



République Algérienne Démocratique et Populaire

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Université M'Hamed Bouguerra Boumerdès

جامعة محمد بوقرة - بومرداس



Faculté des Sciences de l'Ingénieur

Département : Génie des Procédés Industriel

Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de master

Spécialité : Hygiène et Sécurité Industriel

Thème :

**Evaluation quantitative des risques par la méthode
« QRA » liée au système de stockage des
hydrocarbures au sien de complexe GL1/K à Skikda :
Cas de Bac de stockage du butane**

Préparé par : SEBAH Mohamed
LAKROUF Mohamed

Promoteur : M^{me} Z. Kebbouche

Soutenu publiquement le : .../.../.....

Membres du jury :

Nom & Prénom	Grade	Qualité

Année universitaire : 2018 - 2019

Remercîment

Mener à bien un projet de mémoire dans peu de temps est un exercice difficile, exigeant un effort considérable, mais apportant nécessairement, en retour, un sentiment de satisfaction dû à l'accomplissement réussi d'un travail.

De ce fait, remercier, c'est le plaisir de se souvenir de tous ceux qui, par leurs encouragements, leur disponibilité, leur amitié et leurs compétences, ont su créer un cadre de travail qui nous a permis de finaliser à bien notre étude .

Nous tenons à exprimer nos sincères reconnaissances à notre enseignante M^{me}. Z.Kebbouche qui nous assistés durant toutes la période de la formation. Monsieur le chef de service HSE D^r. Balaska Fares pour nous avoir encadrés au sein de GL1/K, et

Nous souhaitons exprimer nos plus profonds remerciements au personnel du complexe GL1/K en général et en particulier, M^r Lakrouf Omar, M^r Adel Boudjadi, M^r Nacer-eddine Kiche et M^r Farid Seridj pour leurs conseils, leurs disponibilités et pour le temps qu'ils nous ont accordées durant toute cette étude.

Nous tenons à remercier l'ensemble des membres de jury, pour avoir accepté d'être parmi nous, le jour de la soutenance.

Enfin, nos derniers remerciements vont à nos familles, nos amis et à toutes les personnes que nous n'avons pas citées, mais qui nous ont permises de mener à bien notre étude.

Résumé

L'objectif de ce travail est l'évaluation quantitative des risques "QRA" au niveau du complexe GL1/K de SONATRACH à Skikda sur le système de stockage du butane.

Après la présentation du complexe GL1/K, on a dressé un rappel théorique du contexte général de la démarche de gestion des risques et d'évaluation quantitative des risques "QRA". La SADT a permis une décomposition fonctionnel du système étudié, ensuite, l'évaluation quantitative des risques associés à ce système a été réalisé en utilisant les méthodes : HAZOP, AdD, AdE. A la fin, les effets du phénomène dangereux "VCE", ont été simulé grâce au logiciel PHAST.

Mots clés : évaluation quantitative, risques, décomposition fonctionnel, effets, VCE.

ملخص

الهدف من هذا العمل هو تقييم المخاطر الكمي "QRA" على مستوى مركب GL1/K SONATRACH في سكيكدة على نظام تخزين البوتان.

بعد عرض مركب GL1/K، نقوم بعرض نظرة عامة على نظرية ادارة المخاطر وعملية تقييم المخاطر الكمي "QRA". سمحت SADT بالتحلل الوظيفي للنظام المدروس، ثم التقييم الكمي للمخاطر المرتبطة بهذا النظام باستخدام الطرق: HAZOP، AdD، AdE. في النهاية، محاكاة آثار الظاهرة الخطيرة "VCE" بفضل برنامج PHAST.

الكلمات المفتاحية: التقييم الكمي، التحليل الوظيفي، المخاطر، الآثار، VCE

Abstract

The objective of this work is the quantitative risk assessment "QRA" at the GL1/K complex of SONATRACH in Skikda on the butane storage system.

After the presentation of GL1/K complex, a theoretical background of the "QRA" risk management and quantitative risk assessment process was developed. The SADT allowed a functional decomposition of the studied system, then, the quantitative evaluation of the risks associated with this system was realized by using the methods : HAZOP, AdD, AdE. In the end, the effects of the dangerous phenomenon "VCE" were simulated using to the PHAST software.

Key words : quantitative assessment, risks, functional decomposition, effects, VCE.

Sommaire

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre I : Présentation de l'entreprise

Introduction	2
I.1 Situation géographique.....	2
I.2 Présentation générale du complexe	3
I.3 Description du procédé.....	3
I.3.1 Train GNL.....	4
I.3.2 Unité de fractionnement	5
I.4 Stockage du GNL, du gaz de transfert et des évaporats	5
I.5 Utilités	6
I.5.1 Energie électrique.....	6
I.5.2 Production d'air instrument et d'air service comprenant.....	6
I.5.3 Production d'eau potable.....	6
Conclusion.....	7

Chapitre II : Partie théorique

Introduction	8
II.1 Concepts et définitions	8
II.1.1 Notion de risque	8
II.1.2 Notion de danger	8
II.1.3 Notion de gravité.....	9
II.1.4 Dommage	9
II.1.5 Cause	9
II.1.6 Conséquences	9
II.1.7 Effet.....	9
II.1.8 Phénomène dangereux et situation dangereuse	9
II.1.9 Événement redouté.....	9
II.1.10 Scénario.....	10
II.1.11 Probabilité d'un évènement.....	10
II.2 Gestion des risques.....	10
II.2.1 Généralités.....	10
II.2.2 Démarche de la gestion des risques.....	11
II.3 Evaluation Quantitative des Risques (QRA).....	15

II.3.1	Définition	15
II.3.2	Démarche de QRA	16
	Conclusion.....	33

Chapitre III : Partie pratique

Introduction	34	
III.1	Collecte des informations pertinentes	34
III.1.1	Situation géographique.....	34
III.1.2	Données météorologiques	34
III.1.3	Caractéristiques physicochimiques du butane.....	36
III.1.4	Données techniques du système	38
III.2	Identification des scénarios d'accidents	46
III.2.1	Analyse dysfonctionnelle par la méthode HAZOP	46
III.2.2	Interprétation des résultats de HAZOP	51
III.3	Estimation des fréquences des scénarios.....	51
III.3.1	Construction de l'AdD	51
III.3.2	Exploitation de l'AdD	54
III.4	Elaboration d'AdE.....	55
III.4.1	Construction de l'AdE.....	55
III.4.2	Evaluation des phénomènes de l'AdE.....	56
III.4.3	Interprétation des résultats.....	56
Conclusion.....	57	

Chapitre IV : Simulation des effets du phénomène VCE

Introduction	58	
IV.1	Rappel théorique du phénomène VCE	58
IV.1.1	Définition	58
IV.1.2	Facteurs influençant sur l'VCE	58
IV.1.3	Déroulement	58
IV.1.4	Conditions d'apparition.....	59
IV.1.5	Conséquences du VCE	59

IV.2	Description de l’outil PHAST	59
IV.2.1	Avantages du PHAST	60
IV.2.2	Industries utilisant actuellement PHAST	60
IV.2.3	Application	60
IV.2.4	Modélisation nécessite les paramètres suivants	60
IV.3	Application de logiciel PHAST.....	61
IV.3.1	Données nécessaires à la réalisation de simulation	61
IV.3.2	Résultats des zones des effets de surpression.....	62
IV.3.3	Résultats des zones des effets thermiques	63
IV.4	Evaluation quantitative de risque	64
	Conclusion.....	66
	Conclusion générale	67

Liste des tableaux

Tableau 1: Comparaison entre les méthodes d'évaluations des risques.	13
Tableau 2: Matrice d'évaluation des risques.	15
Tableau 3: Tableau de l'hazop.	20
Tableau 4: Mots-clés utilisés dans le tableau HAZOP.....	20
Tableau 5: Symboles et leurs signification.....	24
Tableau 6: Symboles des évènements et leurs significations.....	25
Tableau 7: Principes règles de l'algèbre de BOOLE.	25
Tableau 8: Règles de calcul de probabilité des évènements.	27
Tableau 9: Paramètres atmosphériques.	35
Tableau 10: Vitesse moyenne de vent pour chaque mois	35
Tableau 11: Caractéristiques physicochimiques de butane.....	37
Tableau 12 : Sous-systèmes de Bac de stockage.	40
Tableau 13: Abréviations de système.....	40
Tableau 14: Application de la méthode HAZOP cas de paramètre niveau.....	47
Tableau 15: Application de la méthode HAZOP cas de paramètre pression.	48
Tableau 16: Application de la méthode HAZOP cas de paramètre température.	49
Tableau 17: Application de la méthode HAZOP cas de paramètre débit.	50
Tableau 18 : Définition de la probabilité d'occurrence des évènements de base de l'AdD.....	54
Tableau 19 : Probabilités d'inflammation utilisé dans l'AdE.....	55
Tableau 20: Fréquences des phénomènes d'accidents potentiel.	56
Tableau 21 : Probabilité d'occurrence du phénomène dangereux	56
Tableau 22 : Seuil de surpression sur les infrastructures et les êtres humains.....	61
Tableau 23 : Seuil de surpression sur les infrastructures et les êtres humains.....	62
Tableau 24 : Seuils de surpression en fonction de la distance donnée par logiciel PHAST. ...	63
Tableau 25 : Seuils des effets thermiques en fonction de la distance donnée par logiciel.....	64
Tableau 26 : Evaluation de risque	65

List des figures

Figure 1 : Position géographique du complexe GL1/K.....	2
Figure 2 : Modèle de la démarche de gestion des risques	11
Figure 3: Principales étapes de l'analyse quantitative des risques (QRA).....	16
Figure 4: Formalisme de la méthode SADT	18
Figure 5: Démarche pour l'élaboration de l'arbre des défaillances	22
Figure 6: Arbre des défaillances d'un composant.....	23
Figure 7: Exemple de l'exploitation de l'AdE	28
Figure 8: Procédure de calcul du risque individuel « IR » à un point de grille.....	30
Figure 9: Procédure pour calculer le risque Sociétal.....	32
Figure 10: Matrice d'évaluation des risques	33
Figure 11: Situation géographique de complexe GL1/K.....	34
Figure 12 : Rose des vents.....	36
Figure 13: Formule chimique de butane.....	37
Figure 14: Pictogrammes des dangers du butane.....	38
Figure 15 : Schéma simplifier le système de stockage.....	39
Figure 16: Application de la méthode SADT sur le bac de butane 76-MF02.....	41
Figure 17 : Application de la méthode SADT sur le sous-système de stockage.....	42
Figure 18 : Application de la méthode SADT sur le sous-système de remplissage.....	43
Figure 19 : Application de la méthode SADT sur le sous-système contrôle.....	44
Figure 20: Application de la méthode SADT sur le sous-système expédition du butane.....	45
Figure 21 : Arbre de défaillance de système de stockage du butane partie 1.....	52
Figure 22 : Arbre de défaillance de système de stockage du butane partie 2.....	53
Figure 23 : Arbre des évènements.....	55
Figure 24 : Zones des effets de surpression du phénomène VCE.....	62
Figure 25 : Zones des effets thermiques du phénomène VCE.....	64

Liste des abréviations

AdD : Arbre des Défaillances.

AdE : Arbre des Evènements

AGRU : Acid Gas Removal Unit (unité d'élimination des gaz acides).

AMDEA : solution Aqueuse de Méthyl Diéthanolamine Activé.

AMDEC : Analyse de Mode de Défaillance de leur Effet et leur Criticité.

APCI : Air Product and Chemical Incorporation (produit de l'air et incorporation chimique).

APR : Analyse Préliminaire des Risques

BP : Basse Pression

CCR : Salle de Commande et Contrôle.

CEI: Commission Électrotechnique Internationale.

EIReDA: The European Industry Reliability Data Bank.

GHS-CA : Système Générale Harmonisé.

GNL : gaz naturel liquéfié.

GPL : Gaz Pétrolier Liquéfié.

HAZOP : Hazard and Operability.

HP : Haut Pression.

HSE : Hygiène et Sécurité Environnement.

ICI: Imperial Chemical Industries.

ISO: International Organization for Standardization.

MADS : Méthodologie d'Analyse des Dysfonctionnements dans les Systèmes.

MCHE : Main Cryogenic Heat Exchanger (échangeur de chaleur cryogénique principal).

MDEA : solution de Méthyl Diéthanolamine Activé.

MIL-STD: Military Standard.

MP : Moyenne Pression.

O-H: Opérateur Humain.

OHSAS: Occupation Health and Safety Assesment Series.

OREDA: Offshore & Onshore Reliability Data.

QRA : Quantitative Risk Assessment (l'évaluation des risques quantitatif).

SADT : System Analysis And Design Technique (analyse du système et technique de conception).

SONATRACH : Société Nationale pour la Recherche, la Production, le Transport, la Transformation, et la Commercialisation des Hydrocarbures.

UCI : L'Union des Industries Chimiques.

VCE : Vapor Cloud Explosion (explosion de nuage de vapeur)

Introduction générale

La démarche de la gestion des risques est un processus itératif qui a pour objectif d'identifier, d'analyser et de réduire au maximum le risque ou de le maintenir dans des limites acceptable. L'analyse des risques est une étape clé du processus de gestion des risques, sa réalisation nécessite de mettre en œuvre une démarche structurée systématiques.

L'analyse de risque constitue une démarche d'identification et de réduction des risques. Cette démarche vise principalement à qualifier ou à quantifier le niveau de maîtrise des risques, en évaluant les mesures de sécurité mises en place, ainsi que l'importance des dispositifs et dispositions d'exploitation, techniques humaines ou organisationnels, qui concernant cette maîtrise.

Notre travail s'inscrit justement dans le cadre de la gestion des risques et consiste à analyser les risques au sein de complexe GL1/K, en utilisant différentes méthodes d'analyse des risques.

Il existe, à l'heure actuelle, de nombreuses méthodes dédiées à l'analyse des risques.

Pour notre étude, la méthode QRA, va être utilisée, il s'agit d'une méthode intégrée d'évaluation des risques, qui sollicite d'autres méthodes simplifiées (APR, AMDEC, ADD. . . etc.)

Après une analyse fonctionnelle grâce à la méthode SADT, nous avons utilisé la méthode HAZOP pour identifier l'évènement redouté et les phénomènes dangereux pouvant être engendrés.

Par la suite les méthodes AdD et AdE ont été utilisées pour estimer respectivement la probabilité de l'évènement redouté et les probabilités des phénomènes engendrés par l'ER à l'aide du logiciel GRIF.

Les résultats obtenus ont été traités avec le logiciel PHAST, ce qui nous a permis de dresser une cartographie d'impacts potentiels.

Chapitre I

Présentation de l'entreprise

Introduction

La recherche scientifique exige aux chercheurs de trouver les informations et les données les plus fiables pour son étude.

Concernant une analyse des risques, il faut connaître tout ce qui concerne le système étudié du côté structurelle, fonctionnelle, et de son environnement, avec une vue sur le risque lui-même et les différents barrières de prévention et de protection contre ce risque.

Et comme il est important de voir ces informations ce chapitre sera consacré à la description de la station liquéfaction de gaz GL1/K de Skikda, et plus particulièrement au système de stockage de butane qui est l'objet de notre étude.

I.1 Situation géographique

Le complexe « GL1/K » est implanté à environ 3.8 Km à l'est de Skikda, il occupe une superficie de 90Ha. Il est limité au nord par la méditerrané, au sud par l'entreprise de gestion de la zone industrielle de Skikda « EGZIK » et la société de maintenance industrielle de Skikda « SOMIK », à l'est par le Complexe des Plastiques « CP1/K », et à l'ouest par SONELGAZ.



Figure 1 : Position géographique du complexe GL1/K. [Google Earth 2019]

I.2 Présentation générale du complexe

La Société Nationale pour la Recherche, la Production, le Transport et la Commercialisation des Hydrocarbures « SONATRACH » a prévu la construction d'un nouveau train GNL dans les limites géographiques de l'actuel complexe Skikda GL1/K. Le nouveau train GNL remplace les trois trains de liquéfaction, détruits en 2004 par un incendie et une explosion, dont la capacité de production pouvant atteindre 4.5 million de tonnes métriques par an. Le projet consiste en particulier en ce qui suit :

- ✓ Construction d'un nouveau train GNL intégré dans le complexe GL1/K existant ;
- ✓ Installation d'un nouveau réservoir de stockage GNL, d'un réservoir de stockage de propane, d'un nouveau réservoir de stockage de butane et d'une sphère de stockage de gas-oil, le tout intégré dans le complexe GL1/K existant ;
- ✓ Réalisation des modifications nécessaires pour produire du propane et du butane dans le train 10 afin de remplacer la production Bupro actuelle ;
- ✓ Désaffectation, démontage, dépose, stockage et enlèvement des deux réservoirs de stockage GNL existants du Pôle 1 du complexe GL1/K ;
- ✓ Modification des réseaux-torches existants.

Aujourd'hui, la grande majorité des usines de liquéfaction dans le monde utilisent le procédé APCI (Air Product and Chemicals Incorporation). Le nouveau train GNL utilise le procédé de liquéfaction APCI, qui comprend principalement de :

- ✓ Une boucle de réfrigération (pré refroidissement) au propane qui sert à refroidir environ 2/3 du réfrigérant principal et Pré refroidir le gaz naturel traité avant leur entrée dans l'échangeur principal cryogénique ;
- ✓ Une boucle de réfrigération au réfrigérant mixte (MR), son rôle est de refroidir et liquéfier le gaz naturel dans l'échangeur principal cryogénique ;
- ✓ Une boucle externe de réfrigération au propane, qui sert à pré refroidir environ 1/3 du réfrigérant principal et assurer la réfrigération pour les échangeurs de l'unité de fractionnement ;
- ✓ Un échangeur principal de type bobiné pour la liquéfaction. Cet échangeur est constitué d'une calandre en aluminium et de plusieurs faisceaux des tubes en aluminium enroulés autour d'un noyau central.

I.3 Description du procédé

Le nouveau projet méga train de liquéfaction du gaz naturel GL1/K de Skikda, porte sur les sections ci-dessous :

- Train GNL ;
- Unité de fractionnement ;
- Infrastructures or site comprenant : stockage GNL, le propane, le butane et l'essence ;
- Production d'électricité, traitement d'eau, réseau-torche et système d'eau incendie ;
- Sous-station électrique, chambre d'instrument de terrain, bâtiment pour la commande à vitesse variable, bâtiment de commande résistant aux explosions et bâtiment pour le laboratoire.

I.3.1 Train GNL

Le Nouveau Train de GNL n'utilise pas d'eau de mer (sauf pour le réseau incendie). Il n'utilise pas de la vapeur. Les échangeurs (rebouilleurs et réchauffeurs) utilisent de l'huile comme fluide de chauffage. Cette huile est elle-même chauffée par les gaz d'échappement de la turbine d'entraînement du compresseur principal de propane, ainsi par un four.

Le train GNL est composé de 3 sections :

I.3.1.1 Section de décarbonatation

Une unité d'enlèvement du gaz acide (AGRU) est prévue pour retirer le CO_2 de l'alimentation en gaz brut, placé en aval de l'unité de conditionnement. Ce processus sera effectuera via absorption chimique dans un solvant pauvre (une solution aqueuse de méthyl diéthanolamine activé (AMDEA) .l'eau condensée vapoentrainement d'amine seront récupérés dans l'unité de séchage et renvoyés vers le ballon de reflux de régénérateur de solvant.

I.3.1.2 Section de déshydratation

L'unité de séchage située en aval de l'AGRU, sert à enlever l'eau du gaz d'alimentation afin d'éviter le gel d'eau dans les sections cryogéniques de l'unité de liquéfaction. Le gaz d'alimentation des sécheurs subira un pré refroidissement pour réduire la teneur en eau, qui sera éliminée au niveau d'un séparateur, ceci réduit la charge sur les sécheurs à tamis moléculaire.

I.3.1.3 Section de démercurisation

Le gaz sec traité en provenance des déshydrateurs est filtré avant d'être envoyé à l'unité d'enlèvement de mercure. Le gaz de d'alimentation passe dans l'absorbeur de mercure qui contient un lit de charbon actif imprégné de soufre, ce qui réduit la teneur en mercure du gaz à moins de 5 ng/Nm³.

I.3.2 Unité de fractionnement

L'unité de fractionnement retire les hydrocarbures plus lourds du gaz d'alimentation qui auront un impact sur les caractéristiques du produit GNL, et qui présentent le risque de congélation dans l'échangeur de chaleur cryogénique principal (MCHE).

L'unité de fractionnement comprend les colonnes de distillation suivantes :

- Déméthaniseur ;
- Déthaniseur ;
- Dépropaniseur ;
- Débutaniseur ;
- Déisopentaniseur.

Après le traitement, le gaz est prérefroidi dans des condenseurs à propane (BP, MP, HP), et envoyé vers la colonne de lavage, là où les hydrocarbures lourds C_2^+ sont retirés du gaz naturel d'alimentation.

Les fonds de tour de lavage sont envoyés vers l'unité de fractionnement pour produire l'éthane, le propane, le butane, l'appoint de réfrigérant, la réinjection et le produit requis. Le condensat (ou essence naturelle) est envoyé en tant que produit.

I.4 Stockage du GNL, du gaz de transfert et des évaporats

Un bac de stockage de GNL de $150000m^3$. Il est du type confinement intégral avec une structure extérieure en béton armé précontraint à toit suspendu et une cuve interne en acier à 9% de nickel.

Les gaz d'évaporation des bacs (boil off) et de retour des méthaniers durant le chargement sont repris par des compresseurs et envoyés dans le réseau Fuel Gas et/ou recyclés à l'entrée de l'unité de liquéfaction du Nouveau Train de GNL.

Un bac de stockage de propane de capacité totale de $66000 m^3$ (type confinement intégral).

Un bac de stockage de butane de capacité totale de $66000 m^3$ (type confinement intégral).

Une unité de réfrigération de GPL (propane et butane).

Cette unité reçoit :

- Les gaz d'évaporation des bacs de propane et de butane du Nouveau Train. Ce boil off est liquéfié puis est renvoyé au stockage du Nouveau Train.
- Le retour gaz des navires GPL durant les chargements. Ce boil off est liquéfié puis est renvoyé au stockage du Nouveau Train.

- Le butane et le propane chauds venant de la Raffinerie de Skikda (RA1/K). Ces produits sont sous-refroidis puis renvoyés au stockage dans les bacs du Nouveau Train de GNL.

Une sphère de stockage de gazoline de capacité totale de $3760m^3$.

