical report, Hassi messouad, 25 NOV 2015.
- [3] *Discours d'ouverture du Docteur Chakib KHELIL Ministre de l'Energie et des Mines l'occasion de la journée d'étude sur la prévention des risques majeurs*, SKIKDA, 19janvier 2005.
- [4] centre de développement pédagogique. Analyse systémique des systèmes techniques. Février 2005.
- [5] Sadeg B. Quelques transparents de cours sur la méthode sadt université du havre. 1995-1996.
- [6] INERIS-DRA. oméga20 : Démarche d'évaluation des barrières humaines de sécurité. rapport d'étude N.46055, 21/12 2006.
- [7] Matsuzaki Kei. Rapport hazop e1c. Technical Report PP158732-3-E, JGC Algeria,, alger,algerié, 12/10 2016.
- [8] OHSAS 18001. Système de management de la santé et de la sécurité au travail. Technical report, AFNOR, 2007.
- [9] INERIS-DRA. oméga7 : Méthodes d'analyse des risques générés par une installation industrielle. rapport d'étude P46055-CL47569, 31 OCT 2006.
- [10] Handboek Kanscijfers. *Nature and Energy Policy Unit*. LNE Department. Safety Reporting Division, belgian government edition, May 2009.
- [11] SONATRACH DP, site Hassi messaoud. *Rapport d'étude de danger*, dnv energy edition, Décembre 2010.
- [12] Le Roux Benjamin. *Les effets d'un phénomène dangereux et leur incidence sur les structures*. INERIS, CNFPT Marseille, 19 juin 2014.
- [13] Arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence de la cinétique de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études dedangers des installations classées soumises à autorisation (07 octobre 2005).

- [14] Software Phast 7.2. *Software de modélisation des conséquences*. DNV Software.
- [15] M.J. Hurley. *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, volume 3493. Society of Fire Protection Engineers, springer edition, 2016.
- [16] INERIS-DRA. Oméga 2 : Modélisations de feux industriels. rapport d'étude -14-141478-03176A, 14 Mars 2014.
- [17] D. Drysdale. *An Introduction to Fire Dynamics*. John Wiley and Sons. 3rd ed, New York,P.148, 2011.
- [18] K.S. Mudan. *Thermal Radiation Hazards from Hydrocarbon Pool Fires*. Progress Energy Combustion Science, 10, pp. 59–80, 1984.
- [19] P.H. Thomas. *The Size of Flames from Natural Fires*. Ninth Symposium (International) on Combustion,Combustion Institute, Pittsburgh, pp. 844–859, 1962.

# Appendices

ANNEXE

A

TABLEAU HAZOP

paramètre	Mot clé+ dérivation	Cause	Conséquence	Risque			Mesure de prot./prév			Risque résiduel		
				G	P	C	G	P	C	G	P	C
Pression	Plus de /Haute pression	Fermeture accidentelle de la vanne 210-ESDV-451	Risque d'éclatement de la ligne / Manifold Séparateur sous vide de production Note : La montée en pression dans la ligne peut provoquer la fragilisation de la ligne	3	3	9	By-pass de vanne	3	2	6		
		Fermeture accidentelle/refus de fermeture de la vanne 210-PV-452	Surpression dans le séparateur d'éclatement de la ligne Risque d'endommagement du compresseur /Incendie	4	3	12	Soupape de sécurité By-pass Transmetteur de pression	3	2	6		
		Fermeture accidentelle de la vanne 210-PV-453	Accumulation des gaz imbrulés au niveau de la ligne	3	2	3	Ligne direct vers le réservoir de torche	2	2	4		
	moins de / baisse pression	Fuite /Rupture de ligne en amont du séparateur	chute de pression dans le séparateur déversement du brut (pollution) Feu /explosion	4	2	8	ESDV	2	2	6		
		Rupture de ligne de gaz	Chute de pression dans le séparateur Nuage de gaz inflammable (UVCE, feu de chalumeau, explosion, incendie,)	4	2	8	Alarme au niveau de salle de contrôle Manomètre	3	2	6		
Niveau	Haut niveau	Fermeture accidentelle de la vanne 210-Lv-543	Montée en niveau dans le séparateur Risque d'entraînement d'huile vers ligne export gaz	3	3	9	Alarme de haut niveau Transmetteur de niveau Indicateur de niveau	3	2	6		
		Fermeture accidentelle de la vanne 210-SDV-453	Risque d'éclatement du séparateur Risque d'arrêt de la production									