I.5 Utilités

Ces installations fournissent les utilités nécessaires au fonctionnement du Nouveau Train de GNL.

I.5.1 Energie électrique

Cinq générateurs diesels d'une puissance unitaire de 1,8 MW. Ces équipements servent à fournir l'énergie électrique nécessaire pour le démarrage et pour l'arrêt sécurisé des installations.

Cinq Turbo générateurs (turbines à gaz entraînant des alternateurs) d'une puissance unitaire de 25 MW. Ces équipements servent à fournir l'énergie électrique pour tous les consommateurs du Nouveau Train de GNL, et après raccordement, aux installations existantes (GL1/K). Et 6 sous stations pour la distribution électrique.

I.5.2 Production d'air instrument et d'air service comprenant

Trois compresseurs d'une capacité unitaire de $3300 Nm^3$ /heure, munis d'une batterie de sécheurs et de ballons de recette associés. Cette unité produit de l'air instrument sec pour les besoins de l'instrumentation (vannes, positionneurs, etc.) ainsi que de l'air service non séché pour les besoins utilitaires des installations (nettoyage par exemple).

I.5.3 Production d'eau potable

À partir du réseau d'eau industrielle (de barrage) fournie par le complexe GL1/K. Cette eau est traitée dans un package spécial pour être amenée aux conditions sanitaires exigées avant sa mise à la consommation.

Remarque : Le reste des utilités est fourni par le complexe GL1/K existant

- L'azote qui sera utilisé durant les opérations de mise sous atmosphère inerte des installations lors des opérations de maintenance ou de préparation de démarrage.
- L'eau déminéralisée, utilisée pour les circuits de réfrigération de l'huile des machines tournantes et pour la préparation et le maintien de la concentration de la solution MDEA utilisée pour la décarbonatation du gaz naturel.

Conclusion

En guise de conclusion, nous pouvons dire que cette description détaillée de la station GL1/K permet d'éclaircir notre étude avec un objectif plus précise.

Rappelons que notre étude s'intéresse au système de stockage de butane (Bac MF76-02).

Chapitre II

Partie théorique

Introduction

Dans ce chapitre, on s'intéresse dans un premier temps à la gestion des risques comme étant une démarche globale et générale qui englobe les différentes étapes de lutte contre les risques. Ensuite on va spécifier l'étude sur l'analyse quantitative des risques par la définition de la méthode QRA et sa démarche.

L'analyse quantitative des risques "Quantitatif Risk Assessment"(QRA) : est une suite logique de l'évaluation des accidents, cette méthode est basée sur plusieurs étapes, elle s'effectue à partir des différentes méthodes classiques utilisées, cette analyse permet d'identifier, d'estimer, et d'évaluer ces risques d'une manière quantitative plus précise et plus efficace.

L'analyse quantitative des risques "QRA" se fait en complémentarité avec la démarche globale de gestion des risques, avec ses étapes d'évaluation, de réduction et de suivi des risques afin d'arriver à un état plus sûr et un risque plus acceptable dans l'entreprise.

II.1 Concepts et définitions

II.1.1 Notion de risque

Elément caractérisant la survenue du dommage potentiel lié à une situation de danger. Il est habituellement défini par deux éléments : la probabilité de survenance du dommage et la gravité des conséquences. [1]

Combinaison de la probabilité d'un événement et de ses conséquences [2]. Ou combinaison de la probabilité d'un dommage et de sa gravité [3].

II.1.2 Notion de danger

Le terme « danger » est défini dans la directive ISO/CEI/82/96 comme une propriété intrinsèque d'une substance dangereuse ou d'une situation physique de pouvoir provoquer des dommages pour la santé humaine et/ou l'environnement.

Le même terme est défini selon le référentiel OHSAS 18001 comme une source où une situation pouvant nuire par blessure ou atteinte à la santé, dommage à la propriété et à l'environnement du lieu de travail ou une combinaison de ces éléments.

On définit le danger comme étant un état ou situation comportant une potentialité de dommage inacceptable. Situation d'un système où sont réunis les facteurs pouvant conduire à la réalisation d'un accident potentiel. [4]

II.1.3 Notion de gravité

Combinaison en un point de l'espace de l'intensité des effets d'un phénomène dangereux et de la vulnérabilité des personnes potentiellement exposées. Gravité = intensité des effets "Effet quantifié d'un phénomène dangereux" x vulnérabilités de la cible "Sensibilité d'une cible à un type d'effet".

II.1.4 Dommage

Blessure physique ou atteinte à la santé des personnes ou atteintes aux biens ou à l'environnement. [3]

II.1.5 Cause

Événement ou combinaison d'événements initiateurs (s) c'est-à-dire à l'origine d'un événement redouté.

II.1.6 Conséquences

Combinaison, pour un accident donné, de l'intensité des effets et de la vulnérabilité des cibles situées dans les zones exposées à ces effets.

II.1.7 Effet

Type d'agression associé à un événement / accident (surpression, flux thermique, concentration toxique...).

II.1.8 Phénomène dangereux et situation dangereuse

Libération d'énergie ou de substance produisant des effets, susceptibles d'infliger un dommage à des cibles vivantes ou matérielles, sans préjuger l'existence de ces dernières. C'est une « source potentielle de dommages ». [3]

II.1.9 Événement redouté

Aussi appelé « Événement redouté central ». Événement conventionnellement défini, dans le cadre de l'analyse des risques, au centre de l'enchaînement accidentel.

Il peut s'agir d'une perte de confinement de matière dangereuse, une perte d'intégrité physique pour les solides. Ces événements constituent les points d'entrée de l'analyse des risques.

II.1.10 Scénario

Séquences et combinaisons d'événements conduisant à un accident.

II.1.11 Probabilité d'un évènement

La probabilité est une mesure de la possibilité d'occurrence exprimée par un chiffre et la fréquence est un nombre d'événements ou d'effets par unité de temps donnée. [2]

II.2 Gestion des risques**II.2.1 Généralités**

La gestion des risques est définie comme étant l'ensemble des mesures et des activités menées pour gérer les risques. Les offres de gestion des risques avec un équilibre entre les conflits inhérents à explorer les possibilités d'une part, et en évitant les pertes, les accidents, et les catastrophes. [5]

La gestion des risques concerne toutes les activités, les conditions, et les événements qui peuvent affecter l'organisation, et leur capacité à atteindre les objectifs et la vision de l'organisation. [6]

« Le but de la gestion des risques est de veiller à ce que des mesures adéquates soient prises pour protéger les personnes, l'environnement et les biens contre les conséquences néfastes des activités entreprises, ainsi que d'équilibrer les préoccupations différentes, en particulier HSE (Santé, Environnement et Sécurité) et les coûts. [7]

Dans des nombreuses entreprises, la tâche de gestion des risques est divisée en trois catégories principales, qui sont :

II.2.1.1 Risques stratégiques

Le risque stratégique comprend les aspects et les facteurs qui sont importants pour la stratégie et les plans à long terme de l'entreprise. Par exemple :

- Concurrence ;
- Conditions politiques ;
- Lois et règlements ;
- Marché du travail.

II.2.1.2 Risques financier

Le risque financier comprend la situation financière de l'entreprise et comprend notamment.

- Risque de marché, lié aux coûts des biens et services, aux taux de change et aux titres (actions, obligations, etc.) ;
- Risque de crédit lié aux problèmes de paiement des débiteurs ;
- Risque de liquidité lié à l'accès de l'entreprise au capital.

II.2.1.3 Risque opérationnel

Comprend les conditions affectant la situation de fonctionnement normal de l'entreprise.

- Événements accidentels, y compris défaillances et défauts, écarts de qualité et catastrophes naturelles ;
- Actes prévus ; sabotage, employés mécontents, etc. [6]

II.2.2 Démarche de la gestion des risques

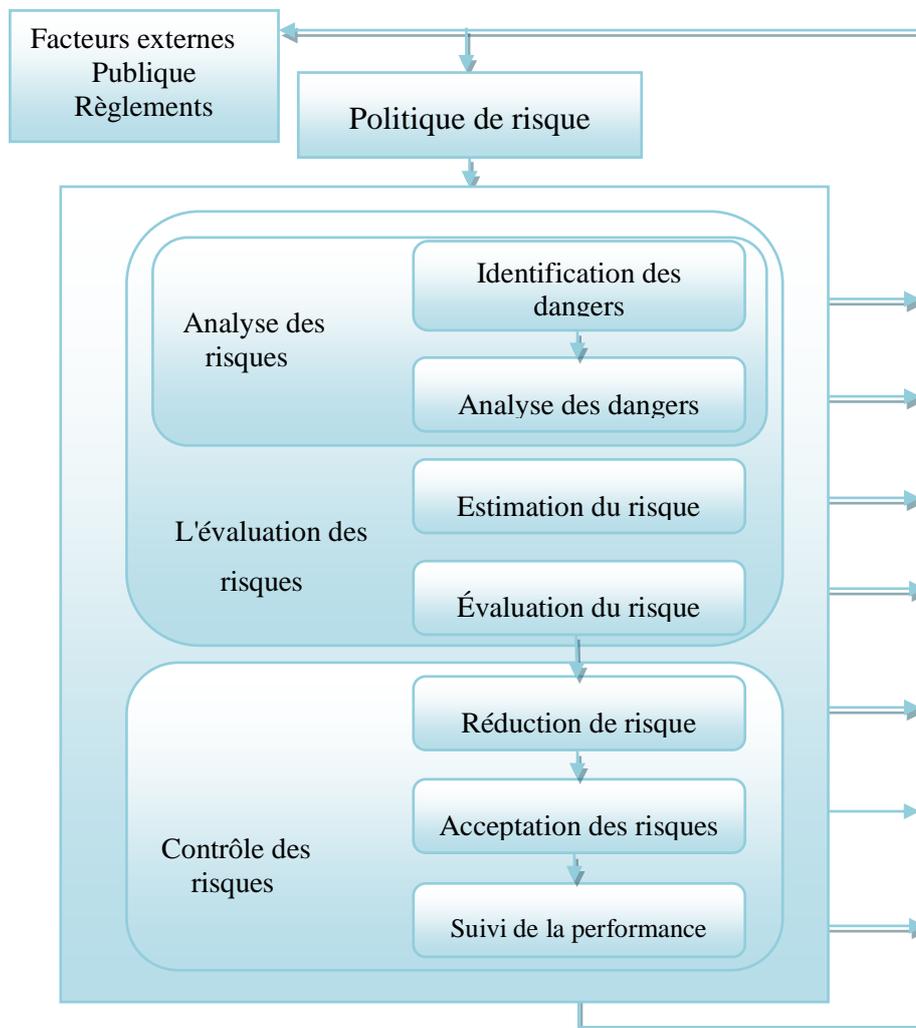


Figure 2 : Modèle de la démarche de gestion des risques. [8]

II.2.2.1 Evaluation des risques

Le but de l'évaluation des risques est d'identifier les risques importants pour la santé et la sécurité de toute personne en relation avec toute activité professionnelle. Il convient de déterminer comment les risques se posent, et leur impact sur les personnes touchées. L'information est nécessaire pour que les décisions puissent être prises sur la façon de gérer les risques d'une manière rationnelle et strictement informés et que les mesures prises sont proportionnées.

L'évaluation des risques peut être un processus qualitative, semi-quantitative ou quantitative. Toute évaluation devrait commencer par une évaluation qualitative simple, y compris l'examen de savoir si une pertinente bonne pratique est applicable. Dans certains cas, il sera nécessaire de compléter l'évaluation qualitative par une évaluation semi-quantitative ou quantitative plus rigoureuse, en fonction du niveau de risque identifié. Indépendamment du fait que l'approche d'évaluation des risques est qualitative, semi-quantitative ou quantitative, un processus logique et systématique doit être adopté. [8]

II.2.2.1.1 Evaluation Qualitative

Est basée sur une sélection représentative des exemples spécifiques pour la comparaison avec les normes et les bonnes pratiques pertinentes. Quelques techniques peuvent être inclus :

- Des méthodes simples nécessitant un niveau de base d'un jugement fondé sur les risques et adapté aux risques relativement mineurs ;
- Techniques d'identification des dangers qui ont une évaluation qualitative de l'importance des dangers ;
- Matrices des risques où les catégories de conséquences et la probabilité sont définies uniquement de façon descriptive (par exemple conséquence importante et de probabilité raisonnablement probable). [8]

II.2.2.1.2 Evaluation Semi-Quantitative

Cela peut inclure des techniques pour compléter les techniques qualitatives, par exemple, des mesures pour identifier la présence des dangers des produits chimiques ou des machines, ou l'utilisation des techniques de modélisation simples. Ces techniques de modélisation peuvent être utilisées pour tirer des estimations de grandeur de la gravité et la probabilité des accidents possibles identifiés. Ces estimations peuvent être combinées pour obtenir des estimations de l'ordre de grandeur du risque d'accident. Parmi ces techniques et méthodes :

- LOPA : analyse des niveaux de protection ;

- Matrices de risque : la définition descriptive des conséquences et de la probabilité sont données par des interprétations numériques ;
- LODA : l'analyse des lignes de défense. [8]

II.2.2.1.3 Evaluation quantitative

En calculant la probabilité (ou fréquence) de l'occurrence d'un évènement et les conséquences d'un tel évènement.

Tableau 1: Comparaison entre les méthodes d'évaluations des risques.

Méthodes quantitative	Méthodes qualitative
Fréquence numérique d'un évènement non désiré	Evaluation non numérique
Dépendant de l'exactitude des données statistiques	Dépendant de jugement et de l'expérience
Nécessite un travail intensif et par conséquent plus couteux	Consomme moins de temps
Objective mais dépendant des fois du jugement	Dépendant de jugement, peut être subjectif

II.2.2.2 Analyse du risque

L'analyse des risques vise à identifier les sources du danger et les situations associées qui peuvent conduire à des dommages sur les personnes, l'environnement, et les biens ... (identification des dangers).

L'analyse des risques permet aussi de mettre en lumière les barrières de sécurité existante en vue de prévenir l'apparition d'une situation dangereuse (barrières de prévention) ou d'en limiter les conséquences (barrières de protection) ... (analyse des dangers). [9]

II.2.2.3 Estimation du risque

Cette étape est pour hiérarchiser les risques identifiés au cours de l'analyse et de pouvoir comparer ultérieurement ce niveau de risque aux critères de décision.

L'estimation permet de :

- La détermination d'un niveau de probabilité que le dommage survienne ;
- La détermination d'un niveau de gravité de ce dommage.

II.2.2.4 Evaluation du risque

Dans les diverses normes présentées plus haut, l'évaluation des risques désigne l'étape de comparaison du risque estimé à des critères de décision face au risque. La plupart du temps, il s'agit de décider si le risque est acceptable ou s'il doit faire l'objet de mesures supplémentaires de maîtrise. La définition des critères d'acceptabilité du risque est réalisée en amont ou en parallèle au processus d'analyse des risques. [9]

II.2.2.5 Control du risque

Cette étape est de contrôler et suivre le risque, elle est constituée de 2 étapes importantes sont :

II.2.2.5.1 Réduction des risques

La réduction des risques désigne l'ensemble des actions ou dispositions entreprises en vue de diminuer la probabilité ou la gravité des dommages associés à un risque particulier. [9]

Les mesures de réduction des risques se répartissent en :

- Mesures ou barrières de prévention : visant à éviter ou limiter la probabilité d'un événement indésirable, en amont du phénomène dangereux ;
- Mesures ou barrières de limitation : visant à limiter l'intensité des effets d'un phénomène dangereux ;
- Mesures ou barrières de protection : visant à limiter les conséquences sur les cibles potentielles par diminution de la vulnérabilité.

II.2.2.5.2 Acceptation des risques

Il est de plus en plus courant de voir les matrices de risque utilisées non seulement pour déterminer l'importance, le classement du risque et les domaines pour une évaluation plus détaillée, mais également pour déterminer la tolérabilité ou l'acceptabilité.

Mil-Std-882 est l'une des premières normes à établir un lien entre la matrice de risque et l'acceptabilité. [8]

Tableau 2: Matrice d'évaluation des risques. [11]

MATRICE D'ÉVALUATION DES RISQUES				
Catégorie du Risque	Catastrophique	Critique	Marginale	Négligeable
Fréquence				
Fréquent	Haut	Haut	Sérieux	Moyen
Probable	Haut	Haut	Sérieux	Moyen
Occasionnel	Haut	Sérieux	Moyen	Faible
Eloigné	Sérieux	Moyen	Moyen	Faible
Improbable	Moyen	Moyen	Moyen	Faible

II.3 Evaluation Quantitative des Risques (QRA)

II.3.1 Définition

La QRA s'appuie sur un certain nombre d'autres méthodes, notamment les méthodes classiques, l'analyse en tant qu'outil d'identification des dangers, ainsi que d'arbres des défaillances et d'événements. En outre, l'analyse quantitative des risques utilise le calcul des conséquences d'un accident et la théorie de la vulnérabilité pour définir pleinement le risque individuel. La combinaison de tous ses outils en une seule méthodologie fait de la QRA un instrument très complet. Pour la même raison, la QRA est plus exigeant que d'autres techniques d'évaluation des risques, en termes de temps et de formation requis de l'analyste des risques. De nos jours, une série de programmes informatiques sont disponibles sur le marché, ce qui aide à accomplir les tâches fastidieuses de la QRA. [10]

II.3.2 Démarche de QRA

La démarche globale de la QRA est représenté dans la figure suivant :

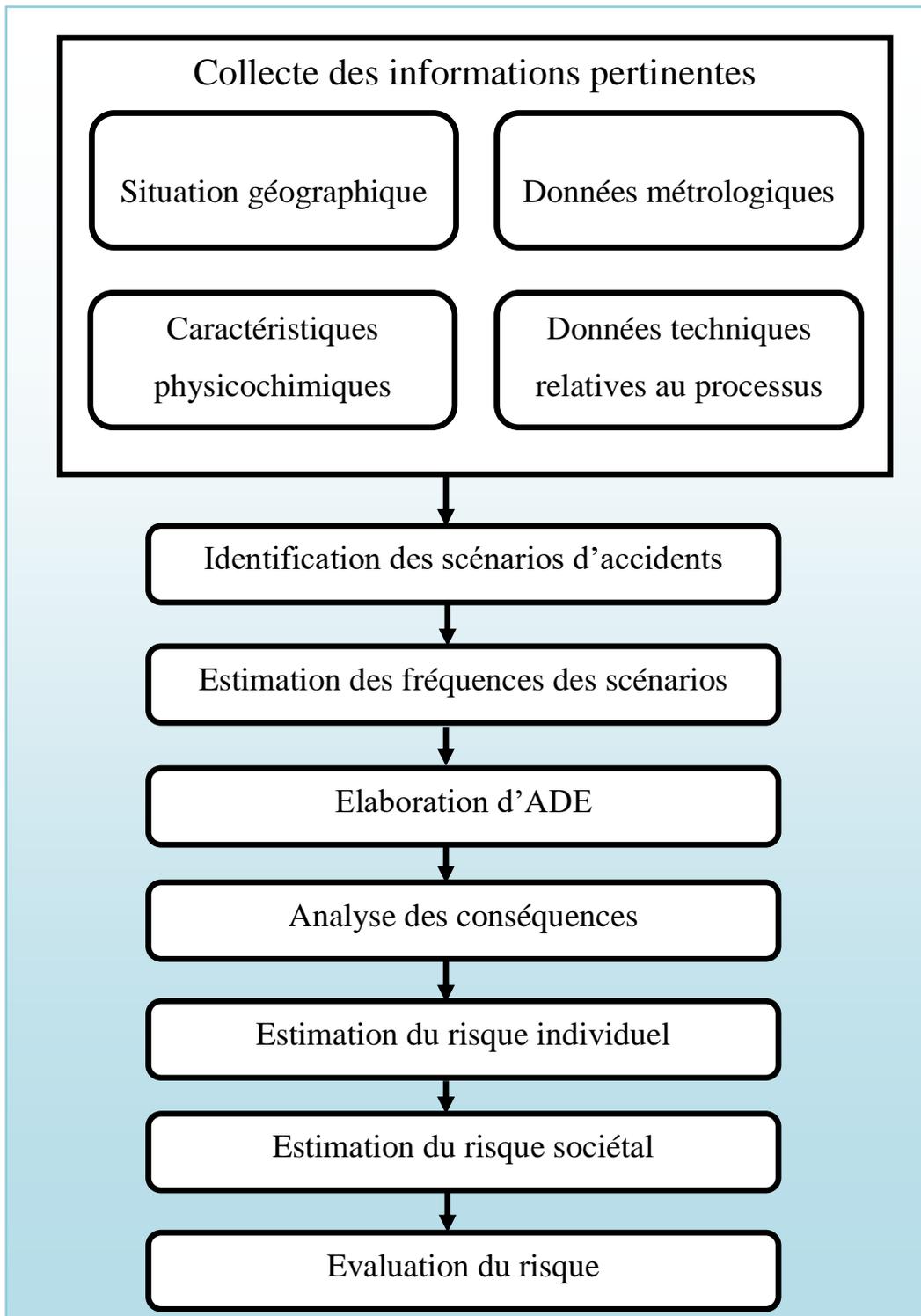


Figure 3: Principales étapes de l'analyse quantitative des risques (QRA). [10]

II.3.2.1 Collecte des informations pertinentes

Cette étape consiste à recueillir toutes les informations pertinentes pour la démarche de QRA, ceci peut inclure :

- La situation géographique sur l'emplacement de la zone étudié ;
- Les données climatiques : la température, la vitesse de vent, l'humidité, ...etc ;
- Les propriétés physicochimiques des substances impliquées ;
- L'information structurelle et fonctionnelle sur le processus ou le système analysé.

II.3.2.2 Identification des scénarios d'accidents (identification des dangers)

L'identification du danger est souvent désigné comme l'étape la plus importante dans la méthode QRA, car ce qui n'a pas été identifié ne sera pas évalué, et par conséquent ne peuvent pas être atténués. Cette identification se fait à partir d'une analyse fonctionnelle et d'autre dysfonctionnelle.

II.3.2.3 Analyse fonctionnelle

L'analyse fonctionnelle est la technique qui permet d'identifier et de décrire toutes les fonctions d'un système. Le but de cette analyse est d'identifier et de répartir toutes les fonctions d'un système quelconque requises pour accomplir la mission prévue.