Bas niveau	Rupture de la ligne d'huile	Déversement dans le sol (pollution de sol) Mélange inflammable (explosion, feu de chalumeau, feu de nappe)	4	2	8	Alarme de niveau bas dans le séparateur Transmetteur de niveau	3	2	6
			2	3	6		2	4	
Débit	Rupture de ligne en amont du séparateur	Déversement du brut (pollution) Risque d'explosion (Mélange inflammable)	4	2	8	ESDV	3	2	6
			2	3	6		2	4	
	Rupture de ligne d'eau	Risque d'envoi huile puis de gaz vers le dégazeur	2	3	6	Indicateur de niveau	2	2	4
	Ouverture accidentelle de la vanne manuelle de drainage	Perte de production	2	2	4	Vanne SDV	2	1	2
Trop débit	Fermeture accidentelle de la vanne 210-ESDV-451	Surpression dans la ligne de production ainsi dans le manifold Séparateur sous vide Perte de production	3	3	9	Alarme basse pression	3	2	6
	Fermeture accidentelle des vannes : 210-LV-453 & 210-LV-551	Surpression dans le séparateur (risque d'éclatement) Risque d'envoi huile vers réseau de gaz	3	2	6	alarme très bas niveau	2	2	4
Pas assez de débit	Fuite/Rupture de la ligne en amont séparateur	Déversement de brut (pollution du sol) Risque d'explosion de ligne Incendie, feu de chalumeau, feu de nappe	3	3	9	ESDV	3	2	6



Température	Haute température	La montée en pression	Fragilisation des lignes de transport (gaz, huile)	3	2	6	Transmetteur de température	2	2	4
-------------	-------------------	-----------------------	--	---	---	---	-----------------------------	---	---	---

ANNEXE

— B —

TABLEAU AMDEC

**Système : SEPARATEUR**  
 Sous-système 1 : BALLON DE SEPARATION

Composant	Fonctions	Positionnement	Mode de défaillance	Cause	Effets	Mesure de prévention	Mesure de protection
vanne sortie gaz PV	vanne régulatrice du gaz envoyé vers le compresseur et la torche HP	Fermée	refus d'ouverture	Perte de contrôle	1-Surpression dans le séparateur 2-Risque d'éclatement de réservoir 3- chute de débit	procédé de maintenance	ESDV, CL alarme au niveau de salle de contrôle
				Blocage Mécanique	1-Chute de pression 2-perte de production	Inspection périodique	ESDV, CI
				défaut de joint corrossion	1-Chute de pression 2- mélange gazeux inflammable (incendie)	Idem	Inhibiteur de corrossion
Vanne de sortie Huile LV	Vanne régulatrice du débit huile	Fermée	Refus de fermeture	Défaut de commande	1-Chute de pression		
				Blocage mécanique			
				défaut de joint corrossion	1-Chute de pression 2- mélange gazeux inflammable (incendie)	Idem	Inhibiteur de corrossion
			Refus d'ouverture	Perte de commande Défaillance accidentelle	1-Monté en niveau d'huile 2-Entrainement d'huile vers export gaz 3-perte de production	Inspection périodique	contrôle niveau



Sous- système 2 : LES LIGNES DE TRANSPORTS

Composant	Fonctions	Mode de défaillance	Cause	Effets	Mesure de prévention	Mesure de protection	Criticité		
							G	F	C
Ligne de gaz	transporter le gaz sortira du séparateur vers compression, réseau de torche HP	Fuite externe	corrosion travaux fissure	1-déversement de gaz 2-mélange de gaz inflammable	Inspection	1-détecteur de gaz PG, PT 2-ESDV 3- Inhibiteur de corrosion	4	2	8
Ligne d'Huile	transporter l'huile sortira du séparateur BP	Fuite externe	corrosion travaux fissure	1-déversement d'huile 2-mélange de liquide inflammable 3-pollution d'env.	Idem	1-détecteur de gaz LT, LG 2-SDV 3- Inhibiteur de corrosion	4	2	8
Ligne d'Eau	transporter l'eau sortira du séparateur vers dégazeur	Fuite externe	corrosion travaux fissure	1-Pollution 2-endommagement des pompes	Idem	SDV, LV	2	2	4

ANNEXE

C

DONNÉES DE CALCUL

Le tableau suivant donne pour chaque combustible les paramètres nécessaires pour le calcul de débit massique ainsi que la densité de flux thermique