Cette analyse doit être réalisée pour établir les fonctions du système et contrôler leur distribution ainsi que leur maintenance de façon utile et systématique. L'arborescence fonctionnelle, la matrice fonctionnelle et le schéma fonctionnel constituent les trois techniques à décrire. D'autres représentations peuvent cependant également convenir. [12]

Dans notre projet on s'intéressera à l'analyse par la méthode SADT.

II.3.2.3.1 Définition de la méthode SADT

SADT (System Analysis and Design Technique) : est une analyse par niveaux successifs d'approche descriptive d'un ensemble. Les fonctions sont représentées par des boîtes connectées aux autres fonctions via des liens symbolisant les interactions. [13]

Elle fournit des outils notamment pour :

- Concevoir d'une façon structurée des systèmes vastes ou complexes ;
- Communiquer des résultats de l'analyse et de la conception dans une notation claire et précise ;

- Contrôler l'exactitude, la cohérence et de façon générale la qualité de manière continue et systématique par des procédures particulières de critiques et d'approbations.

II.3.2.3.2 Formalisme de SADT

On modélise graphiquement un système par un bloc fonctionnel (ou boîte) représenté par un rectangle à l'intérieur duquel est mentionnée la fonction globale (ou d'usage suivant les cas). [14]

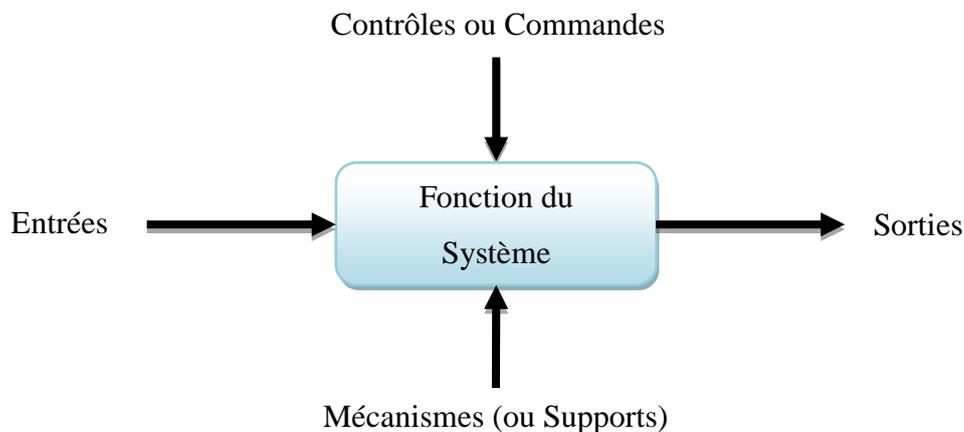


Figure 4: Formalisme de la méthode SADT. [14]

Mécanismes (flèches entrantes en bas) : supports de la fonction qui représentent les éléments matériels.

Entrées (flèches entrantes à gauche) : entrées de matière d'œuvre qui sont transformées par la fonction.

Contrôles (flèches entrantes en haut) : données de contrôle qui provoquent ou modifient la mise en œuvre de la fonction.

Sorties (flèches sortantes à droite) : ce qui est produit par le système :

- Sorties de matière d'œuvre dotée de valeur ajoutée ;
- Sorties secondaires (généralement des flux d'informations associées au processus et des sous-produits ou déchets). [14]

II.3.2.3.3 Objectifs de SADT

- Discipliner la démarche d'analyse "descendant, Modulaire, Hiérarchisé, structuré" ;
- Planification ou compréhension d'étude de mode de fonctionnement d'une structure d'organisation ;
- Analyse de cohérence entre le modèle fonctionnel et le modèle de conception ;

- Documenter l'analyse de système (la chronologie de son étude, les décisions, et les résultats) ;
- Travailler en équipe disciplinée et coordonnée. [15]

II.3.2.4 Analyse dysfonctionnelle

L'analyse dysfonctionnelle a pour objectif d'identifier les causes et les conditions pouvant conduire à une situation dangereuse (défaillances), et à prévoir leurs conséquences (effets) sur la fiabilité, la disponibilité, la maintenabilité, et la sécurité du système étudié.

Plusieurs des méthodes d'analyse dysfonctionnelle sont utilisées afin d'identifier les scénarios d'accident tel que : HAZOP, AMDEC, WHAT IF, APR, MADS,...etc.

Dans notre projet d'étude, on va appliquer la méthode HAZOP à cause de certains avantages.

II.3.2.4.1 Définition et historique de la méthode HAZOP

La méthode HAZOP, a été développée par la société (Imperial chemical industries) (ICI) en début des années 1970. Elle a depuis été adaptée dans différents secteurs d'activité. L'union des industries chimiques (UIC) a publié en 1980 une version française de cette méthode dans son cahier de sécurité n°2 intitulé « étude de sécurité sur schéma de circulation des fluides ». Considérant de manière systématique les dérives des paramètres d'une installation en vue d'identifier les causes et les conséquences, cette méthode est particulièrement utile pour l'examen des systèmes thermo-hydrauliques, pour lesquels des paramètres comme le débit, la température, la pression, le niveau, la concentration... sont particulièrement importants pour la sécurité de l'installation. [9]

II.3.2.4.2 Objectifs de la méthode HAZOP

Les principaux objectifs d'un HAZOP sont :

- Identifier et évaluer les risques au sein d'un processus ou une opération planifiée ;
- Identifier les problèmes d'exploitation ou de qualité importants ;
- Identifier les problèmes pratiques liés à des opérations de maintenance. [9]

II.3.2.4.3 Déroulement de la méthode

- Choisir une ligne ou la maille ;
- Choisir un paramètre de fonctionnement ;
- Retenir un mot-clé et générer une dérive ;
- Vérifier que la dérive est crédible, si oui, passer au point 5, si non revenir au point 3 ;
- Identifier les causes et les conséquences potentielles de cette dérive ;

- Examiner les moyens visant à détecter cette dérive ainsi que ceux prévus pour en prévenir l'occurrence ou en limiter les effets ;
- Proposer le cas échéant des recommandations et améliorations ;
- Retenir un nouveau mot-clé pour le même paramètre et reprendre l'analyse au point 3 ;
- Lorsque tous les mots-clés ont été considérés, retenir un nouveau paramètre et reprendre l'analyse au point 2 ;
- Lorsque toutes les phases de fonctionnement ont été envisagées, retenir une nouvelle ligne et reprendre l'analyse au point 1. [9]

Le tableau de HAZOP est défini comme suite :

Tableau 3: Tableau de l'hazop. [9]

Unité / Opération :				Ligne /Equipement :			
Paramètre :							
01	02	03	04	05	06	07	09
N°	Mot-clé	Déviations	causes	Conséquences	Détection	Sécurités existantes	Observations

Remarque 1 : La norme CEI 61882 définit les mots-clés dont l'usage est particulièrement courant, et sont données dans le tableau suivant :

Tableau 4: Mots-clés utilisés dans le tableau HAZOP. [9]

Type de déviation	Mot-Clé	Exemple d'interprétation
Négative	Ne pas faire (pas)	Aucune partie de l'intention n'est remplie
Modification quantitative	plus	Augmentation quantitative
	moins	Diminution quantitative
Modification qualitative	En plus de	Présence d'impureté-exécution simultanée d'une autre étape
	Partie de	Une partie seulement de l'intention est réalisée
Substitution	Inverse	S'applique à l'inversion de l'écoulement dans les canalisations ou à l'inversion des réactions chimiques

	Autre que	Un résultat différent de l'intention originale est obtenu
Temps	Plus tôt	Un évènement se produit avant l'heure prévu
	Plus tard	Un évènement se produit après l'heure prévu
Ordre séquence	Avant	Un évènement se produit trop tôt l'heure de séquence
	Après	Un évènement se produit trop tard l'heure de séquence

Remarque 2 : Quatre paramètres sont les plus exprimés par l'étude par HAZOP sont :

La température, la pression, le débit, et le niveau. La combinaison de ces paramètres avec les mots-clés précédemment définis permet donc de générer des dérives de ces paramètres. Par exemple :

- « Plus de » + température = température plus haute ;
- « Moins de » + pression = pression trop basse ;
- « Inverse » + débit = retour de pression ;
- « Pas de » + niveau = capacité vide.

II.3.2.5 Estimation des fréquences des scénarios

Cette étape elle permet de déterminer le niveau de probabilité et de gravité de chaque risque. La méthode AdD aide à cette estimation, d'une autre façon elle permet de rechercher toutes les causes des évènements indésirables et de calculer leurs fréquences.

II.3.2.5.1 Définition et Historique de l'AdD

L'analyse par l'AdD fut historiquement la première méthode mise au point de vue de procéder à un examen systématique des risques. Elle a été élaborée au début des années 1960 par la compagnie américaine BELL TELEPHONE et fut expérimentée pour l'évaluation de la sécurité des systèmes de tir missiles.

Maintenant l'analyse par l'AdD est appliquée dans des nombreux domaines tels que l'aéronautique, le nucléaire, l'industrie chimique, ... etc., elle est également utilisée pour analyser à posteriori les causes d'accidents qui se sont produit.

II.3.2.5.2 Objectif de l'Add

L'objectif principal de l'analyse par l'Add étant de déterminer les causes réelles qui ont conduits à l'accident. [12]

II.3.2.5.3 Elaboration de l'Add

La construction de l'Add vise à déterminer les enchainements d'évènements pouvant conduire à l'évènement final retenu. Cette analyse se termine lorsque toutes les causes potentielles correspondent à des évènements élémentaires. [10]

L'élaboration de l'Add suit le déroulement présenté en figure suivant :

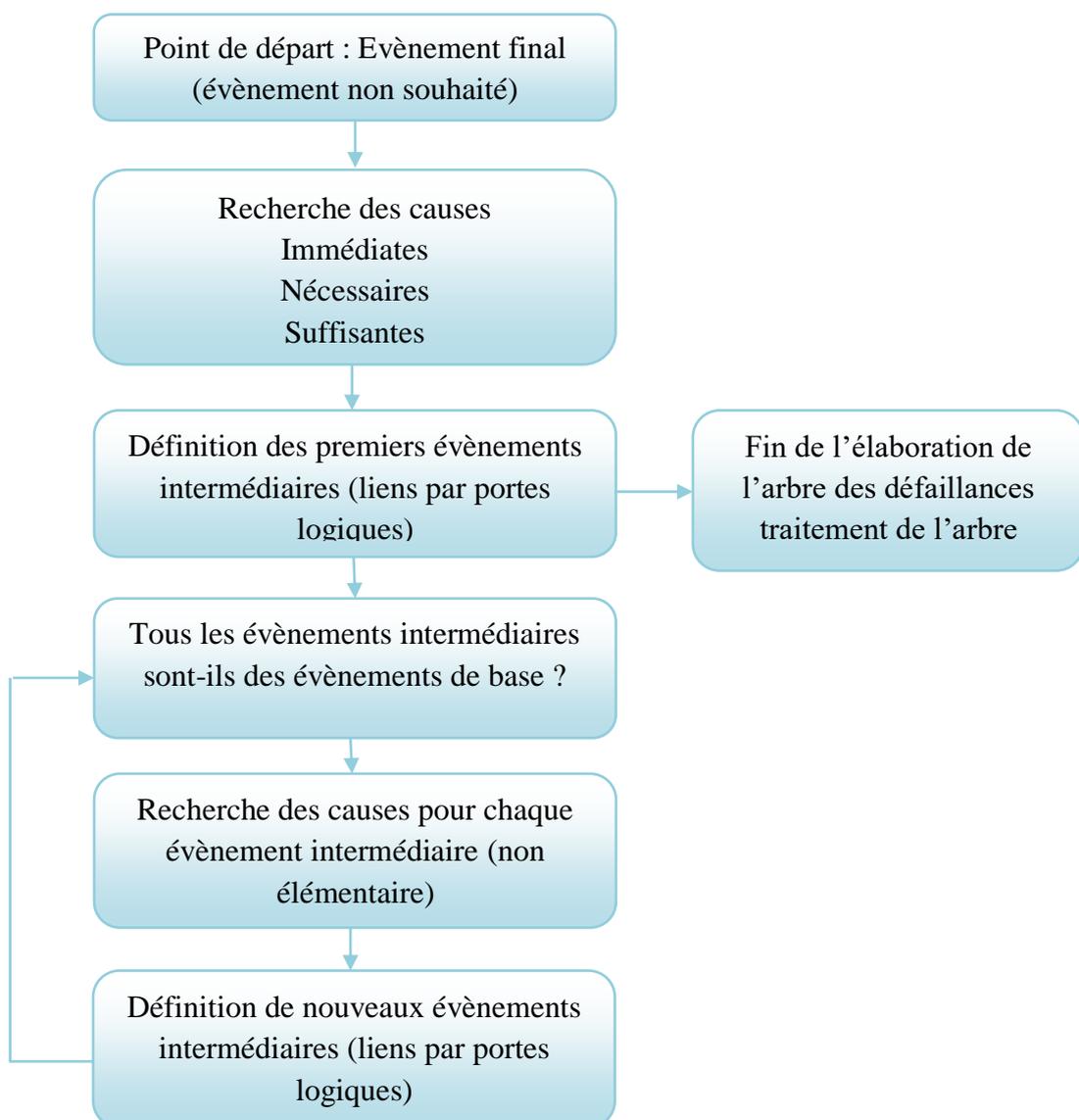


Figure 5: Démarche pour l'élaboration de l'arbre des défaillances. [9]

II.3.2.5.4 Construction de l'Add

La figure suivant permet d'introduire la composition générale de l'Add.

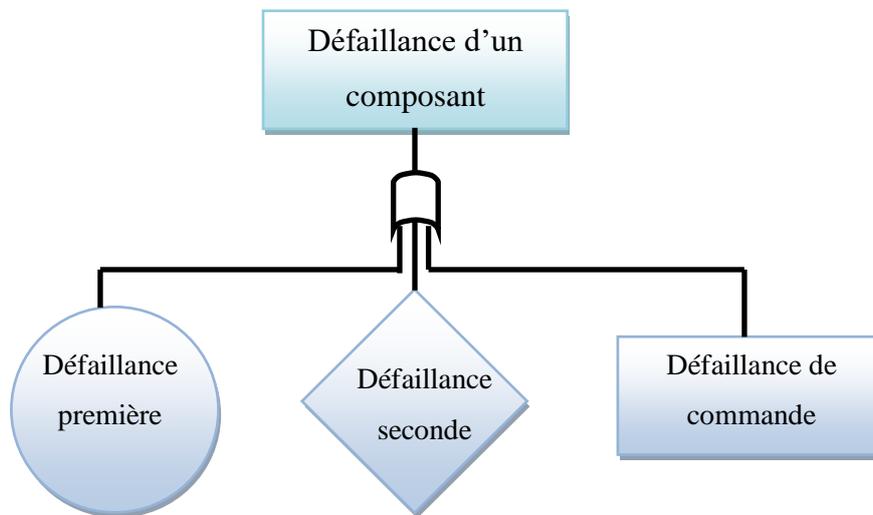


Figure 6: Arbre des défaillances d'un composant. [9]

L'arbre des défaillances Add se compose de 3 composant sont :

II.3.2.5.4.1 Evènement indésirable

L'analyse par l'Add se concentre sur un évènement particulier qualifié d' « indésirable » parce qu'on ne souhaite évidemment pas le voir se réaliser. Cet évènement devient « sommet » de l'arbre et l'analyse a pour but d'en déterminer toutes les causes. Souvent, cet évènement est un évènement catastrophique. [9]

II.3.2.5.4.2 Portes logiques

Les portes logiques lies aux évènements suivants des relations de causalité. Les principaux symboles généralement utilisés sont représentés dans le tableau suivant :

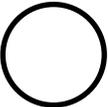
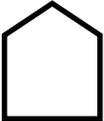
Tableau 5: Symboles et leurs signification. [9]

Symbole	Nom du symbole	Signification du système
	Porte « ET »	L'évènement de sortie (s) de la porte ET est généré si tous les évènements d'entrée (E1, E2, E3, ...) sont présents simultanément
	Porte « OU »	L'évènement de sortie (s) de la porte OU est généré si l'un au moins des évènements d'entrée (E1, E2, E3, ...) est présent
	Porte « ET avec condition »	L'évènement de sortie (s) de la porte ET est généré si tous les évènements d'entrée (E1, E2) sont présents et si la condition (E1 avant E2) est réalisée
	Porte « OU avec condition »	L'évènement de sortie (s) de la porte OU est généré si l'un au moins des évènements d'entrée (E1 ou E2) est présent et si la condition est réalisée (il faut que E1 et E2 ne soient pas présents simultanément)
	Porte « SI »	L'évènement de sortie (s) est généré si l'évènement d'entrée (E1) est présent et si la condition X est réalisée
	Porte « combinaison m/n » (ici 2/4)	L'évènement de sortie (s) est généré si 'm' des 'n' évènements d'entrée sont présents (ici il suffit que 2 des évènements E1, E2, E3, E4 soient présents).

II.3.2.5.4.3 Evènements

Les symboles habituellement utilisés sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau 6: Symboles des évènements et leurs significations. [9]

Symbole	Nom du symbole	Signification du système
	Rectangle	Représentation d'un évènement (évènement indésirable ou intermédiaire) résultant de la combinaison d'autres évènements par l'intermédiaire d'une porte logique
	Cercle	Représentation d'un évènement élémentaire ne nécessitant pas de futur développement
	Losange	Représentation d'un évènement qui ne peut être considéré comme élémentaire mais dont les causes ne sont pas et ne seront pas développées
	Double Losange	Représentation d'un évènement dont les causes ne sont pas encore développées mais le seront ultérieurement
	Maison	Représentation d'un évènement de base qui est un évènement survenant normalement pendant le fonctionnement du système.
	Ovale	Représentation d'un évènement conditionnel qui peut être utilisé avec certaines portes logiques

II.3.2.5.5 Coupes minimales de la réduction de l'arbre

La recherche des coupes minimales est effectuée à partir des règles de l'algèbre de BOOLE. Quelques-unes des principes règles de l'algèbre de « BOOLE » sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 7: Principes règles de l'algèbre de BOOLE. [9]

Propriétés	Produit (ET)	Somme (OU)
Commutativité	$A \cdot B = B \cdot A$	$A + B = B + A$
Idempotence	$A \cdot A = A$	$A + A = A$
Absorption	$A \cdot (A + B) = A$	$A + A \cdot B = A$
Association	$A \cdot (B \cdot C) = (A \cdot B) \cdot C$	$A + (B + C) = (A + B) + C$
Distributivité	$A \cdot (B + C) = (A \cdot B + A \cdot C)$	$A + B \cdot C = (A + B) \cdot (A + C)$

II.3.2.5.6 Exploitation de L'AdD

Cette exploitation de l'AdD peut être réalisée de manière qualitative et quantitative, elle nécessite au préalable de traiter les résultats fournis au cours de la construction de l'arbre.

II.3.2.5.6.1 Exploitation qualitative

visé à examiner dans quelle proportion une défaillance correspondant à un événement de base peut se propager dans l'enchaînement des causes jusqu'à l'événement final. Pour cela, tous les événements de base sont supposés équiprobables et on étudie le cheminement à travers les portes logiques d'événement ou de combinaisons d'événements jusqu'à l'événement final.

Une défaillance se propageant à travers le système en ne rencontrant que des portes « OU » est susceptible de conduire très rapidement à l'événement final. A l'inverse, un cheminement s'opérant exclusivement à travers des portes « ET » indique que l'occurrence de l'événement final à partir de l'événement ou la combinaison d'événements de base est moins probable et démontre ainsi une meilleure prévention de l'événement final.

Plus l'ordre d'une coupe minimale est petit, plus l'occurrence de l'événement final suivant ce chemin critique peut paraître probable. [9]

II.3.2.5.6.2 Exploitation quantitative

visé à estimer à partir des probabilités d'occurrence des événements de base, la probabilité d'occurrence de l'événement final ainsi que des événements intermédiaires.

En pratique il est souvent difficile d'obtenir des valeurs précises de probabilités des événements de base. En vue de les estimer, il est possible de faire appel à :

- Des bases des données ;
- Des jugements d'experts ;
- Des essais lorsque cela est possible.

Retour d'expérience sur l'installation ou des installations analogues. [9]

A partir de probabilités de ces événements de base, il s'agit de remonter dans l'arbre des défaillances en appliquant les règles suivantes :

Tableau 8: Règles de calcul de probabilité des évènements. [9]

Porte « OU »	Porte « ET »
<p>$P(S) = P(E1) + P(E2) - P(E1).P(E2)$ (Théorème de POINCARRE) Lorsque la probabilité des évènements de base est faible, il est possible de négliger le produit $P(E1). P(E2)$ et de considérer $P(S) = P(E1) + P(E2)$</p>	<p>$P(S) = P(E1). P(E2)$</p>

II.3.2.6 Elaboration de l'AdE

II.3.2.6.1 Historique et domaine d'application

L'analyse par l'AdE a été développée au début des années 1970 pour l'estimation du risque lié aux centrales nucléaires à eau légère. Particulièrement utilisée dans le domaine du nucléaire, son utilisation s'est étendue à d'autres secteurs d'activité.

Cette méthode est aussi utilisée dans le domaine de l'analyse après accidents en vue d'expliquer les conséquences observées résultants d'une défaillance du système. [9]

II.3.2.6.2 Déroulement

La démarche généralement retenue pour réaliser une analyse par l'AdE est la suivant :

- Définir l'évènement initiateur à considérer ;
- Identifier les fonctions de sécurité prévue pour y faire face ;
- Construire l'arbre ;
- Décrire et exploiter les conséquences d'évènements identifiés.

II.3.2.6.3 Construction de l'arbre

La construction de l'arbre consiste, à partir de l'évènement indésirable, à envisager soit le bon fonctionnement soit la défaillance de première fonction de sécurité.

II.3.2.6.4 Etapes de construction d'un arbre

- L'évènement initiateur est représenté schématiquement par un trait horizontal ;
- le moment où on doit survenir la première fonction de sécurité est représentée par un nœud ;
- La branche supérieure correspond généralement au succès de la fonction de sécurité et la branche inférieure à la défaillance de cette fonction ;
- La suite de la méthode consiste à examiner le développement de chaque branche de manière itérative en considérant systématiquement le fonctionnement ou la défaillance de la fonction de sécurité.

II.3.2.6.5 Exploitation

La réalisation d'un AdE permet en définitive de déterminer la probabilité d'occurrence des différentes conséquences à partir de l'évènement redouté.