Nature du combustible	Densité (kg/m <sup>3</sup> )	$\Delta h_v$ (kJ/kg)	$\Delta h_c$ (MJ/kg)	$m''$ (kg/m <sup>2</sup> .s)	$k\beta$ (m <sup>-1</sup> )	$k$ (m <sup>-1</sup> )	$T_f$ (K)	$X_f^{(e)}$ (-)
<b>Gaz liquéfiables</b>								
H <sub>2</sub> liquide	70	442	120,0	0,017 (±0,001)	6,1 (±0,4)	-	1600	0,25
Gaz naturel liquéfié (fréquemment CH <sub>4</sub> )	415	619	50,0	0,078 (±0,018)	1,1 (±0,8)	0,5	1500	0,16-0,23
Gaz de pétrole liquéfié (fréquemment C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	585	426	46,0	0,099 (±0,009)	1,4 (±0,5)	0,4	-	0,26
<b>Alcools</b>								
Méthanol (CH <sub>3</sub> OH)	796	1195	20,0	0,017 ???	a	-	1500	0,17-0,20
Ethanol (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH)	794	891	26,8	0,015 ???	a	0,4	1490	0,20
<b>Combustibles organiques classiques</b>								
Butane (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	573	362	45,7	0,078 (±0,003)	2,7 (±0,3)	-	-	0,27-0,30
Benzène (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	874	484	40,1	0,085 (±0,002)	2,7 (±0,3)	4,0	1460	0,14-0,38
Hexane (C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> )	650	433	44,7	0,074 (±0,005)	1,9 (±0,4)	-	1300	0,20-0,40
Heptane (C <sub>7</sub> H <sub>16</sub> )	675	448	44,6	0,101 (±0,009)	1,1 (±0,3)	-	-	
Xylènes (C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> )	870	543	40,8	0,090 (±0,007)	1,4 (±0,3)	-	-	
Acétone (C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O)	791	668	25,8	0,041 (±0,003)	1,9 (±0,3)	0,8	-	
Dioxane (C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub> )	1035	552	26,2	0,018 <sup>p</sup>	5,4 <sup>p</sup>	-	-	
Diéthyl éther (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O)	714	382	34,2	0,085 (±0,018)	0,7 (±0,3)	-	-	
<b>Hydrocarbures</b>								
Ether de pétrole	740	-	44,7	0,048 (±0,002)	3,6 (±0,4)	-	-	
Essence	740	330	43,7	0,055 (±0,002)	2,1 (±0,3)	2,0	1450	0,18
Kérosène	820	670	43,2	0,039 (±0,003)	3,5 (±0,8)	2,6	1480	0,35
JP-4	760	-	43,5	0,051 (±0,002)	3,6 (±0,1)	-	1250	
JP-5	810	700	43,0	0,054 (±0,002)	1,6 (±0,3)	0,5	1250	
Huile pour transformateur	760	-	46,4	0,039 <sup>p</sup>	0,7 <sup>p</sup>	-	1500	
Fioul lourd	940-1000	-	39,7	0,035	1,7 (±0,6)	-	-	
Brut	830-880	-	42,6	0,0335 (±0,003)	2,8 (±0,4)	-	-	0,18

ANNEXE

— D —

PROPRIÉTÉS DU PÉTROLE BRUT



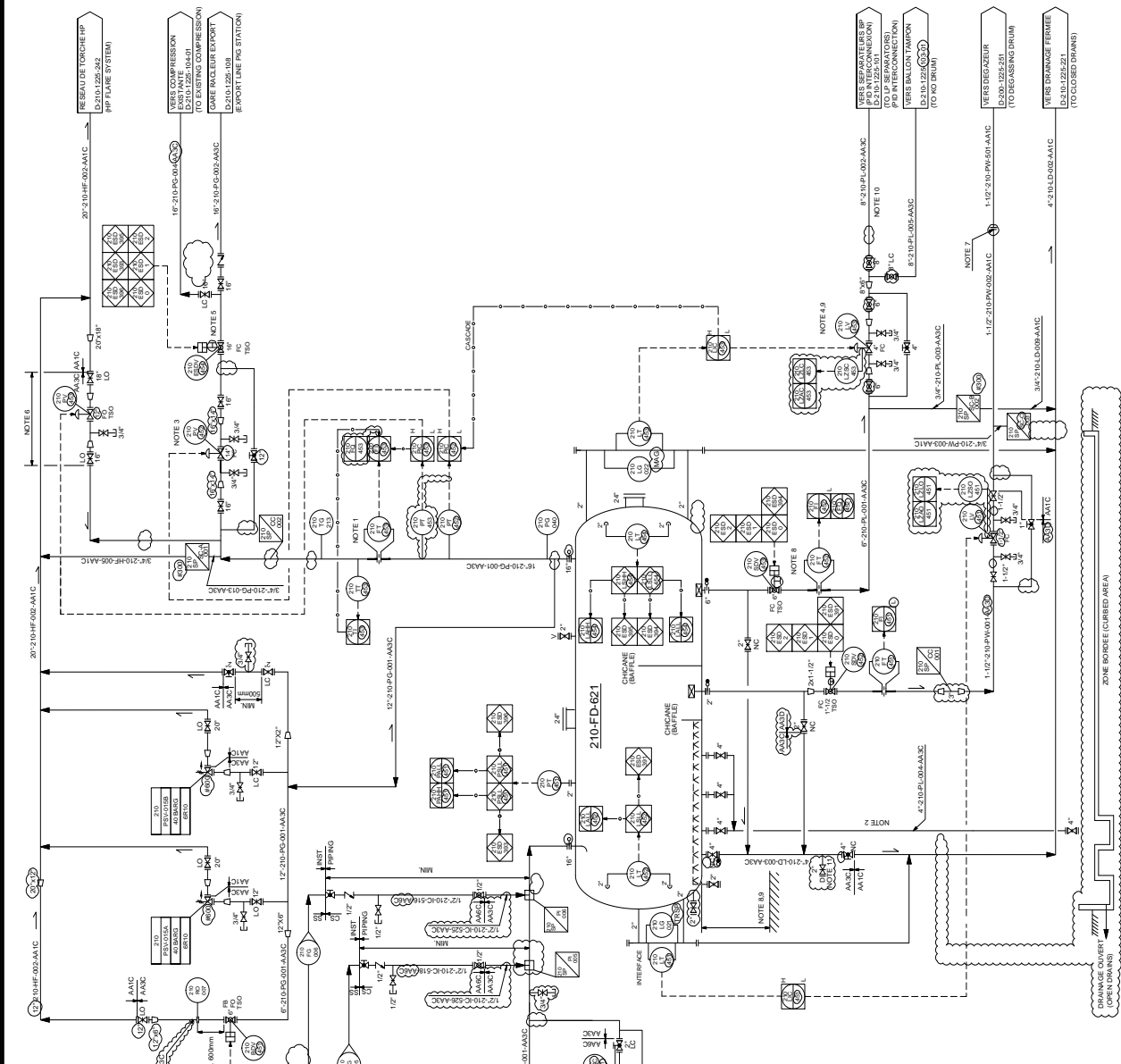
Pétrole brut		
Autres noms		
La formule chimique		
Le Numéro CAS	8002-05-9	
Les Propriétés Physiques		
<i>Poids moléculaire</i>		g/mol
<i>Point d'ébullition</i>	24 – 140	°C
<i>Point de fusion</i>	< -40	°C
<i>Tension de vapeur (à 20°C)</i>	40 – 800	Mbar
<i>Densité Relative de la vapeur saturée dans l'air (20°C)</i>	1,1 – 2,1	Référence air = 1
<i>Densité Relative eau (20°C)</i>		Référence eau = 1
<i>Solubilité dans l'eau</i>	Insoluble	g/100ml
<i>Chaleur de combustion</i>	49500	kJ/kg
<i>Limites d'explosivité (LEL%-UEL%)</i>	0,6 – 8	vol% - vol%
<i>Température d'auto-inflammation</i>	250	°C
<i>Point d'éclair</i>	< 21	°C
<i>Energie minimale d'ignition</i>		mJ
<i>Etat</i>	Liquide	
Les Propriétés toxicologiques		
<i>IDLH</i>	-	Ppm
<i>LC50, rat, 4h</i>	382	mg/l
<i>LD50, rat, orale</i>	-	mg/kg
<i>Indices NFPA</i>	1	Nh
	3	Nf
	0	Nr
Les Propriétés aquatoxiques		
<i>Pas d'information disponible sur la substance</i>		
Les phrases de risques	R45	
Etiquetage EU		