L'arbre suivant est un exemple de l'exploitation de l'AdE :

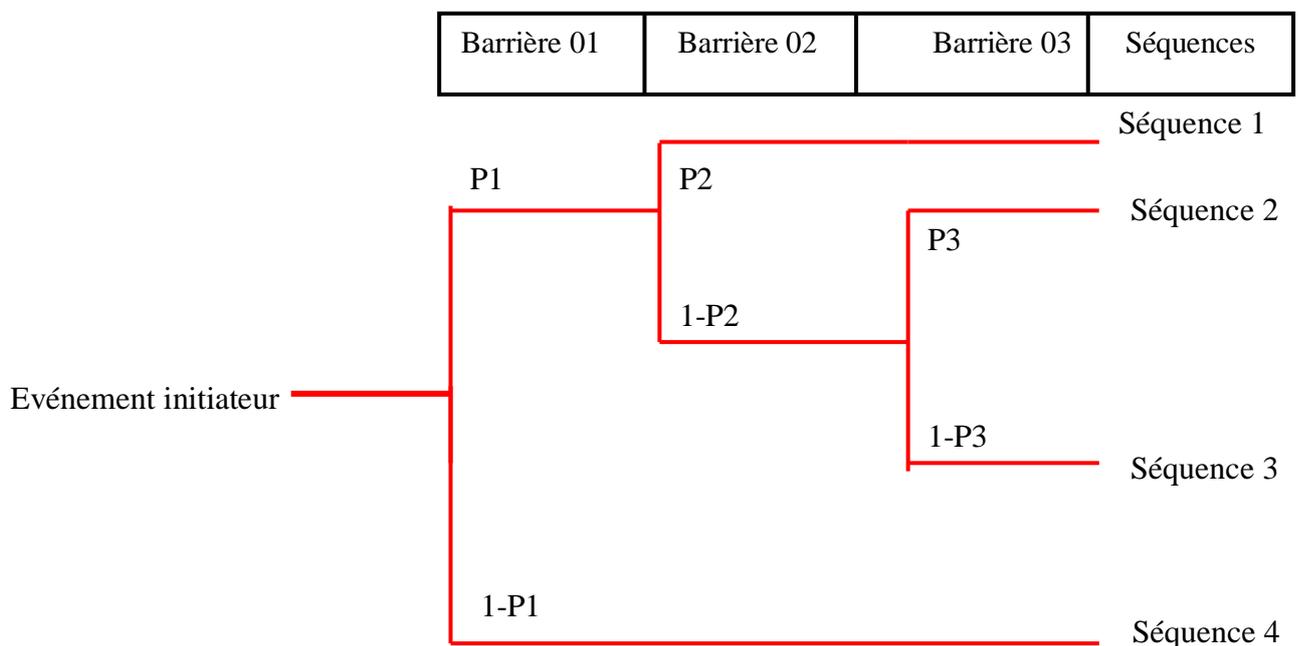


Figure 7: Exemple de l'exploitation de l'AdE. [9]

La fréquence de chaque séquence est calculée comme suite :

- $FS1 = FEI * P1 * P2$;
- $FS2 = FEI * P1 * (1-P2) * P3$;
- $FS3 = FEI * P1 * (1-P2) * (1-P3)$;
- $FS4 = FEI * (1-P1)$.

II.3.2.7 Analyse des conséquences

Après l'application de ces méthodes d'analyse afin d'identifier et d'estimer les risques on doit passer vers l'étape de l'analyse des résultats de cette estimation, pratiquement on fait appel à certains logiciels informatiques pour faciliter cette analyse et pour prendre aussi des résultats plus précises et exactes.

Dans notre projet fin d'étude ont va utiliser le logiciel PHAST.

II.3.2.8 Notion de risque individuel :

C'est la probabilité qu'une personne exposée de façon permanente au danger soit tuée. Cette notion est habituellement représentée sur une carte des environs du site par des courbes d'iso-risque individuel (distance d'effet maximale à laquelle un individu est exposé à une probabilité de mort individuelle de 10^{-5} /an, 10^{-6} /an). [16]

II.3.2.8.1 Calcul du risque individuel

Le risque individuel est calculé à chaque point de la grille d'évaluation des risques séparément.

La procédure pour déterminer le risque individuel à un point de grille unique est décrite dans la figure suivante :

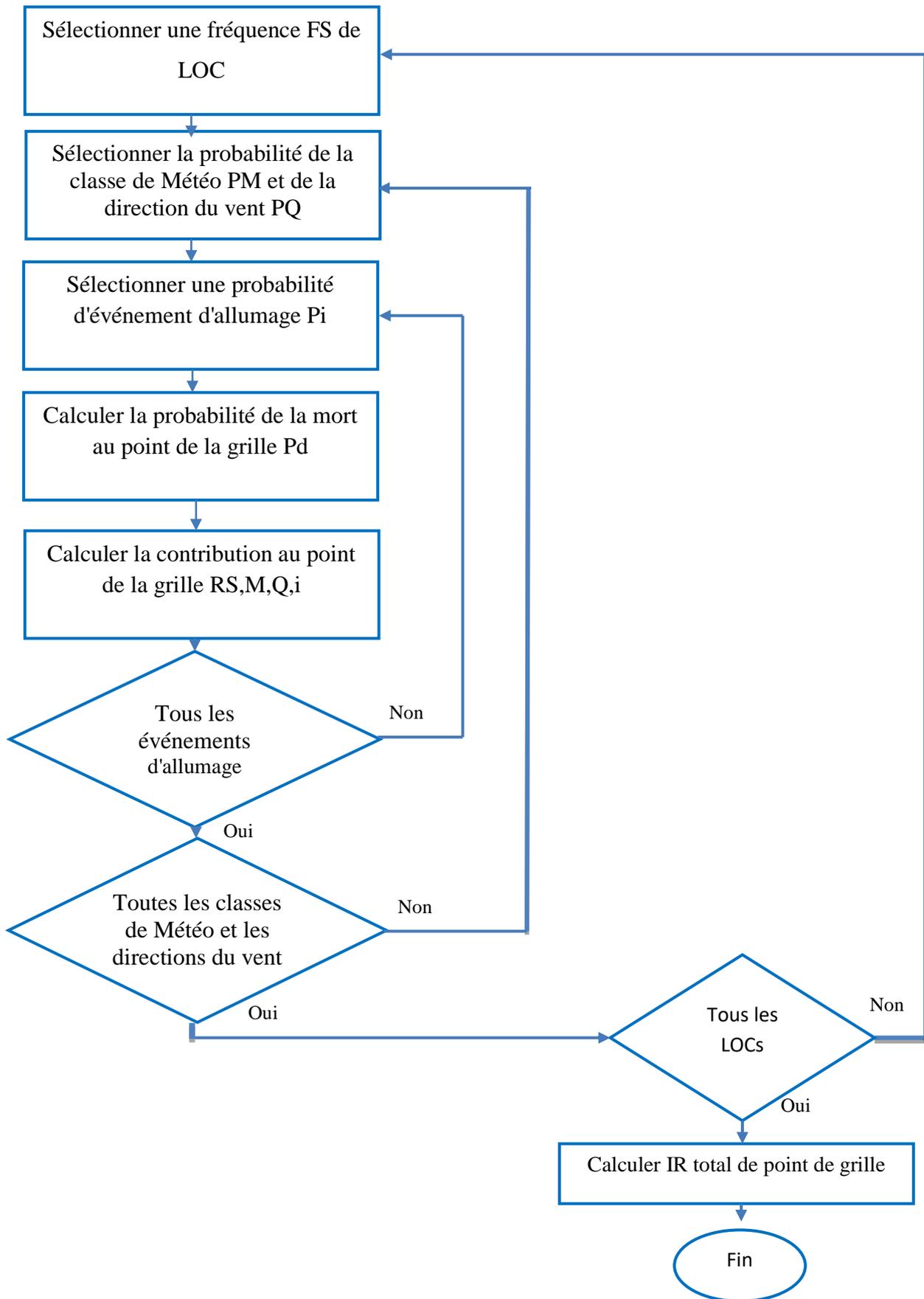


Figure 8: Procédure de calcul du risque individuel « IR » à un point de grille. [16]

II.3.2.9 Estimation du risque sociétal**II.3.2.9.1 Notion de risque sociétal**

C'est la probabilité lors d'un accident de causer la mort de plus d'un certain nombre de personnes. Cette notion est habituellement représentée à l'aide de courbes dites F/N (nombre d'individus N exposé en permanence à une fréquence d'accident F de 10^{-5} /an, 10^{-6} /an). [16]

II.3.2.9.2 Calcul du risque sociétal

La procédure pour déterminer le risque Sociétal est décrite à la figure ci-dessous. Pour une combinaison unique de LOC, classe météo, direction du vent, et l'événement d'allumage, le nombre attendu de décès est calculée pour chaque cellule de la grille. Ensuite, le nombre prévu de décès dans toutes les cellules de la grille 'N' est calculée pour chaque combinaison de LOC, classe météo, direction du vent et l'événement d'allumage séparément. Enfin, la fréquence cumulée d'avoir plus de N décès est déterminée. [16]

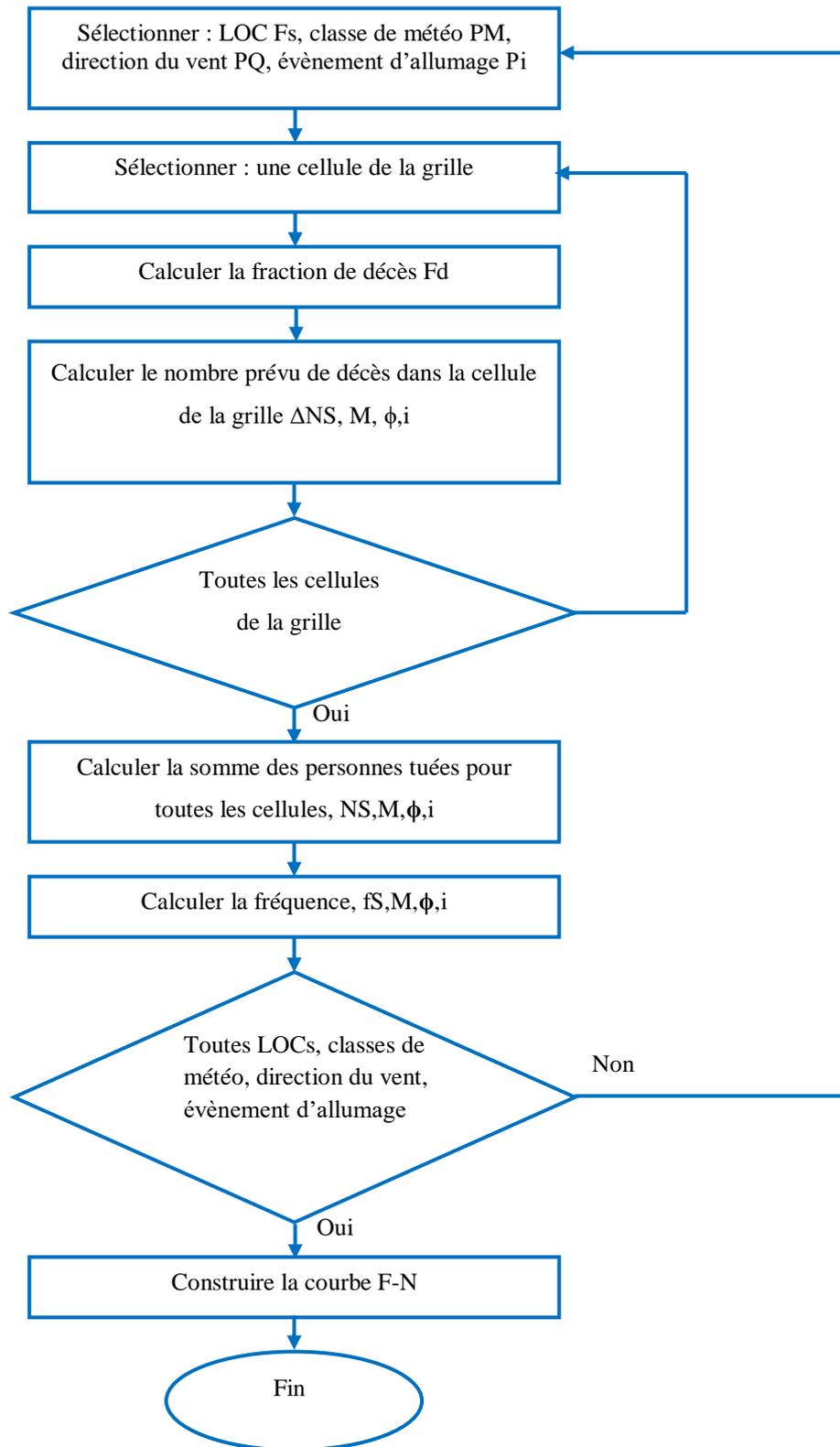


Figure 9: Procédure pour calculer le risque Sociétal. [16]

II.3.2.9.3 Calcule de grille

Le calcul du risque individuel et sociétal des risques commence par la définition d'une grille sur la zone d'intérêt « la grille de calcul ». Le centre d'une cellule de la grille est appelé « un

point de grille » et le risque individuel est calculé à chaque point de la grille séparément. La taille de la cellule de la grille devrait être suffisante pour ne pas influencer les résultats de calcul fiable.

II.3.2.10 Evaluation des risques

Avec des estimations de probabilité et la gravité pour chaque risque unique, son emplacement peut être tracé sur la matrice des risques. Un classement des risques, score de risque/Index ou classe de risque est associé à chaque cellule de la matrice des risques et cela fournit une indication relative de l'importance des risques. [8]

La figure suivante représente une matrice générale de risque :

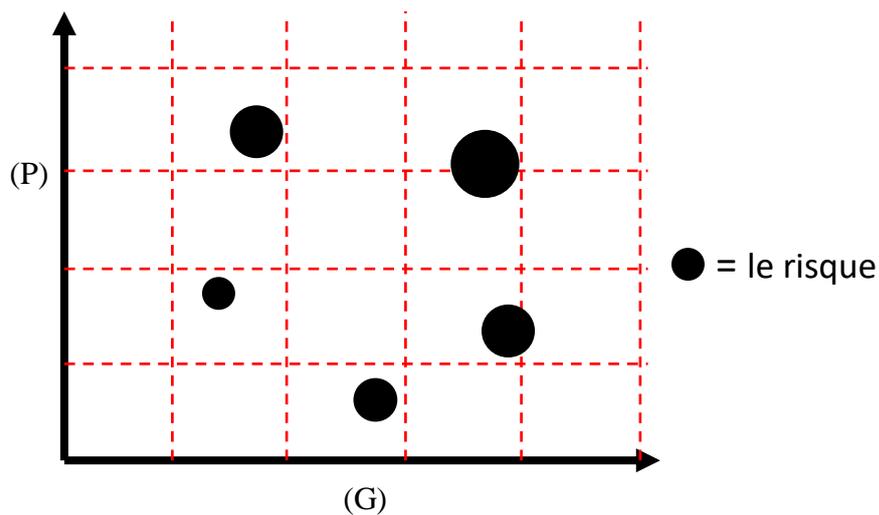


Figure 10: Matrice d'évaluation des risques. [8]

G : Gravité
P : probabilité

Conclusion

Ce chapitre nous a permis de passer en revue les étapes de l'évaluation des risques et détailler les méthodes utilisées pour l'évaluation des risques au sein du complexe GL1/K Skikda.

Chapitre III

Partie pratique

Introduction

Dans ce chapitre nous allons appliquer la méthode QRA sur le bac de stockage du butane de complexe GL1/K. Pour identifier, estimer, et évaluer les risques liés à cette opération et leurs effets sur les installations et les personnes.

L'application de la méthode QRA fait appel à d'autres méthodes classiques d'analyse des risques, dans notre cas on a utilisé : la SADT, HAZOP, AdD et AdE.

III.1 Collecte des informations pertinentes

III.1.1 Situation géographique

La situation géographique de complexe GL1/K est décrite dans le chapitre dédié à la présentation de l'entreprise page 2

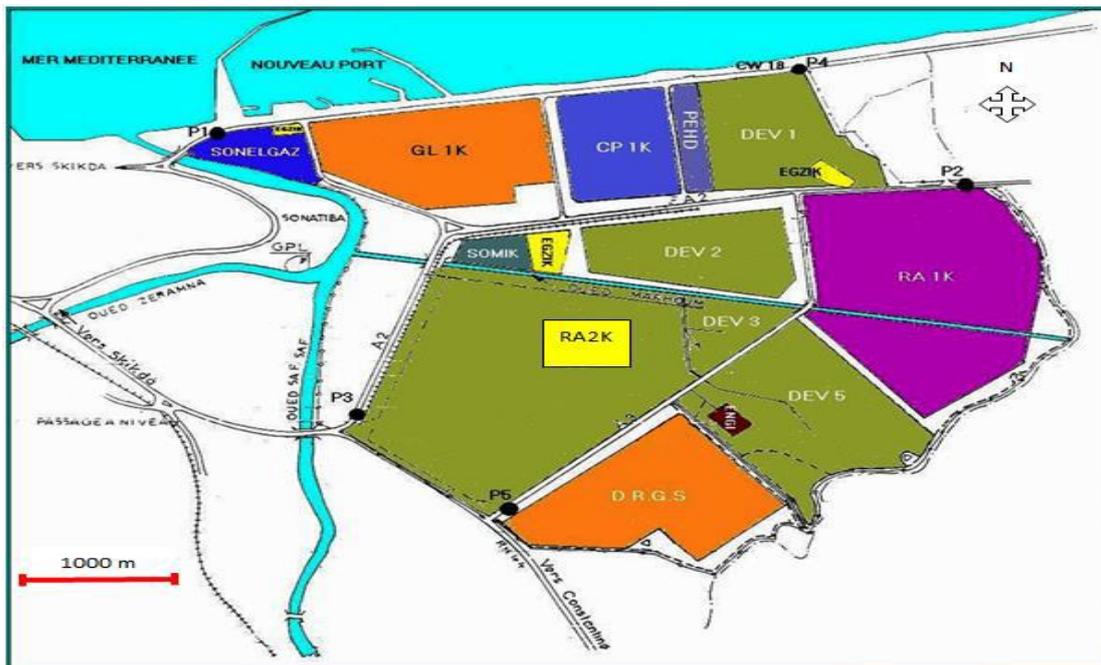


Figure 11: Situation géographique de complexe GL1/K. [17]

III.1.2 Données météorologiques

Concernant la température, la vitesse de vent et l'humidité.

III.1.2.1 Paramètres atmosphériques

Pour les paramètres atmosphériques, les moyennes annuelles ont été utilisées, ces paramètres auront une influence sur le comportement de dispersion des dégagements inflammables. Les

paramètres représentatifs qui seront appliqués à la modélisation des conséquences sont synthétisés dans le Tableau ci-dessous :

Tableau 9: Paramètres atmosphériques. [17]

Paramètre	Valeur	Unité	Remarques
Température de l'air	24	°C	Basé sur la température de l'air ambiant moyenne. La plage des moyennes mensuelles pour les températures maximales et minimales est comprise entre 7°C et 29°C ; il faut noter que ces facteurs ont une influence assez limitée sur les caractéristiques de dispersion (bien qu'il y ait une influence sur la flottabilité des nuages gazeux).
Température de surface	24	°C	Même remarque de température de l'air
Humidité relative	72	%	Basé sur la moyenne mensuelle de l'humidité. Les moyennes mensuelles d'humidité sont comprises entre 69% et 79%. Ce facteur n'aura qu'une influence mineure sur la dispersion des gaz flottants mais il peut par contre fortement influencer la portée de la dispersion des vapeurs issues d'un débordement.
Pression atmosphérique	1.012	atm	Basé sur la moyenne de pression atmosphérique. Influence négligeable sur la dispersion et les résultats

III.1.2.2 Stabilité atmosphérique et données relatives à la vitesse du vent

La dispersion d'un nuage de substance dangereuse dépend principalement de la vitesse du vent, de la direction du vent et de la stabilité atmosphérique. En cas de dégagement continu, une vitesse du vent élevée diluera le dégagement. S'agissant des dégagements instantanés, un vent fort peut transporter la substance dégagée loin en aval avant qu'elle n'ait le temps d'atteindre une concentration dangereuse. L'effet de la direction du vent est évident dans le sens où seules les personnes situées dans le vent d'un dégagement sont exposées à un risque immédiat.

Tableau 10: Vitesse moyenne de vent pour chaque mois. [17]

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	août	Sep	Oct	Nov	Déc
V (m/s)	4.3	4.1	2.6	3.0	2.6	2.5	2.6	2.7	2.3	2.6	3.4	4.8

III.1.2.3 Direction de vent

La probabilité de vent provenant de chacune des huit directions est présentée sous la forme d'une rose des vents. On remarque une forte prévalence des vents du sud et du nord-nord-ouest, ce qui correspond en gros aux vents soufflant de la mer ou vers la mer respectivement.

La figure ci-dessous représente la direction de vent :

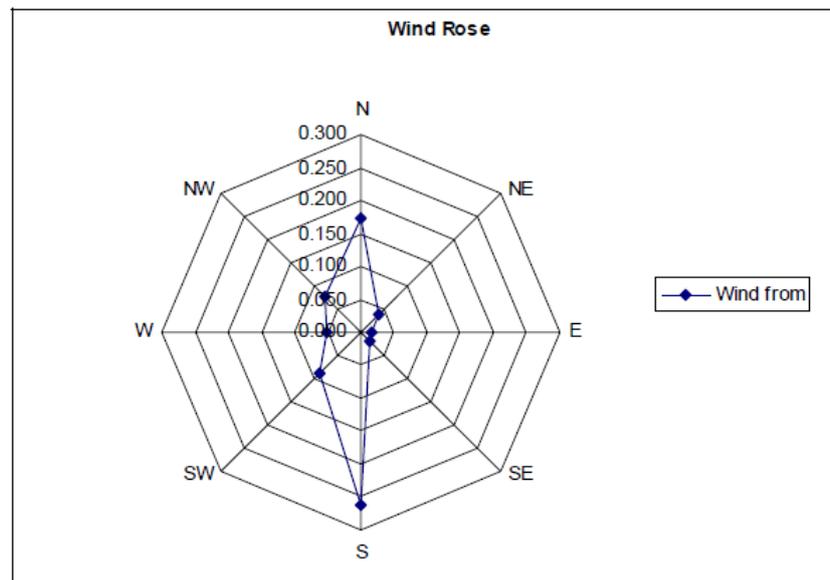


Figure 12 : Rose des vents. [17]

III.1.3 Caractéristiques physicochimiques du butane

III.1.3.1 Origine des gaz naturel liquéfiés

Le butane est défini sous le terme général de gaz naturel liquéfié (GNL), il est extrait avec des opérations de liquéfaction, du gaz naturel.