ANNEXE

— E —

DIAGRAMME TUYAUTERIE ET  
D'INSTRUMENTS SÉPARATEUR HP

REFERENCE N°	210-FD-621
SERVICE	SEPARATEUR DE PRODUCTION HP (HP PRODUCTION SEPARATOR)
PRESSION BAR (a1)	CALCUL
DIAMETRE INTERIEUR (mm)	3000
HAUTEUR (LONG. L.T.L. (mm))	11600
MATERIAUX	CS3
TRM SPECIFICATION	210-001-AASC D-210-1225-211 E-0220/HMD/2015



- NOTES:**
- 1- CORRECTION DU DEBIT.
  - 2- SYSTEME D'AVANTAGE DE SOUDES HALEUX.
  - 3- LA PV PRENDRA EN CHARGE LE FONCTIONNEMENT DUSEPARATEUR HP A 10 BAR ET A 32 BAR.
  - 4- LA V PRENDRA EN CHARGE LE FONCTIONNEMENT DUSEPARATEUR HP A 10 BAR ET A 32 BAR.
  - 5- CETTE VANNE EST A CADREMIER FERMEE ELLE DOIT ETRE MISE SOUS CONTROL ADMINISTRATIF POUR EVITER TOUTE MALOPERATION POUVANT PROVOQUER LE GAZ BLOW BY VERS LA COMPRESSION.
  - 6- AUTOUR DE LA PV DES ORIFICES VERS TORCHE DOIT ETRE FOURNIE DE SYSTEME DE TRACAGE ELECTRIQUE.
  - 7- POINT DE RACCORDEMENT POUR LA PHASE 2 A FOURNIR UNE TUVAUTERIE PROVOISOR POUR LA MISE EN SERVICE DE LA PHASE 1.
  - 8- POUR L'INSTALLATION DU 210-FD-621, LA DISTANCE MINIMALE ENTRE LE FOND DU 210-FD-621 ET LA GENERATRICE SUP. DE LA LIGNE HORIZONTALE SERA DE 1400mm.
  - 9- POUR L'INSTALLATION DE LA 210-UV-48, LA DISTANCE MINIMALE ENTRE LE FOND DU 210-FD-621 ET LA GENERATRICE SUP. DE LA LIGNE HORIZONTALE SERA DE 1700mm.
  - 10- SUPPORT ADEQUAT POUR LE COULEMENT BOUCHON.
  - 11- VANNE DE DRAIN A POSITIONNER A L'INTERIEUR DE LA ZONE BORDURE.
  - 12- LE 210-HZAC-461 DOIT DECLECHER UNE ALARME EN CAS DE POSITION NON FERMEE.

- (1)- CORRECTION OF THE FLOWRATE.
- (2)- ONLY SOLID DISCHARGE SYSTEM.
- (3)- THE PV SHALL ENSURE THE OPERATION OF THE HP SEPARATOR AT 10 BAR AND AT 32 BAR.
- (4)- THE V SHALL ENSURE THE OPERATION OF THE HP SEPARATOR AT 10 BAR AND AT 32 BAR.
- (5)- THIS VALVE IS TO BE LOCKED CLOSED. IT SHALL BE PLACED UNDER ADMINISTRATIVE CONTROL TO AVOID ANY IMPROPER OPERATION WHICH MAY CAUSE GAS BLOW BY TO THE COMPRESSION.
- (6)- AROUND THE PV THERE SHOULD BE ELECTRICAL HEAT TRACING SYSTEM BE EQUIPPED WITH ELECTRICAL HEAT TRACING SYSTEM.
- (7)- THE IN POINT FOR PHASE 2, TEMPORARY PIPING TO EXISTING POND TO BE PROVIDED FOR PHASE 1.
- (8)- 210-FD-621 SHALL BE LOCATED MINIMUM 1400mm LOWER FROM BOTTOM OF 210-FD-461 (TO TOP OF PIPE).
- (9)- 210-UV-48 SHALL BE LOCATED MINIMUM 1700mm LOWER FROM BOTTOM OF 210-FD-461 (TO TOP OF PIPE).
- (10) ADEQUATE SUPPORT FOR SLUG BLOW).
- (11- DRAIN VALVE TO BE LOCATED INSIDE CURB).
- (12- 210-HZAC-461 TO GIVE AN ALARM AT NOT CLOSED POSITION).