III.1.3.2 Identification

- ❖ Forme du produit : Substance ;
- ❖ Nom : Butane ;
- ❖ N° CAS : 106-97-8 ;
- ❖ Formule brute : C_4H_{10} ;
- ❖ Autres moyens d'identification : Méthyléthylmétane, diéthyl, n-butane, hydrure butylique ;
- ❖ Groupe de produits : Produits de base. [annexe N°1]

III.1.3.3 Propriétés physicochimiques du butane

La formule chimique de butane indique qu'il est composé de carbone et d'hydrogène, d'où leur nom d'hydrocarbures.

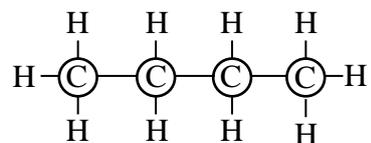


Figure 13: Formule chimique de butane.

Tableau 11: Caractéristiques physicochimiques de butane. [annexe N°1]

Caractéristiques	Butane
État physique	Gaz
Formule chimique	C_4H_{10}
Masse moléculaire	58 g/mol
Densité par rapport à l'air	2
Température d'ébullition	-5 °C
Point d'éclair	-60 °C
Point critique	152 °C
Température d'auto-inflammation	400 °C
Vitesse de propagation de flamme	34 cm/s
Solubilité dans l'eau	Insoluble

III.1.3.4 Identification des dangers liés au butane

III.1.3.4.1 Classification de la substance

Selon la classification (GHS-CA) le butane est :

- Asphyxiant simple H380 ;
- Gaz inflammables 1 H220 ;
- Gaz liquéfiés H280. [annexe N°1]

III.1.3.4.2 Mentions de danger

Gaz extrêmement inflammable contient un gaz sous pression ; peut exploser sous l'effet de la chaleur. Et peut former des mélanges explosifs avec l'air. [annexe N°1]



Figure 14: Pictogrammes des dangers du butane. [annexe N°1]

III.1.4 Données techniques du système

III.1.4.1 Description de l'installation (bac de stockage)

Le nouveau bac de stockage 76-MF02 a une capacité de 40 000 tonnes et il est de type confinement total avec un mur extérieur en béton et une paroi intérieure en acier. La pression et la température opératoires sont : entre 20 à 60mbar eff et -8,1 °C. Le butane stocké est fournie par le débutaniseur 07-MD07 .deux vannes ESDV est installer au niveau de la coulée avec deux soupapes de sécurité PRV pour contrôler le débit au coulée. [18]

Pour contrôler les paramètres du bac de stockage. Il dispose de plusieurs équipements de contrôle. Parmi ces équipements ont a :

- Indicateur et contrôleur de niveau LIC + transmetteur de niveau LT ;
- Indicateur et contrôleur de température TIC + transmetteur de température TT ;
- Indicateur de pression PI + transmetteur de pression PT.

Dans le cas de refoulement la ligne se compose de :

- Pompe 76-MJ 02 ;
- (02)Vannes ESDV ;
- (04) clapets anti retour ;
- soupape PRV.

La sécurité à l'extérieur de bac est assurée par :

- Détecteurs de gaz GD ;
- Détecteurs de feu FD. [18]

Le schéma suivant représente le système de stockage du butane réalisé à l'aide de logiciel de schématisation Edraw Max.

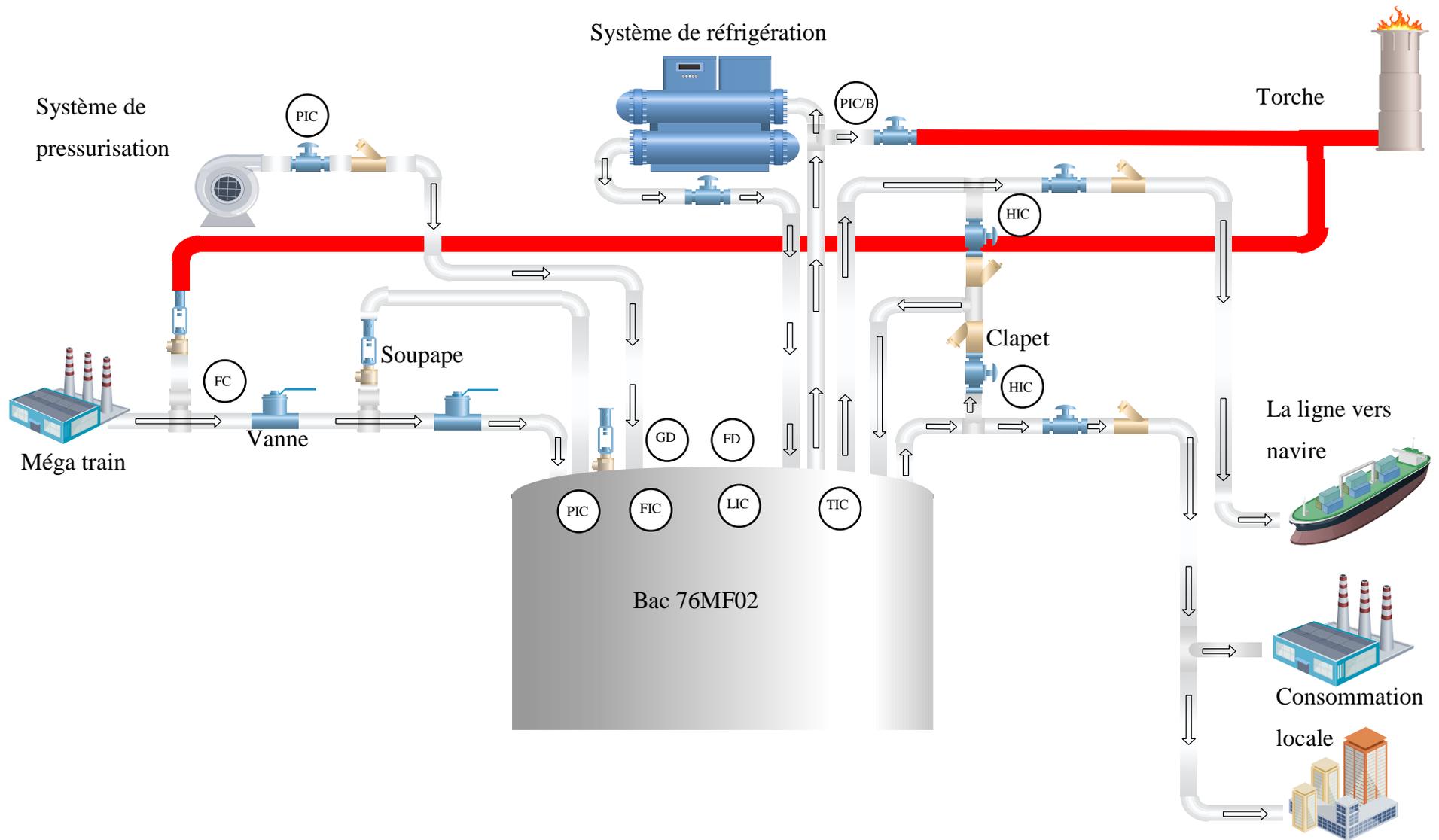


Figure 15 : Schéma simplifier le système de stockage. [Élaborée par nos soins inspirés d'annexe N°3]

III.1.4.2 Analyse fonctionnelle par SADT

III.1.4.2.1 Description

Afin de mieux comprendre les différentes parties (sous-systèmes) de notre processus de stockage butane et pour identifier les relations structurelles et fonctionnelles entre ces parties nous avons procédé à une analyse fonctionnelle par la méthode SADT. Le découpage de notre système et définit dans le tableau suivant :

Tableau 12 : Sous-systèmes de Bac de stockage.

Système	Sous-système
Bac de stockage du butane	Sous-système stockage
	Sous-système de remplissage
	Sous-système contrôle de stockage
	Sous-système expédition du butane

III.1.4.2.2 Schémas des modèles

Les schémas suivants représentent les résultats de l'application de la méthode SADT : La traduction des symboles utilisés est la suite :

Tableau 13: Abréviations de système.

D	Débit
T	Température
N	Niveau
P	Pression
O-H	Opérateur humaine
CCR	Salle commande et contrôle
ESDV	Emergency valve
LAH	Alarme de haut niveau
LAHH	Alarme de très hauts niveaux
LSH	Alarme haut sécurité
LAL	Alarme de bas niveau

FC	Contrôle de débit
PRV	Soupape de pression
TIC	Indicateur et contrôleur de température
PIC	Indicateur et contrôleur de pression

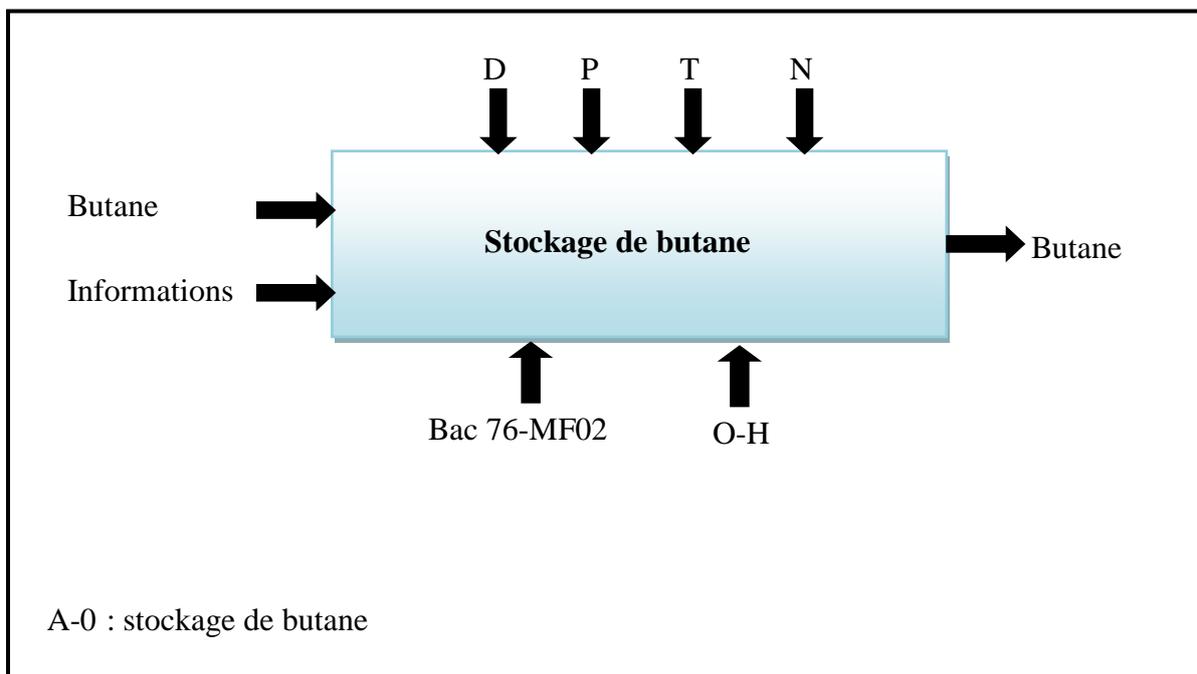


Figure 16: Application de la méthode SADT sur le bac de butane 76-MF02.

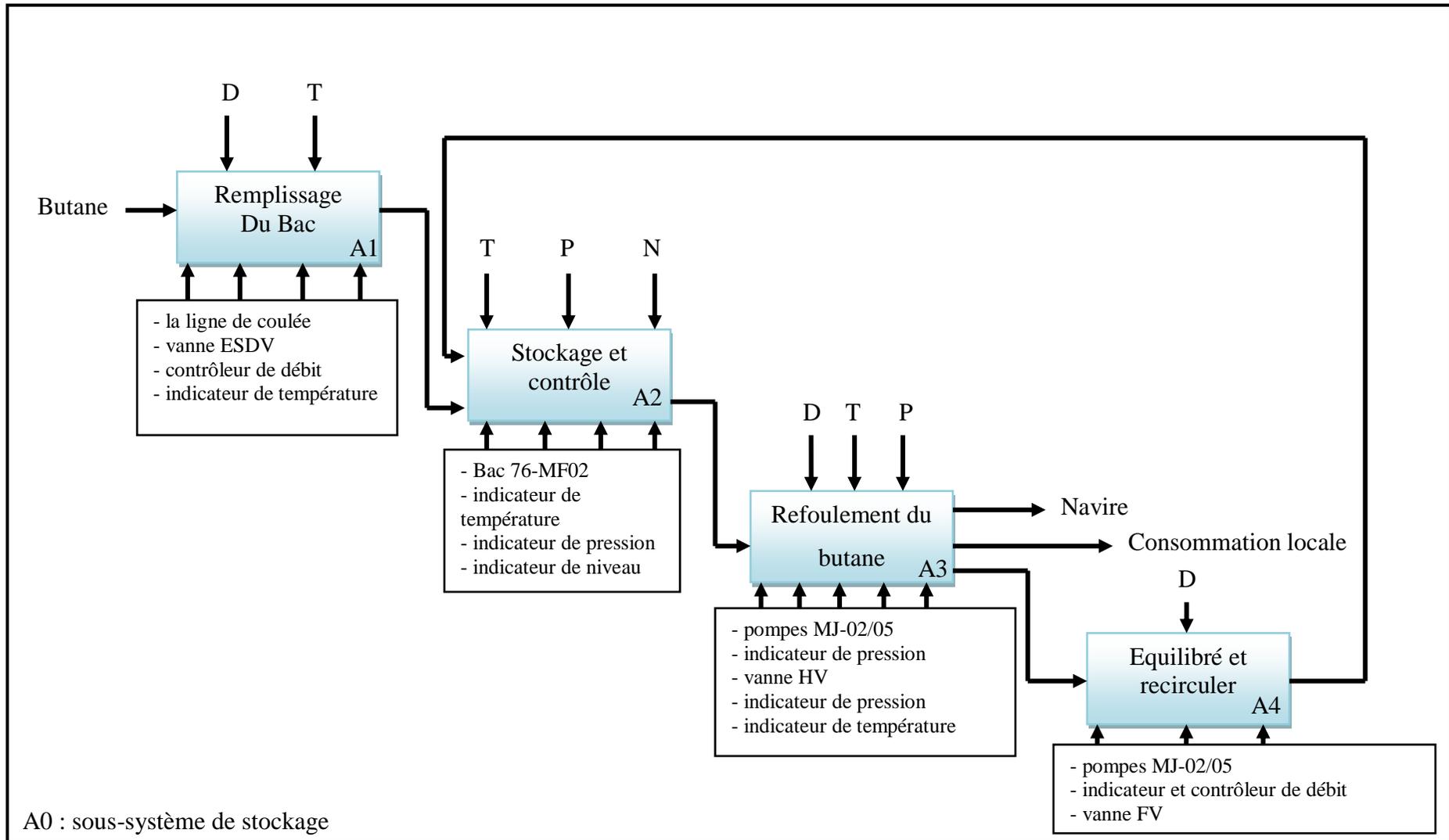


Figure 17 : Application de la méthode SADT sur le sous-système de stockage.

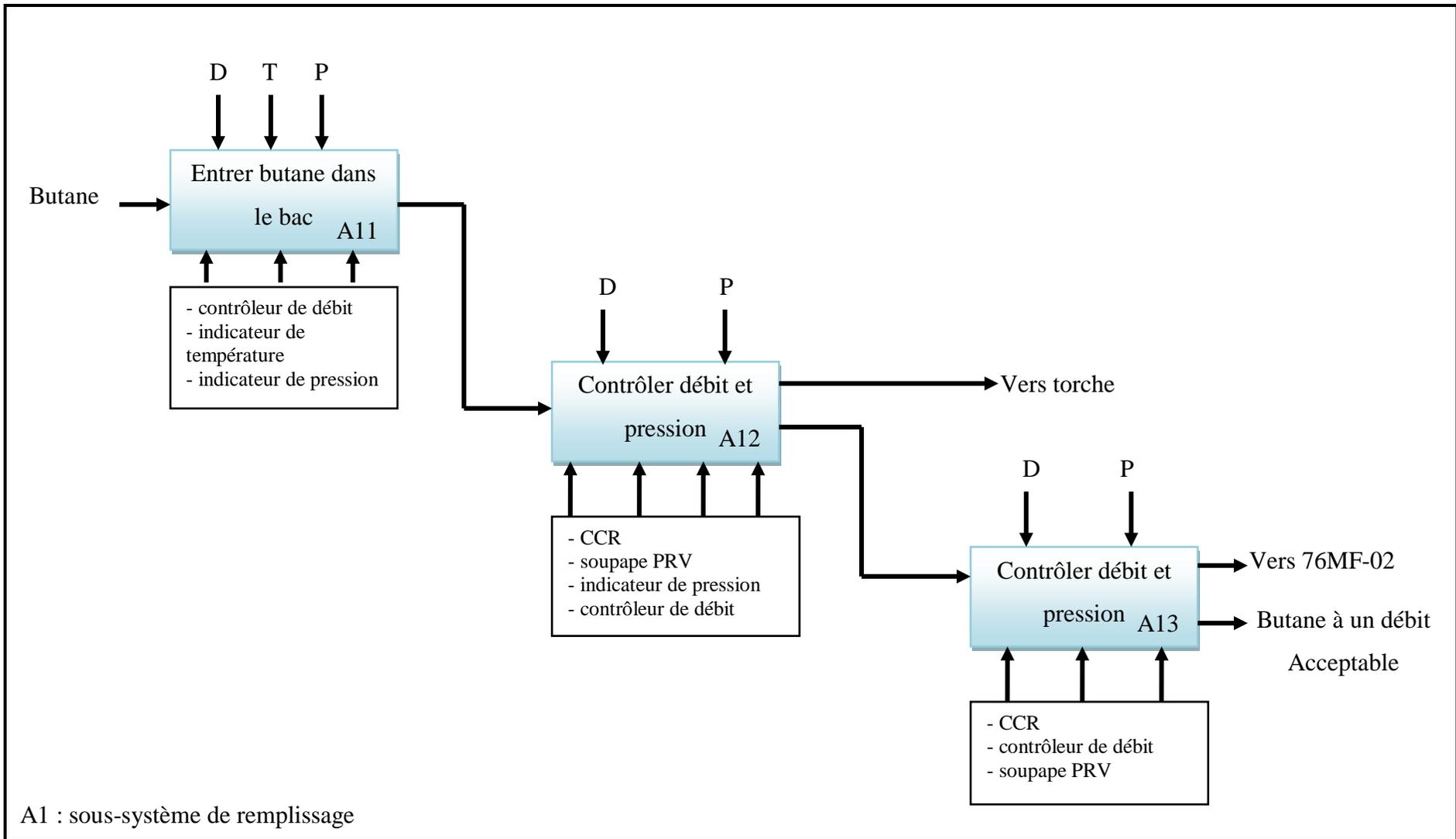


Figure 18 : Application de la méthode SADT sur le sous-système de remplissage.

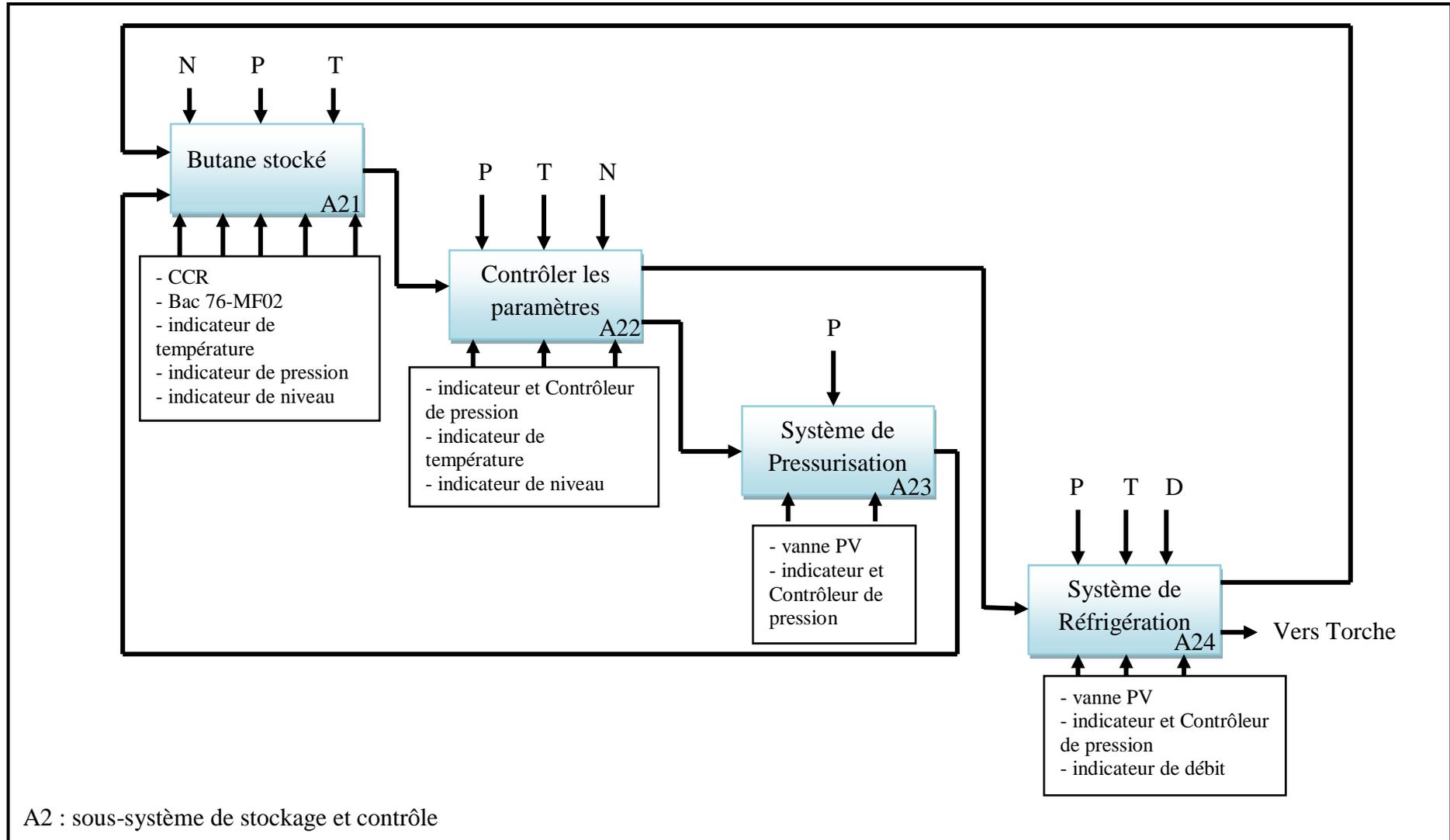


Figure 19 : Application de la méthode SADT sur le sous-système contrôle.

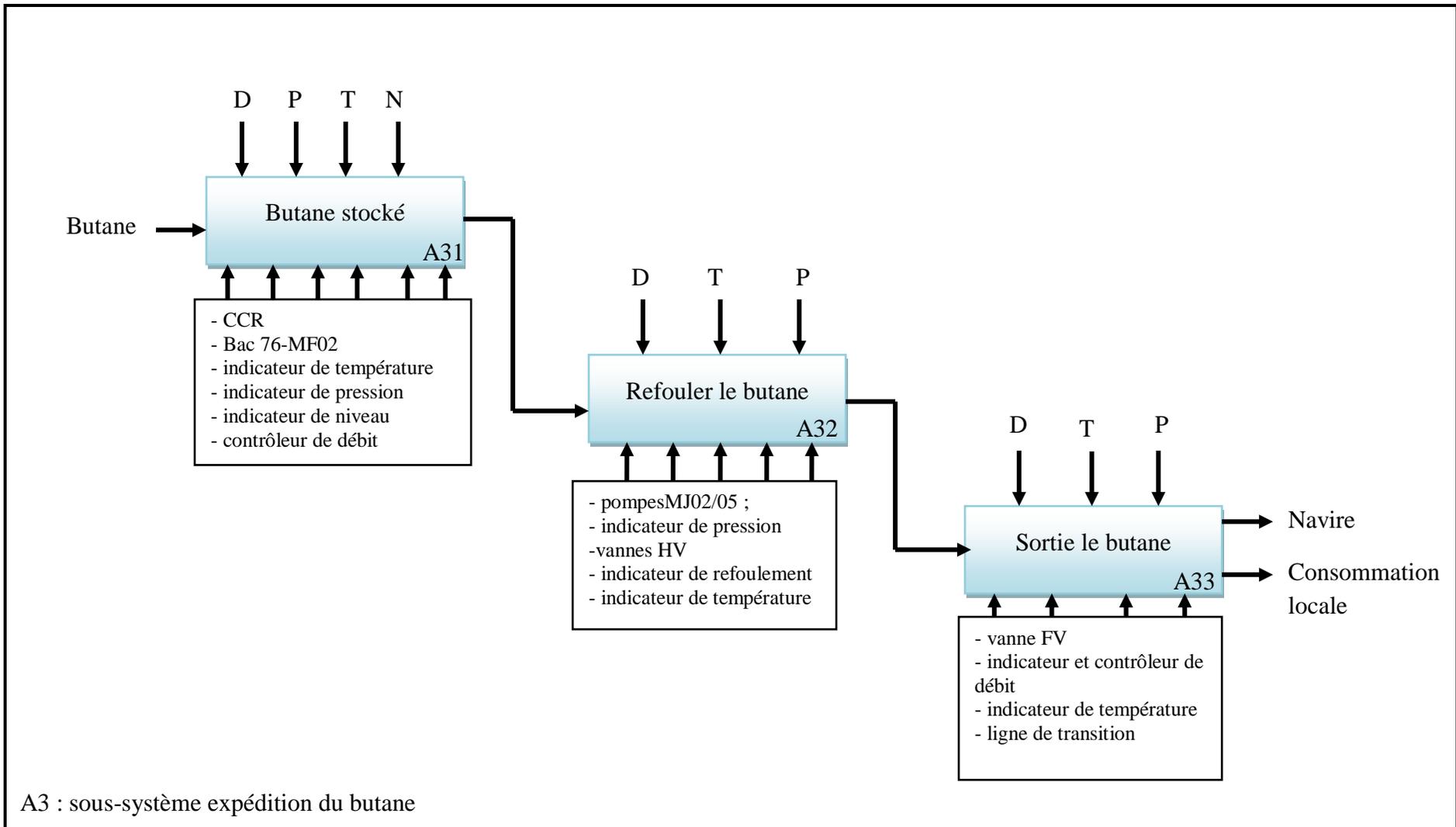


Figure 20: Application de la méthode SADT sur le sous-système expédition du butane.

III.1.4.2.3 Résultats de l'analyse fonctionnelle

A travers l'application de la méthode SADT, nous avons pu décomposer notre système à des éléments plus simple, et à partir de ça, identifier les différentes fonctions et opérations réalisées pour le stockage du butane.

D'après cette application on a vu que la majorité des opérations sont réalisées automatiquement avec un contrôle au niveau du CCR.

Ces informations recueillies à partir de l'application de la SADT nous permettent de passer vers une analyse dysfonctionnelle plus efficace en appliquant la méthode HAZOP.

III.2 Identification des scénarios d'accidents

L'identification des scénarios d'accidents liés aux dysfonctionnements de système étudié "le bac de stockage du butane" se fait par l'application de la méthode HAZOP.

III.2.1 Analyse dysfonctionnelle par la méthode HAZOP

Notre système, dépend de quatre paramètres essentiels :

- Le niveau ;
- La pression ;
- La température ;
- Le débit.

Tableau 14: Application de la méthode HAZOP cas de paramètre niveau.

Unité / Opération : stockage butane				Ligne /Équipement : bac de stockage de butane			
Paramètre : niveau							
N°	Mot-clé	Déviati on	causes	Conséquences	détection	Sécurités existantes	observations
01	Plus de	Haut niveau	<ul style="list-style-type: none"> - défaillance des vannes ESDV 1255 et ESDV 1127 (reste ouvert) -défaillance des vannes HV (reste fermée) - très haut débit d'alimentation - défaillance des pompes de refoulement 	<ul style="list-style-type: none"> - élévation de pression dans le bac (surpression) - débordement de bac - dommage possible sur le bac - Risque : VCE/dispersion/feu flash/feu de chalumeau 	<ul style="list-style-type: none"> - alarme de niveau très haut LAHH ferme trois lignes d'entrée de butane - alarme de niveau très haut LAHH - indicateur de niveau LI avec alarme - indicateur et contrôleur de pression PIC avec alarme -régulateur de refoulement HIC 	- soupape de sécurité PRV	Dérivé inacceptable
	Moins de	Bas niveau	<ul style="list-style-type: none"> - défaillance des vannes ESDV 1255 et ESDV 1127 (reste fermé) - défaillance des vannes HV (reste ouvert) - absence ou faible alimentation (faible débit) - défaillance de système de réfrigération - fuite grave au niveau des canaux 	<ul style="list-style-type: none"> - perturbation à l'alimentation - défaillance des pompes de refoulement MJ 02, MJ05 	<ul style="list-style-type: none"> - indicateur de niveau LI avec alarme - alarme de niveau très bas LALL - alarme de niveau très bas LALL qui arrêté les pompes -régulateur de refoulement HIC 	/	Dérivé acceptable

Tableau 15: Application de la méthode HAZOP cas de paramètre pression.

Unité / Opération : stockage butane				Ligne /Equipement : bac de stockage de butane			
Paramètre : pression							
N°	Mot-clé	Déviaton	causes	Conséquences	détection	Sécurités existantes	observations
02	Plus de	Haute pression	<ul style="list-style-type: none"> - défaillance des vannes PV-1145A/B : est bloquée ouvert - défaillance de vanne PV 1145A : est bloquée ouvert - élévation de température - incendie au voisinage 	<ul style="list-style-type: none"> - augmentation de pression dans le bac - perte de confinement (rupture catastrophique de bac) -Risque : VCE/dispersion/feu flash/feu de chalumeau 	<ul style="list-style-type: none"> - indicateur de pression PI - alarme de pression très haute PAHH 	<ul style="list-style-type: none"> - soupape de sécurité PRV (vers atmosphère) - système de réfrigération - vanne ESDV qui arrêté l'entrée de gaz la mise d'appoint 	Dérivé inacceptable
	Moins de	Basse pression	<ul style="list-style-type: none"> - défaillance des vannes PV-1145A : est bloquée ferme -expédition excessive 	<ul style="list-style-type: none"> - possibilité de créer un vide (rétrécissement) 	<ul style="list-style-type: none"> - alarme de pression très basse PALL 	<ul style="list-style-type: none"> - système de pressurisation - soupape de dépressurisation VBV 	Dérivé critique

Tableau 16: Application de la méthode HAZOP cas de paramètre température.

Unité / Opération : stockage butane				Ligne /Equipement : bac de stockage de butane			
Paramètre : Température							
N°	Mot-clé	Déviations	causes	Conséquences	détection	Sécurités existantes	observations
03	Plus de	Haute température	<ul style="list-style-type: none"> - température trop haute en amont Isolation thermique (calorifuge) défailante - incendie au voisinage - effets thermiques externes - conditions climatiques 	<ul style="list-style-type: none"> - évaporation de butane stocké - montée en pression critique dans le bac - perte de confinement (rupture catastrophique) -Risque : VCE/dispersion/feu flash/feu de chalumeau 	- indicateur de température TI	<ul style="list-style-type: none"> - soupape de sécurité PRV (vers atmosphère) - système de réfrigération - vanne ESDV-1162 qui ferme le gaz de mise d'appoint 	Dérivé inacceptable

Tableau 17: Application de la méthode HAZOP cas de paramètre débit.

Unité / Opération : stockage butane			Ligne /Equipement : bac de stockage de butane				
Paramètre : le débit							
N°	Mot-clé	Déviaton	causes	Conséquences	détection	Sécurités existantes	observations
04	Plus de	Haut débit	- défaillance des vannes ESDV 1255 et ESDV 1127 (reste ouvert) - très haut alimentation de la source	- écoulement plus grande que la capacité du canal - élévation rapide de niveau dans le bac dommage possible sur le canal et le bac	- contrôleur de débit FC qui commande les vannes ESDV 1255 et ESDV 1127		Dérivé critique
	Moins de	Bas débit	- faible ou non écoulement de la source - fuite au niveau de canal d'alimentation	- perturbation à l'alimentation de bac	- contrôleur de débit FC	/	Dérivé acceptable

III.2.2 Interprétation des résultats de HAZOP

Grace à l'application de la méthode HAZOP nous avons pu identifier phénomène dangereux et un évènement redouté.

Phénomène dangereux :

- VCE ;
- Feu flash ;
- Feu de chalumeau ;
- Dispersion.

Evènement indésirable : la perte de confinement.

III.3 Estimation des fréquences des scénarios

L'application de la méthode HAZOP montre que quatre phénomènes pouvant engendrer (VCE, feu flash, feu de chalumeau, dispersion du gaz) à cause d'un évènement principal qui est la perte de confinement.

Dans cette étape on doit estimer la fréquence de cet évènement dans le but de déterminer après les fréquences de ces phénomènes.

Pour cette étape et comme nous l'avons dit précédemment dans le deuxième chapitre, on va appliquer la méthode AdD.

III.3.1 Construction de l'AdD

L'AdD relatif à ce scénario est représentée par les figures suivantes à aide de logiciel GRIF :

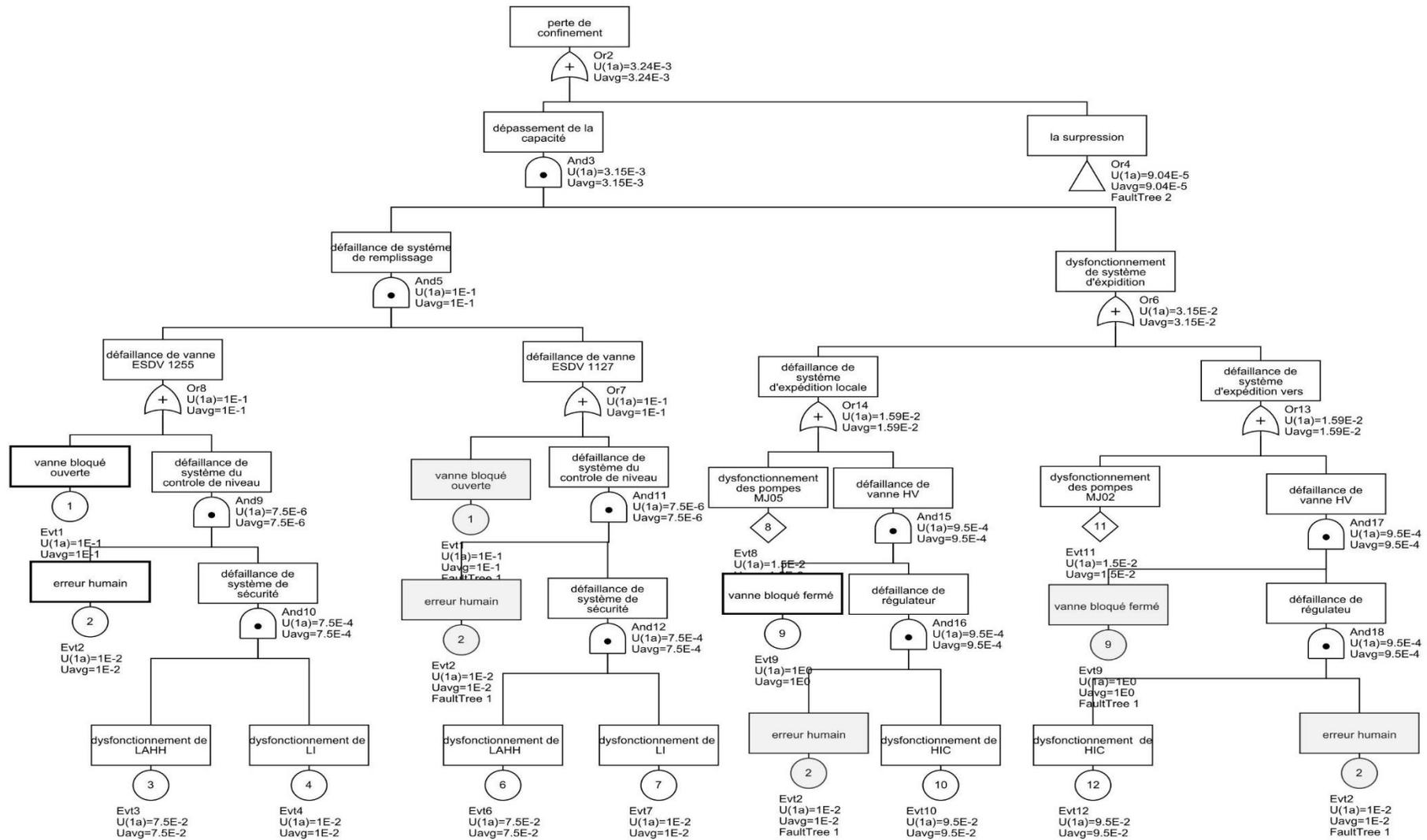


Figure 21 : Arbre de défaillance de système de stockage du butane partie 1.

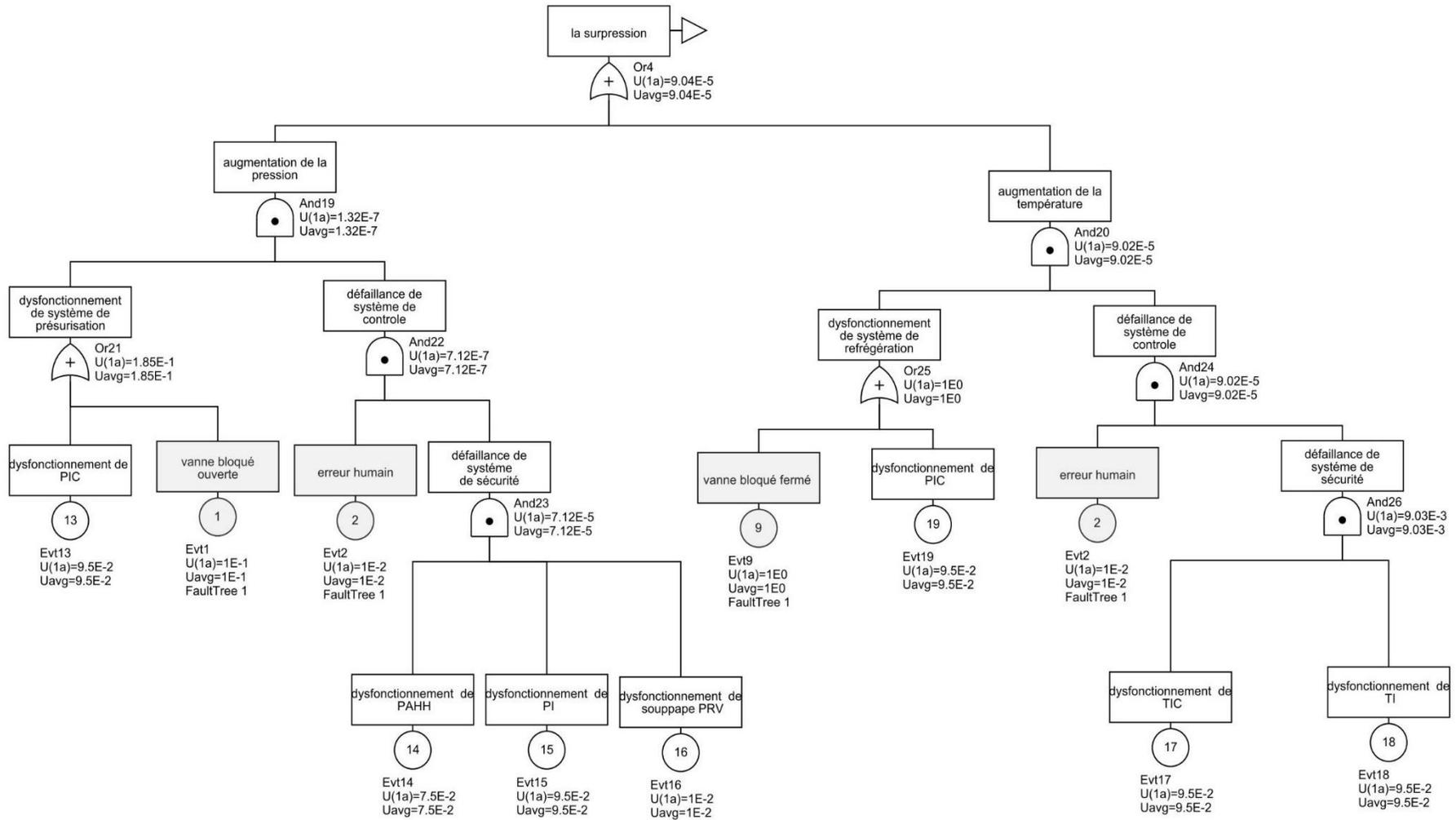


Figure 22 : Arbre de défaillance de système de stockage du butane partie 2.

III.3.2 Exploitation de l'AdD

L'AdD développé consiste à déterminer dans un premier temps les coupes minimales et calculer ensuite la probabilité d'occurrence de l'évènement redouté centrale « perte de confinement » identifié.

Cette étape consiste à déterminer la probabilité d'occurrence de l'évènement redouté centrale « perte de confinement » de l'AdD développé à partir des évènements de base. Le calcul se fait par le logiciel GRIF. [annexe N°2]

La signification et les probabilités d'occurrence des évènements de base constituant l'arbre des défaillances est donné par le tableau suivant :

Tableau 18 : Définition de la probabilité d'occurrence des évènements de base de l'AdD (/an).

Les évènements de base	Les probabilités d'occurrence	La référence a tiré ces valeurs
Erreur opérateur humain	$1. 10^{-2}/\text{an}$	LOPA
Défaillance de vanne bloquée ouverte	$1. 10^{-1}/\text{an}$	CSI
Défaillance de vanne bloquée fermée	$1. 10^{-1}/\text{an}$	CSI
Défaillance de LAHH	$7.5. 10^{-2}/\text{an}$	EIReDA
défaillance de LI	$1. 10^{-2}/\text{an}$	EIReDA
Dysfonctionnement des pompes	$1.5. 10^{-2}/\text{an}$	OREDA
Défaillance de HIC	$9.5. 10^{-2}/\text{an}$	OREDA
Défaillance de PIC	$9.5. 10^{-2}/\text{an}$	OREDA
Défaillance de PAHH	$7.5. 10^{-2}/\text{an}$	OREDA
Défaillance de PI	$9.5. 10^{-2}/\text{an}$	OREDA
Défaillance de TIC	$9.5. 10^{-2}/\text{an}$	EIReDA
Défaillance de TI	$9.5. 10^{-2}/\text{an}$	EIReDA
Défaillance de soupape PRV	$1. 10^{-2}/\text{an}$	CSI

L'exploitation des données grâce au logiciel GRIF nous a permis d'obtenir la probabilité de la perte de confinement est de l'ordre de $3.24.10^{-3}/\text{an}$.

III.4 Elaboration d'AdE

L'application de l'AdE permet de calculer les probabilités des phénomènes générés par l'évènement redouté « perte de confinement ». [Annexe N°2]

III.4.1 Construction de l'AdE

La figure suivante donne l'AdE relative à ce scénario. Il est développé par le logiciel GRIF :

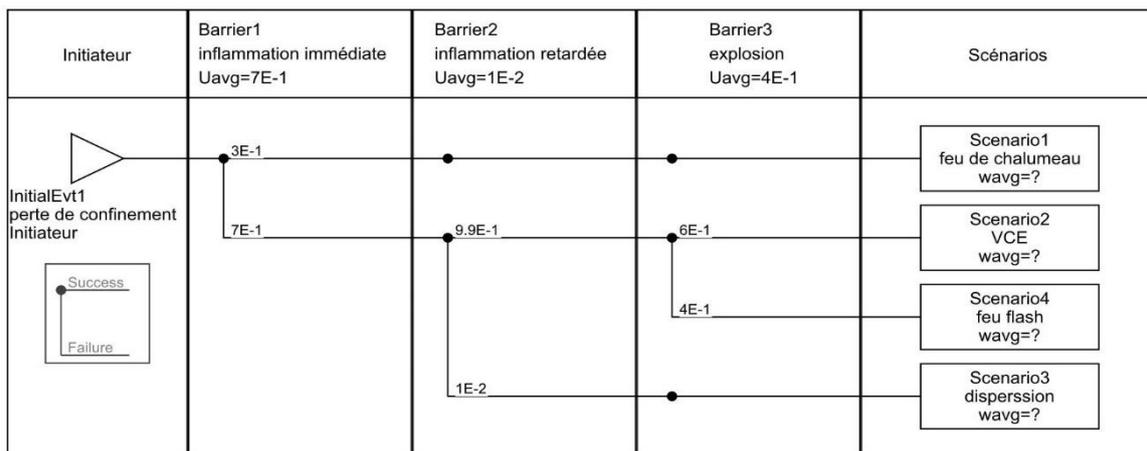


Figure 23 : Arbre des évènements.