**ATTENTES:**

- (1) SUPPLIE
- (2) CALCUL
- (3) LEGENDA

For BH	For Review	For Count	As Bld
--------	------------	-----------	--------

REV	DATE	ISSUE	PREP	CHKD	APPD
1	DEC 20 16	ISSUE FOR CONSTRUCTION WALK	Y.M	T.K	T.M
2	JUN 07 16	ISSUE FOR REVIEW	Y.M	T.K	M.S
A	MAR 21 16	FOR INTERNAL USE AT CONTRACTOR'S BASE	MAN	HS	X.Y

**SONATRACH**

**HMD SOUTH SATELLITE REVAMPING PROJECT-ALGERIA**

**JSCC**

**JSCC**

**TITRE:** PIPING & INSTRUMENT DIAGRAM (DIAGRAMME TUYAUTERIE & INSTRUMENTS)

**SEPARATEUR HP**

**SATELLITE S/A**

**CONTRACTOR'S DOCUMENT NO.:** E-0220/HMD/2015

**JOB CODE:** D-210-1225-211

**SIZE:** A1

**DATE:** 02/20/2015

**NO:** NONE

**FORM 132-1**

NOTE: THIS PRINT IS OF A CONFIDENTIAL NATURE AND IS THE PROPERTY OF JSC CORPORATION. IT SHALL NOT BE REPRODUCED, PHOTOCOPIED, PHOTODUPLICATED, REPRODUCED IN ANY MANNER, NOR USED FOR ANY PURPOSE WHATSOEVER EXCEPT BY WRITTEN PERMISSION OF JSC CORPORATION. NOTE: CE DOCUMENT EST D'UNE NATURE CONFIDENTIELLE ET CONSIDERE COMME ETANT LA PROPRIETE EXCLUSIVE DE JSC CORPORATION. IL NE DOIT ETRE NI COPIE, NI PHOTOGRAPHE, NI PHOTO DUPLIQUÉ, NI REPRODUIT DE QUELQUE MANIERE QUE CE SOIT, NI UTILISE A QUELQUE TITRE DE CE SOIT, SANS AUTORISATION ECRITE DE JSC CORPORATION. FORM 132-1



ANNEXE

F

SCHÉMA DE PROCÉDÉ SÉPARATION ET  
COMPRESSION

**INDEX**

1. L'EAU PRODUITE DE LA SEPARATION EST ACHAMINÉE VERS LE NOUVEAU SYSTEME D'EAU HUILEUSE.

2. MANCHEMMENT DE LA POMPE AUXILIAIRE EN CAS DE HILL.

3. HUILE EN PROVENANCE DU SEPARATEUR HP DANS LE CAS DE CE DERNIER FONCTIONNE A BASSE PRESSION (BP).

(1. PRODUCED WATER FROM THE SEPARATION IS ROUTED TO THE NEW OILY WATER SYSTEM.)

(2. RUN/STOP OF THE AUXILIARY PUMP IN CASE OF HILL.)

(3. OIL FROM THE HP SEPARATOR IN THE EVENT THIS ONE OPERATES AT LOW PRESSURE (LP).)