Inflammation immédiate devrait être décorrélée du temps, c'est-à-dire qu'il s'agit d'une inflammation instantanée se produisant lors de la libération à l'atmosphère du produit inflammable. En particulier, une inflammation survenant quelques secondes après la fuite devrait être considérée comme retardée.

Tableau 19 : Probabilités d'inflammation utilisé dans l'AdE. [17]

Les événements	Les probabilités
Inflammation immédiate	$7.10^{-1}/\text{an}$
Inflammation retardée	$1.10^{-2}/\text{an}$
Explosion	$4.10^{-1}/\text{an}$

III.4.2 Evaluation des phénomènes de l'AdE

Le tableau suivant représente les probabilités des conséquences de l'évènement « perte de Confinement » :

Tableau 20: Fréquences des phénomènes d'accidents potentiel.

Nom de phénomène	Probabilités /an
Feu de chalumeau	$9.72.10^{-4}$
VCE	$1.34.10^{-3}$
Feu flash	$8.98.10^{-4}$
dispersion	$2.26.10^{-5}$

III.4.3 Interprétation des résultats

Les résultats de l'AdE nous donnent les probabilités des 4 phénomènes dangereux.

Tableau 21 : Probabilité d'occurrence du phénomène dangereux. [17]

Probabilités	Description	Probabilités/an
P3	Probable S'est produit au sien de Sonatrach pourrait se produire pendant la durée de vie de l'installation	10^{-2} à 10^{-1}
P2	Peu probable Déjà rencontré dans une organisation similaire à Sonatrach	10^{-4} à 10^{-2}
P1	Improbable Jamais rencontré ou entendu parler mais physiquement possible	$< 10^{-4}$

Grace à l'utilisation de la grille ci-dessus on a pu de faire ressortir l'évènement redouté le plus probable : VCE avec une probabilité de $1.34.10^{-3}/\text{an}$.

C'est pour ça nous avons le choisis pour étudier ses conséquences en utilisant le logiciel PHAST.

Conclusion

L'application des méthodes précédentes sur le système de stockage du butane nous a permis d'identifier les différentes fonctions et les dérivés des paramètres qui sont à l'origine des phénomènes dangereux relatifs au système et quantifier leur probabilités.

Quatre phénomènes liés au système de stockage du butane sont les plus dangereux : feu de chalumeau, dispersion, feu flash et l' VCE, ce dernier est le plus probable que les autres.

Le prochain chapitre va s'intéresser à la simulation des gravités des conséquences.

Chapitre IV

Simulation des effets du phénomène VCE

Introduction

Les effets d'un phénomène dangereux se propagent sur le long de l'étendu en détruisant tout ce qui se trouve sur son chemin. Les conséquences de ces effets sont parfois destructives pour les structures et mortelles pour les personnes. Pour cela il est primordial de connaître les effets qui pourraient être émis par un phénomène dangereux généré par une installation afin de mettre en place des mesures adéquates pour s'en prévenir.

Dans le présent chapitre nous allons utiliser le logiciel PHAST pour modéliser les effets du phénomène dangereux retenu dans le chapitre précédent qui est l'VCE.

IV.1 Rappel théorique du phénomène VCE

IV.1.1 Définition

Un VCE (Vapour Cloud Explosion) est une explosion de gaz à l'air libre avec ou sans aérosol. Dans le cas d'un mélange des vapeurs d'un liquide inflammable cette explosion produit :

- Des effets thermiques ;
- Des effets de surpression. [19]

IV.1.2 Facteurs influençant sur l'VCE

Les facteurs influençant sur l'VCE et leur conséquence sont les suivants :

- Réactivité du gaz ;
- Nature et point d'amorçage de l'explosion ;
- Energie de la source d'allumage ;
- Position par rapport au sol ;
- Relief du terrain ;
- Végétation environnante ;
- Orientation et forme des structures ;
- Direction et force du vent.

IV.1.3 Déroulement

Le déroulement du phénomène de VCE est comme suit :

- Fuite ou rejet d'un produit sous forme liquide ou gazeuse dans l'atmosphère ;
- Transport du nuage de gaz (mélangé à l'oxygène) avec une partie du nuage qui reste comprise dans les limites d'explosivité ;
- Le nuage rencontre une source de chaleur et prend feu ;

- Propagation du front de flamme dans le nuage. Les gaz brûlés agissent tel un piston sur les gaz frais du reste du nuage et ainsi une onde de pression aérienne peut se produire ;
- enfin, mélange avec l'air et combustion des parties du nuage. [19]

IV.1.4 Conditions d'apparition

Un nuage de gaz combustible répond aux critères d'explosibilité (teneur en combustible et en oxygène comprise dans le domaine d'inflammabilité) à l'air libre rencontre un point chaud.

Le gaz peut avoir deux origines : fuit d'un gaz combustible liquéfié ou évaporation d'une flaque de liquide inflammable .Il est à noter qu'une très faible énergie est suffisante pour initier l'explosion (étincelle lorsqu'on bascule un commutateur électrique...). [19]

L'allumage peut se produire à une certaine distance de lieu de la fuite.

IV.1.5 Conséquences du VCE

Dépend de :

- La masse de gaz combustible concerné, c'est-à-dire du volume du nuage ;
- La composition de nuage de gaz ;
- L'encombrement de l'espace.

Plus le nuage est important et plus on se rapproche d'une composition combustible/comburant idéale plus les conséquences sont importantes qui génère plusieurs effets :

- Une boule de feu qui consume ou endommage ce qui se trouve à l'intérieure ;
- Un rayonnement thermique sur le voisinage immédiat de la boule de feu ;
- Des effets de pression plus ou moins important suivant l'encombrement du lieu de l'accident. [19]

IV.2 Description de l'outil PHAST

PHAST est un logiciel utilisé pour évaluer les situations présentant des risques potentiels pour le personnel, les installations et l'environnement, et pour mesurer la gravité de ses situations. [DNV PHAST .2006] PHAST appartient à une gamme de produits développée par DNV Software, reconnu comme le leader mondial dans le domaine de l'évaluation du risque d'accident industriel majeur. Tout naturellement il a été adopté par de nombreuses entreprises internationales de premier plan et par des gouvernements comme un précieux outil d'aide à la décision en matière de risque industriel et de sécurité publique. PHAST examine la progression d'un incident potentiel de la fuite initiale à la dispersion en champ lointain,

incluant la modélisation de l'épandage et de l'évaporation des flaques, ainsi que les effets inflammables et toxiques. [20]

IV.2.1 Avantages du PHAST

- Facilite la réduction des coûts en termes de pertes et d'assurances. Permet l'optimisation de la conception de site et de procédés ;
- Aide l'industrie à se conformer à la législation ;
- Permet une réponse plus rapide en cas d'incidents à risques ;
- Améliore la compréhension des dangers potentiels par les ingénieurs ;
- Les mises à jour régulières du logiciel incorporent les expériences et l'expertise les plus récentes dans l'industrie, ainsi que les dernières avancées dans la technologie de modélisation des conséquences. [20]

IV.2.2 Industries utilisant actuellement PHAST

- ✓ Pétrole et gaz ;
- ✓ Entreprises pétrochimiques ;
- ✓ Fabricants de produits chimiques ;
- ✓ Gouvernements et autorités chargées de la réglementation ;
- ✓ Services de conseil et de conception ;
- ✓ Compagnies d'assurance et universités.

IV.2.3 Application

- ✓ Agencement de site ;
- ✓ Contrôle des stocks ;
- ✓ Contrôle de pollution ;
- ✓ Gestion de crise ;
- ✓ Préparation d'une étude de danger ;
- ✓ Evaluation d'opérations non courantes. [20]

IV.2.4 Modélisation nécessite les paramètres suivants

- Le volume ou la masse de GPL contenu dans le bac ;
- La température et la pression du bac ;
- Les conditions météorologiques : la vitesse de vent et sa direction, la température de la région et l'humidité. [20]

IV.3 Application de logiciel PHAST

Dans notre cas, nous avons collecté les données utiles pour l'application de modèle TNT sur le logiciel PHAST.

IV.3.1 Données nécessaires à la réalisation de simulation

- Capacité de bac 40000 tonne ;
- Pression de bac 1.02 atm ;
- Catégorie de météo 2.5/A-B, 3/B, 4/B-C ;
- Température de la région 24 °C ;
- Hauteur élévation de Bac H=70 m.

Les seuils des effets de surpression prise en considération sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau 22 : Seuil de surpression sur les infrastructures et les êtres humains. [21]

seuil	Effet sur Les structures	Effets sur l'homme
20mbar	Seuil des destructions significatives des vitres	Seuil des effets délimitant « la zone des effets indirects par bris de vitre sur l'homme »
50 mbar	Seuil des dégâts légers sur les structures	Seuil des effets irréversible délimitant « la zone de dangers significatif pour la vie humaine »
140 mbar	Seuil des dégâts graves sur les structures	Seuil des effets létaux délimitant « la zone des dangers graves pour la vie humaine »
200 mbar	Seuil des effets domino	Seuil des effets létaux significatif délimitant « la zone des dangers très graves pour la vie humaine »
300 mbar	Seuil des dégâts très graves sur les structures	

Les seuils des effets thermiques prise en considération sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau 23 : Seuil de surpression sur les infrastructures et les êtres humains. [21]

seuil	Pour les effets sur les structures	les effets sur l'homme
3 kW/m ²	/	seuil des effets irréversibles correspondant à la zone des dangers significatifs pour la vie humaine
5 kW/m ²	seuil des destructions de vitres significatives	
8 kW/m ²	seuil des effets domino et correspondant au seuil de dégâts graves sur les structures	seuil des premiers effets létaux correspondant à la zone des dangers graves pour la vie humaine
16 kW/m ²	seuil d'exposition prolongée des structures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures, hors structures béton	seuil des effets létaux significatifs correspondant à la zone des dangers très graves pour la vie humaine
20 kW/m ²	seuil de tenue du béton pendant plusieurs heures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures béton ;	
200 kW/m ²	seuil de ruine du béton en quelques dizaines de minutes	

IV.3.2 Résultats des zones des effets de surpression

La figure suivant représente les zones des effets de surpression de phénomène VCE causé par une rupture catastrophique sur le Bac de stockage du butane 76MF-02 avec 10 tonne de produit dégagé vers atmosphère.

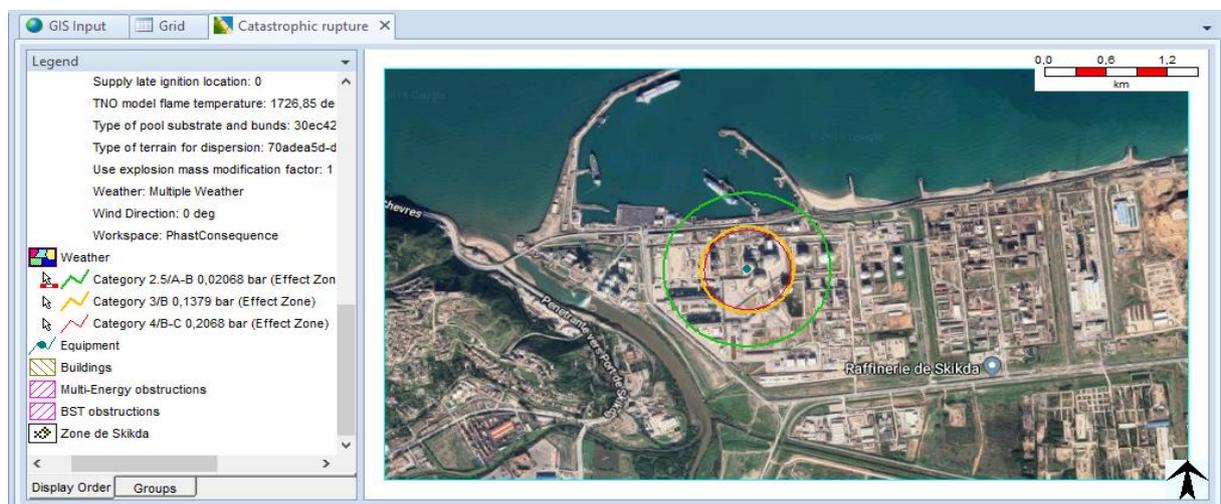


Figure 24 : Zones des effets de surpression du phénomène VCE.

Les résultats de la surpression en fonction de la distance sont dans le tableau suivant :

Tableau 24 : Seuils de surpression en fonction de la distance donnée par logiciel PHAST.

Surpression	Distance
20.68 mbar	815 m
137.9 mbar	453 m
206.8 mbar	400 m

IV.3.2.1 Interprétation des résultats des effets de surpression

Le rayon rouge est caractérisé par une distance de 400 mètres et une surpression de 206.8 mbar d'après les seuils des effets de surpression référencée dans le tableau 21 cette limites de surpression présente des dommages irréversible et létaux au personne présente dans le périmètres du premier cercle .en plus ,elle peut engendrer une destruction structurelle aux murs est installation avoisinantes situées à une distance inférieure ou égal 400 mètres à partir de l'origine de l'explosion.

Le rayon orange est caractérisé par une distance de 453 mètres et une surpression de 137.9 mbar. Ces limites de surpression, malgré qu'elle est inférieure à la première, elle reste dangereuse car elle est toujours supérieure au seuil de surpression susceptible de provoquer des dommages irréversibles entraînant la mort des personnes et aussi la destruction des infrastructures.

IV.3.3 Résultats des zones des effets thermiques

La figure suivant représente les zones des effets thermiques de phénomène VCE causé par une rupture catastrophique sur le Bac de stockage du butane 76MF-02.

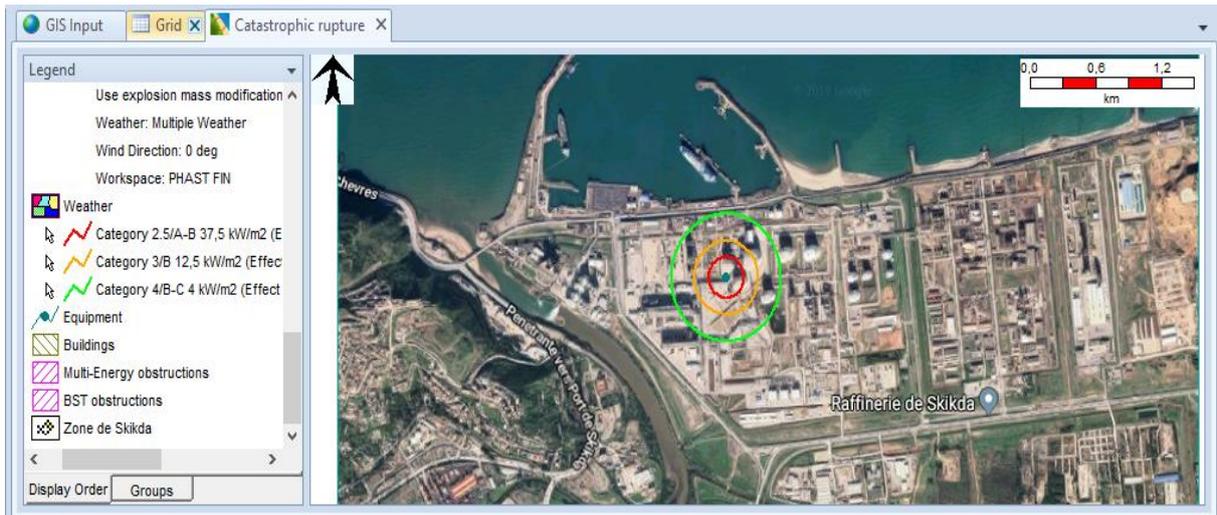


Figure 25 : Zones des effets thermiques du phénomène VCE.

Les résultats des effets thermiques en fonction de la distance sont dans le tableau suivant :

Tableau 25 : Seuils des effets thermiques en fonction de la distance donnée par logiciel PHAST.

Effet thermique	Distance
37.5 Kw/m ²	100 m
12.5 Kw/m ²	278 m
4 Kw/m ²	500 m

IV.3.3.1 Interprétation des résultats des effets thermique

Le rayon rouge est caractérisé par une distance de 100 mètres et un flux thermique de 37.5 Kw/m² d’après les seuils des effets thermique référencée dans le tableau 23 correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures béton et vie humaine.

Le rayon orange est caractérisé par une distance de 278 mètres et un flux thermique 12.5Kw/m² correspondant au seuil de dégâts graves sur les structures et la vie humaine.

IV.4 Evaluation quantitative de risque

Le tableau ci-dessous représente l’évaluation quantitative de risque lie au système de stockage du butane.

Tableau 26 : Evaluation de risque

Equipment	Déviation	Cause	Evénement redouté identifier		Phénomène engendré		Effets	
			Evénement	Probabilité	Phénomène	Probabilité	Effet surpression	Effet thermique
Bac 76MF-02	Haut niveau	- défaillance des vannes ESDV 1255 et ESDV 1127 bloquée ouvert -défaillance des vannes HV bloquée fermée - très haut débit d'alimentation - défaillance des pompes de refoulement	Perte de confinement	3.24.10 ⁻³ /an	VCE	1.34.10 ⁻³ /an	20.68mbar à 400m	37.5Kw/m ² a 100m
							137.9mbar à 453m	12.5Kw/m ² a 278m
							206.8mbar à 815m	4Kw/m ² a 500m
	Haut pression	- défaillance des vannes PV-1145A/B : est bloquée ouvert - défaillance de vanne PV 1145A : est bloquée ouvert - élévation de température			Feu de chalumeau	9.72.10 ⁻⁴ /an	/	/
					Feu flash	8.98.10 ⁻⁴ /an	/	/
					Dispersion	2.26.10 ⁻⁵ an	/	/
Haut température	- température trop haute en amont Isolation thermique (calorifuge) défaillante - incendie au voisinage - effets thermiques externes - conditions climatiques							

Conclusion

La simulation des gravités des conséquences de phénomène dangereux VCE qui est le plus probable par a ce produire selon notre étude, fait par logiciel PHAST nous a permis de modélisé deux effets importants l'effet thermique et surpression.

Conclusion générale

La gestion des risques est souvent définie comme étant un processus itératif qui a pour objectif la maîtrise des risques. Cette activité consiste à prévenir les risques et à estimer leurs conséquences.

L'analyse quantitative des risques QRA est une méthode très importante dans le processus de gestion des risques et pour la prise des décisions sur l'acceptabilité des risques. Il s'agit d'une méthode intégrée ; qui fait appel aux différentes méthodes classiques d'analyse de risques. Pour notre étude, on a fait appel aux méthodes classiques suivantes : la HAZOP, l'ADD et l'ADE.

Au départ, le déploiement de la méthode SADT, nous a permis la description structurelle et fonctionnelle du système étudié.

La HAZOP nous a permis d'identifier l'événement redouté « perte de confinement » ainsi que les phénomènes dangereux engendrés.

Ce qui nous a conduits a appliqué l'AdD pour l'événement redouté « la perte de confinement » ; afin d'identifier les causes et leurs combinaisons, et calculer, par la suite, la probabilité de l'événement redouté qui est de l'ordre de $3.24.10^{-2}$ /an

L'AdE nous a permet de retenir 4 scenario qui ont comme conséquence et leur probabilité d'apparition : feu de chalumeau $9.72.10^{-4}$, VCE $1.34.10^{-3}$, feu flash $8.98.10^{-4}$ et dispersion de gaz $2.26.10^{-5}$.

Le VCE est le phénomène le plus dangereux et le plus probable, pour cela et à l'aide de logiciel PHAST nous avons étudié les effets de ce phénomène.

Trois zones des effets de VCE : soit sous la forme de surpression ou comme des effets thermiques. Les résultats sont remarquables : la zone 1 effet léthal et destructif qui correspond à une surpression 206.8mbar sur une distance de 400 m et un effet thermique de 37.5Kw/m² a une distance de 100m.

NOUS TENONS A SIGNALER que le risque individuel et le risque sociétal, n'ont pas pu être étudiés, faute des données et de temps.

Ce travail reste une introduction à l'utilisation des méthodes intégrées d'analyse des risques et peut-être compléter par l'étude des barrières de sécurité.

Bibliographies

- [1] Décret exécutif N° 06-198. Définissant la réglementation applicable aux Etablissements classés pour la protection de l'environnement. Du 4 Joumada El Oula 1427 correspondant au 31 mai 2006.
- [2] Guide ISO/CEI N°73. Management du risque « Vocabulaire » ,2009.
- [3] Guide SO/CEI N° 51. Aspects liés à la sécurité, principes directeurs pour les inclure dans les normes. 1999.
- [4] Chloé Griot, Pierre Alain Ayrat. Terminologie en Science du Risque, 2002.
- [5] AVEN et VINNEM. Risk Management, With Applications from the Offshore Petroleum Industry, Springer Series in Reliability Engineering, 2007-02-22.
- [6] Terje, Aven. Risk Analysis Assessing Uncertainties beyond, Expected Values and Probabilities; University of Stavanger, Norway, 2008.
- [7] Terje Aven, Jan-Erik Vinnem. Risk Management, With Applications from the Offshore Petroleum Industry (Springer Series in Reliability Engineering), Springer, 2007.
- [8] Rhys David. Back to Basics: Risk Matrices and ALARP, Safety Assurance Services Ltd. Farnham, UK; Glen Wilkinson, Atkins Defence. Farnham, UK.
- [9] Rapport d'étude OMEGA7, méthode d'analyse des risques générer par une installation industriel INRIS DRA-2006-P46055-CL47569, 13/10/2006.
- [10] Andrea Ronza. Contributions to the Risk Assessment of major accidents in port areas. Ph.D. thesis submitted to the Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona, November 2007.
- [11] Military standard. MIL-STD-882D, System Safety, département of defense Standard practice, System Safety 10 February 2000.
- [12] Référentiel Normatif du CNES, Ingénierie spatiale Analyse fonctionnelle, Référence : RNC-ECSS-E-10-05, Version A du 10/12/2002, Document source : ECSS-E-10-05A, Edition A du 2 5 avril 2000.
- [13] Buey Jean-Tristan. Fonctionnelles Analyse Interne Et Externe Analyse De panne, sureté de fonctionnement, Ecole Ingénieur Paris-Diderot 1°Annee EIDD, Des Analyses / <<Tristan>> LESIA/CNRS ; Jean---tristan.buey@obspm.fr.
-

- [14] Guibert Olivier. Cours d'Analyse et Conception des Systèmes d'Information, de l'Université Bordeaux, 15 avril 2005.
- [15] SEVERIN P. L'analyse fonctionnelle, de la méthode aux outils, Lycée des métiers de l'hôtellerie et du tourisme de Toulouse.
- [16] Dr. Uijt de Haag P.A.M ; Dr. Ale B.J.M. Guideline for quantitative Risk Assessment ; 'Purple book' ; CPR 18^E, December 2005.
- [17] Rapport énergétique Rapport sur l'EQR pour le nouveau train GNL à Skikda, DET NORSKE VERITAS, Rapport N° 45039852 / DNV réf. N° : 11ZPKI1-3Rév. 3, 5 Janvier 2010.
- [18] Manuelle opératoire volume III, section 2-2 : stockage et expédition du butane Unite 76, DOCUMENT NO. PP-AAA-PP1-134 - KBR Contrat no. J6404
- [19] http://www.csp-cavaillon.com/memb_phenomenes_thermiques.php#top date et heure de consultation 20/06/2019 à 10h : 32.
- [20] <http://www.ineris.fr/fr/evaluation-des-version-60-et-61-de-phast> date et heure de consultation 20/06/2019 à 10h : 54.
- [21] Arrêté du 22/10/04 relatif aux valeurs de référence de seuils d'effets des phénomènes accidentels des installations classées.
-

Les annexes

Annexe N°1 : Fiche de donnée de sécurité du butane.