**ATTENTION:**

**LEGENDE:**

REV	DATE	DESCRIPTION	PREP'D	CHECKED	APPROVED
A	8-APR-16	FOR INTERNAL USE AT CONTRACT BASIS	M.N	K.Y	T.K

**JGC** **JGC** **SONATRACH**

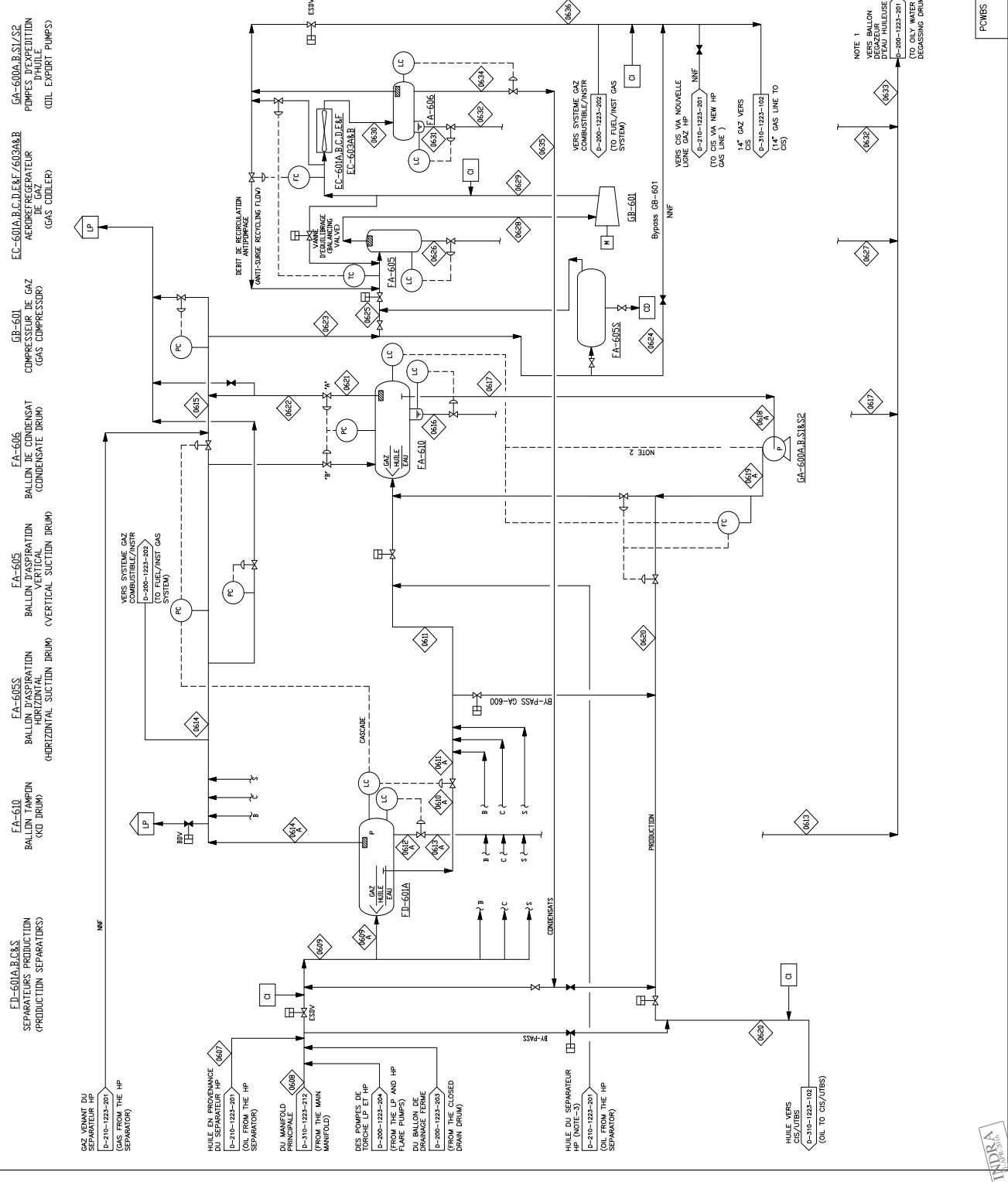
SONATRACH  
UP HMD

OWNER: SONATRACH  
PROJECT: HMD SOUTH SATELLITE REVAMPING PROJECT - ALGERIA

TITLE: SCHEMA DE PROCEDE SATELLITE S1A  
SEPARATION AND COMPRESSION

JOB CODE: 0-7382-20  
CONTRACTOR'S DOCUMENT No.: D-210-1223-101  
SIZE SHEET: B  
1 OF 1  
REV. A

OWNER'S DOCUMENT No.: E/029/HMD/2015  
SCALE: NONE



ED-601A,B,C&S  
SEPARATEURS PRODUCTION (PRODUCTION SEPARATORS)

FA-610  
BALLON TAMPON (KERO DRUM)

EA-605S  
BALLON D'ASPIRATION HORIZONTAL (HORIZONTAL SUCTION DRUM)

EA-605  
BALLON D'ASPIRATION VERTICAL (VERTICAL SUCTION DRUM)

EA-606  
BALLON DE CONDENSAT (CONDENSATE DRUM)

GB-601  
COMPRESSEUR DE GAZ (GAS COMPRESSOR)

EC-601A,B,C,D,E,F,G  
AEROPREFRIGERATEUR (GAS COOLER)

GA-600A,B,S1,S2  
POMPES D'EXPORTATION D'HUILE (OIL EXPORT PUMPS)

NOTE 1  
DÉBARRASER LA LIGNE DE SEPARATION D'EAU HUILEUSE (D-200-1223-207) (TO ONLY WATER DEPRESSING DRUM)

PCWBS