Butane

Fiche de données de sécurité F-4572

conformément à la Loi sur les produits dangereux (11 février 2015)

Date d'émission: 10-15-1979

Date de révision: 08-03-2016

Remplace la fiche: 10-15-2013

SECTION 1: Identification

1.1. Identificateur de produit

Forme du produit	: Substance
Nom	: Butane
N° CAS	: 106-97-8
Formule brute	: C4H10
Autres moyens d'identification	: Méthyléthylmétane, diéthyl, n -butane, hydrure butylique
Groupe de produits	: Produits de base

1.2. Usage recommandé et restrictions d'utilisation

Utilisations recommandées et restrictions	: Utilisation industrielle Soudage
---	---------------------------------------

1.3. Fournisseur

Praxair Canada inc.
1200 – 1 City Centre Drive
Mississauga - Canada L5B 1M2
T 1-905-803-1600 - F 1-905-803-1682
www.praxair.ca

1.4. Numéro d'appel d'urgence

Numéro d'urgence	: 1-800-363-0042 Veuillez appeler le numéro d'urgence en service 24 heures sur 24 uniquement en cas de déversements, de fuites, d'incendie, d'une exposition ou d'un accident mettant en cause ce produit. Pour obtenir des renseignements généraux, contactez le représentant du fournisseur ou de Praxair.
------------------	--

SECTION 2: Identification des dangers

2.1. Classification de la substance ou du mélange

Classification (GHS-CA)

Asphyxiant simple	H380
Gaz inflammables 1	H220
Gaz liquéfiés	H280

2.2. Éléments d'étiquetage SGH, y compris conseils de prudence

Étiquetage GHS-CA

Pictogrammes de danger



Mot-indicateur (GHS-CA)

: DANGER

Mentions de danger

: **GAZ EXTRÊMEMENT INFLAMMABLE**
CONTIENT UN GAZ SOUS PRESSION; PEUT EXPLOSER SOUS L'EFFET DE LA CHALEUR.
PEUT DÉPLACER L'OXYGÈNE ET PROVOQUER UNE SUFFOCATION RAPIDE.
PEUT CAUSER DES GELURES.
PEUT FORMER DES MÉLANGES EXPLOSIFS AVEC L'AIR.

Conseils de prudence

: Tenir à l'écart de la chaleur, des surfaces chaudes, des étincelles, des flammes nues et de toute autre source d'inflammation. Ne pas fumer.
Utiliser seulement en plein air ou dans un endroit bien ventilé.

Praxair Canada inc. est garant de la conformité du présent document téléchargeable tant que celui-ci se trouve sur son site Web. Après que le document ait été téléchargé ou retiré de son site Web, Praxair ne peut plus en garantir l'intégrité ou l'exactitude.



Butane

Fiche de données de sécurité F-4572

conformément à la Loi sur les produits dangereux (11 février 2015)

Date d'émission: 10-15-1979 Date de révision: 08-03-2016 Remplace la fiche: 10-15-2013

Fuite de gaz enflammé : ne pas éteindre si la fuite ne peut pas être arrêtée de manière sécuritaire.
En cas de fuite, éliminer toutes les sources d'inflammation.
Protéger des rayons solaires lorsque la température ambiante est supérieure à 52 °C (125 °F).
Installer un antiretour dans la tuyauterie.
Fermer le robinet après chaque utilisation et lorsque la bouteille de gaz est vide.
Ne pas ouvrir le robinet tant et aussi longtemps qu'il n'est pas raccordé au matériel prêt à l'utilisation.

2.3. Autres dangers

Autres dangers non associés à la classification : Aucun.

2.4. Toxicité aiguë inconnue (GHS-CA)

Aucune donnée disponible.

SECTION 3: Composition/information sur les ingrédients

3.1. Substances

Nom	N° CAS	% (Vol.)	Nom commun (synonymes)
Butane (Constituant principal)	(N° CAS) 106-97-8	100	n-Butane/BUTANE

3.2. Mélanges

Sans objet.

SECTION 4: Premiers soins

4.1. Description des premiers secours

- Premiers soins après inhalation : Déplacer la victime dans une zone non contaminée, en s'équipant d'un appareil respiratoire autonome individuel (ARI). Maintenir la victime au chaud et au repos. Appeler un médecin. Pratiquer la respiration artificielle si la victime ne respire plus.
- Premiers soins après contact avec la peau : Le liquide peut causer des gelures. Si une exposition au liquide cause des gelures, réchauffer immédiatement les parties gelées avec l'eau chaude ne dépassant pas 41 °C (105 °F). La température de l'eau doit être tolérable pour la peau normale. Maintenir le réchauffement de la peau pendant au moins 15 minutes ou jusqu'au retour de la coloration et des sensations dans la zone touchée. En cas d'exposition massive, retirer les vêtements en prenant une douche à l'eau tiède. Obtenir une évaluation médicale et un traitement dès que possible. Pas d'effets néfastes attendus avec ce produit.
- Premiers soins après contact oculaire : Rincer immédiatement les yeux à grande eau pendant au moins 15 minutes. Tenir les paupières écartées du globe oculaire pour s'assurer que toutes les surfaces sont rincées abondamment. Consulter immédiatement un ophtalmologiste. Consulter immédiatement un médecin.
- Premiers soins après ingestion : L'ingestion n'est pas considérée comme un mode d'exposition possible.

4.2. Symptômes et effets les plus importants, aigus ou retardés

Symptômes/lésions après inhalation : Aucun en utilisation normale.

4.3. Nécessité d'une prise en charge médicale immédiate ou d'un traitement spécial, si nécessaire

Autre avis médical ou traitement : Aucun.

SECTION 5: Mesures à prendre en cas d'incendie

5.1. Agents extincteurs appropriés

Moyens d'extinction appropriés : Dioxyde de carbone, produit chimique sec, eau en pulvérisation ou en nuage.

5.2. Agents extincteurs inappropriés

Pas de données supplémentaires.

Praxair Canada inc. est garant de la conformité du présent document téléchargeable tant que celui-ci se trouve sur son site Web. Après que le document ait été téléchargé ou retiré de son site Web, Praxair ne peut plus en garantir l'intégrité ou l'exactitude.



Butane

Fiche de données de sécurité F-4572

conformément à la Loi sur les produits dangereux (11 février 2015)

Date d'émission: 10-15-1979

Date de révision: 08-03-2016

Remplace la fiche: 10-15-2013

5.3. Dangers spécifiques du produit dangereux

Risque d'incendie	: GAZ EXTRÊMEMENT INFLAMMABLE. Si la ventilation ou une fuite de gaz prend en feu, ne pas éteindre les flammes. Des vapeurs inflammables peuvent se propager à partir de la fuite, créant un risque d'explosion de rallumage. Les vapeurs peuvent être enflammées par les lampes témoins, d'autres flammes, une cigarette, des étincelles, des chauffeuses, l'équipement électrique, une décharge statique, ou d'autres sources d'allumage à des endroits éloignés du point de manutention du produit. Les atmosphères explosives peuvent persister. Avant d'entrer dans une zone, en particulier un espace confiné, vérifier l'atmosphère avec un dispositif approprié.
Danger d'explosion	: GAZ EXTRÊMEMENT INFLAMMABLE : Forme des mélanges explosifs avec l'air et les comburants.
Réactivité	: Pas de danger de réactivité autre que les effets décrits dans les sections ci-dessous.
Réactivité en cas d'incendie	: Pas de danger de réactivité autre que les effets décrits dans les sections ci-dessous.

5.4. Équipements de protection spéciaux et précautions spéciales pour les pompiers

Instructions de lutte contre l'incendie	: Évacuer tout le personnel de la zone dangereuse. Utiliser un appareil respiratoire autonome et des vêtements de protection. Refroidir immédiatement les contenants avec de l'eau en se tenant aussi loin que possible. Arrêter l'écoulement de gaz si cela peut être fait de manière sécuritaire, tout en continuant de pulvériser de l'eau. Éliminer les sources d'inflammation si cela peut être fait de manière sécuritaire. Enlever les contenants de la zone d'incendie si cela peut être fait de manière sécuritaire. Les pompiers sur place doivent se conformer aux règlements des codes d'incendie provincial et local.
Protection en cas d'incendie	: Gaz comprimé: asphyxiant. Danger d'asphyxie par manque oxygène.
Équipements de protection spéciaux pour pompiers	: Vêtement de protection et équipement de respiration autonome destinées aux pompiers.
Méthodes spécifiques	: Utiliser des moyens d'extinction appropriés pour circonscrire l'incendie. L'exposition au feu et à la chaleur peut causer la rupture des contenants de gaz. Refroidir les contenants exposés avec de l'eau pulvérisée depuis un endroit protégé. Ne pas laisser l'eau d'arrosage utilisée dans les cas d'urgence s'écouler dans les réseaux d'évacuation et les égouts. Arrêter le débit gazeux si cela peut être fait de manière sécuritaire. Utiliser de l'eau en pulvérisation ou en nuage pour rabattre au sol les fumées si possible. Ne pas éteindre une fuite de gaz enflammée, sauf si absolument nécessaire. Une ré-inflammation spontanée et explosive peut se produire. Éteindre tout autre feu.

SECTION 6: Mesures à prendre en cas de déversement accidentel

6.1. Précautions individuelles, équipement de protection et procédures d'urgence

Mesures générales	: Évacuer la zone. S'assurer d'une ventilation d'air appropriée. Éliminer les sources d'inflammation. Empêcher la pénétration du produit dans les égouts, les sous-sols, les fosses, ou tout autre endroit où son accumulation pourrait être dangereuse. Envisager le risque d'atmosphères explosives. Essayer d'arrêter le rejet. Porter un appareil respiratoire autonome pour entrer dans la zone, à moins que l'air ait été évalué et établi comme étant sûr. Évacuer la zone. Assurer une ventilation appropriée. Arrêter la fuite si cela peut être fait de manière sécuritaire.
-------------------	--

6.2. Méthodes et matériaux pour le confinement et le nettoyage

Pour la rétention	: Empêcher l'écoulement de contaminer le milieu environnant.
-------------------	--

6.3. Référence aux autres sections

Pour plus d'informations, se reporter à la section 8 : Contrôle de l'exposition/protection individuelle.



Butane

Fiche de données de sécurité F-4572

conformément à la Loi sur les produits dangereux (11 février 2015)

Date d'émission: 10-15-1979

Date de révision: 08-03-2016

Remplace la fiche: 10-15-2013

SECTION 7: Manutention et stockage

7.1. Précautions à prendre pour une manipulation sans danger

Précautions à prendre pour une manipulation sans danger : Tenir à l'écart de la chaleur, des surfaces chaudes, des étincelles, des flammes nues et de toute autre source d'inflammation. Ne pas fumer. Ne pas utiliser d'outils produisant des étincelles. Utiliser uniquement un équipement antidéflagrant.

Porter des gants de protection en cuir et des chaussures de sécurité pour manipuler les bouteilles. Protéger les bouteilles contre tout dommage. Ne pas traîner, faire rouler, faire glisser ni laisser tomber les bouteilles. Toujours garder le chapeau du robinet en place quand on déplace une bouteille. Ne jamais soulever une bouteille par son chapeau; le chapeau est conçu uniquement pour protéger le robinet. Utiliser un chariot porte-bouteille pour déplacer les bouteilles, même sur une courte distance. Ne jamais insérer un objet (par exemple, une clé, un tournevis, un levier) dans les ouvertures du chapeau; cela pourrait endommager le robinet et provoquer une fuite. Utiliser une clé à courroie pour enlever les chapeaux trop serrés ou rouillés. Ouvrir lentement la vanne (le robinet). Si le robinet est difficile à ouvrir, arrêter l'utilisation et contacter votre fournisseur. Fermer le robinet du contenant après chaque utilisation; garder le robinet fermé même quand le contenant est vide. Ne jamais appliquer une flamme ou de la chaleur localisée directement sur une quelconque partie du contenant. Les températures élevées peuvent endommager le contenant et causer une défaillance prématurée du détendeur de pression du contenant et en vider le contenu. Pour les autres précautions d'utilisation de ce produit, voir la section 16.

7.2. Conditions nécessaires pour assurer la sécurité du stockage, tenant compte d'éventuelles incompatibilités

Conditions de stockage : Stocker où la température ne dépasse pas 52 °C (125 °F). Installer des affiches « Défense defumer/Flamme nue interdite » dans les zones de stockage et d'utilisation. Il ne doit y avoir aucune source d'inflammation. Séparer les groupes de bouteilles et les protéger contre un incendie potentiel et/ou des dommages d'explosion suivant les codes et les exigences appropriées (par exemple, la norme NFPA 30, NFPA 55, NFPA 70, et/ou NFPA 221 aux États-Unis) ou selon des conditions déterminées par l'autorité compétente. Toujours attacher les contenants à la verticale pour les empêcher de tomber ou d'être renversés. Installer bien en place, à la main, un chapeau de protection sur le robinet, si un tel chapeau est fourni, lorsque le contenant n'est pas utilisé. Entreposer les contenants pleins et les vides séparément. Utiliser un système d'inventaire « premier entré, premier sorti » pour empêcher l'entreposage de bouteilles pleines pendant de longues périodes. Pour les autres précautions dans l'utilisation de ce produit, voir la section 16.

AUTRES PRÉCAUTIONS POUR LA MANUTENTION, L'ENTRPOSAGE ET L'UTILISATION :

Lors de la manipulation du produit sous pression, utiliser la tuyauterie et l'équipement conçus pour supporter les pressions auxquelles on sera en présence. Ne jamais travailler sur un système sous pression. Utiliser un antiretour dans la tuyauterie. Les gaz peuvent causer une suffocation rapide en raison d'un manque d'oxygène; stocker et utiliser avec une ventilation adéquate. Si une fuite se produit, fermer le robinet du réservoir et purger le système d'une manière sûre et écologiquement correcte en conformité avec toutes les lois internationales, fédérales / nationales, étatiques / provinciales et locales; réparer ensuite la fuite. Ne jamais placer un contenant où il peut faire partie d'un circuit électrique.

SECTION 8: Contrôles de l'exposition/protection individuelle

8.1. Paramètres de contrôle

Butane (106-97-8)		
USA - ACGIH	ACGIH STEL (ppm)	1000 ppm
Canada (Québec)	VEMP (mg/m ³)	1900 mg/m ³
Canada (Québec)	VEMP (ppm)	800 ppm
Alberta	Limite d'exposition professionnelle TWA (ppm)	1000 ppm
Colombie-Britannique	OEL STEL (ppm)	750 ppm
Colombie-Britannique	Limite d'exposition professionnelle TWA (ppm)	600 ppm
Manitoba	OEL STEL (ppm)	1000 ppm
Nouveau-Brunswick	Limite d'exposition professionnelle (mg/m ³)	1900 mg/m ³
Nouveau-Brunswick	Limite d'exposition professionnelle TWA (ppm)	800 ppm
Terre-Neuve-et-Labrador	OEL STEL (ppm)	1000 ppm
Nouvelle-Écosse	OEL STEL (ppm)	1000 ppm

Praxair Canada inc. est garant de la conformité du présent document téléchargeable tant que celui-ci se trouve sur son site Web. Après que le document ait été téléchargé ou retiré de son site Web, Praxair ne peut plus en garantir l'intégrité ou l'exactitude.



Butane

Fiche de données de sécurité F-4572

conformément à la Loi sur les produits dangereux (11 février 2015)

Date d'émission: 10-15-1979

Date de révision: 08-03-2016

Remplace la fiche: 10-15-2013

Butane (106-97-8)		
Nunavut	OEL STEL (mg/m ³)	2576 mg/m ³
Nunavut	OEL STEL (ppm)	1000 ppm
Nunavut	Limite d'exposition professionnelle (mg/m ³)	1901 mg/m ³
Nunavut	Limite d'exposition professionnelle TWA (ppm)	800 ppm
Territoires du Nord-Ouest	OEL STEL (ppm)	1250 ppm
Territoires du Nord-Ouest	Limite d'exposition professionnelle TWA (ppm)	1000 ppm
Ontario	OEL STEL (ppm)	1000 ppm
Ontario	Limite d'exposition professionnelle TWA (ppm)	800 ppm
Île-du-Prince-Édouard	OEL STEL (ppm)	1000 ppm
Québec	VEMP (mg/m ³)	1900 mg/m ³
Québec	VEMP (ppm)	800 ppm
Saskatchewan	OEL STEL (ppm)	1250 ppm
Saskatchewan	Limite d'exposition professionnelle TWA (ppm)	1000 ppm
Yukon	OEL STEL (mg/m ³)	1600 mg/m ³
Yukon	OEL STEL (ppm)	750 ppm
Yukon	Limite d'exposition professionnelle (mg/m ³)	1400 mg/m ³
Yukon	Limite d'exposition professionnelle TWA (ppm)	600 ppm

8.2. Contrôles techniques appropriés

Contrôles techniques appropriés : Utiliser un système d'aspiration local antidéflagrant. L'aspiration locale et la ventilation générale doivent être suffisantes pour répondre aux normes d'exposition. Contrôles techniques mécaniques (général) : **insuffisants - utiliser uniquement dans un système fermé.** Utiliser du matériel et de l'éclairage antidéflagrant.

8.3. Mesures de protection individuelle/équipements de protection individuelle

Équipement de protection individuelle : Lunettes de sécurité. Écran facial. Gants.



Protection des mains : Porter des gants de travail lors de la manipulation des contenants. Porter des gants de caoutchouc épais où le contact avec le produit peut se produire.

Protection oculaire : Porter des lunettes de sécurité étanches lors des opérations de transvasement ou de débranchement des conduites et raccords. Le port de lunettes de sécurité conformes à une norme approuvée est obligatoire quand une évaluation des risques le préconise pour éviter toute exposition aux éclaboussures de liquides, aux aérosols ou aux poussières. Choisir les lunettes en conformité avec la norme CSA Z94.3 courante, « Protectors oculaires et faciaux pour l'industrie », et tous les règlements provinciaux.

Protection de la peau et du corps : Porter des gants de travail lors de la manipulation des contenants. Porter des gants de caoutchouc épais où le contact avec le produit peut se produire.

Protection des voies respiratoires : **Protection respiratoire** : Porter un appareil respiratoire conçu expressément pour les fumées de soudage ou un respirateur à adduction d'air pour les travaux dans des espaces clos ou dans des endroits où le système de ventilation ou l'aération ne sont pas suffisants pour garder le taux d'exposition sous le seuil admissible d'exposition. Le choix doit être basé sur la norme courante Z94.4 de la CSA, « Choix, utilisation et entretien des appareils de protection respiratoire ». Les appareils respiratoires doivent être approuvés par le NIOSH et la MSHA. En cas d'urgence ou de niveaux d'exposition inconnus, utiliser un appareil respiratoire autonome (ARA).

Protection contre les dangers thermiques : Porter des gants isolant du froid lors d'opérations de transvasement ou de débranchement des conduites et raccords. Aucun n'est nécessaire.

Praxair Canada inc. est garant de la conformité du présent document téléchargeable tant que celui-ci se trouve sur son site Web. Après que le document ait été téléchargé ou retiré de son site Web, Praxair ne peut plus en garantir l'intégrité ou l'exactitude.



Butane

Fiche de données de sécurité F-4572

conformément à la Loi sur les produits dangereux (11 février 2015)

Date d'émission: 10-15-1979

Date de révision: 08-03-2016

Remplace la fiche: 10-15-2013

Autres informations	: Autres informations : Porter des chaussures de sécurité pour la manipulation générale sur les sites clients. Porter des chaussures à support métatarsien et un pantalon sans revers pour la manutention des bouteilles aux installations d'emballage et de remplissage. Choisir les chaussures en conformité avec la norme actuelle de la CSA Z195, « Chaussures de protection », et avec les directives et règlements provinciaux, ou locaux en vigueur. Pour travailler avec des matériaux inflammables et comburants, envisager l'utilisation de vêtements de sécurité résistants aux flammes et antistatiques.
---------------------	---

SECTION 9: Propriétés physiques et chimiques

9.1. Informations sur les propriétés physiques et chimiques essentielles

État physique	: Gaz.
Apparence	: Gaz incolore.
Masse moléculaire	: 58 g/mol
Couleur	: Incolore.
Odeur	: Désagréable.
Seuil olfactif	: 5000 ppm
pH	: Sans objet.
pH solution	: Aucune donnée disponible.
Vitesse d'évaporation relative (acétate de butyle=1)	: Aucune donnée disponible.
Vitesse d'évaporation relative (éther=1)	: Sans objet.
Point de fusion	: -138 °C
Point de congélation	: Aucune donnée disponible.
Point d'ébullition	: -0,5 °C
Point d'éclair	: -60 °C TCC
Température critique	: 152,4 °C
Température d'auto-inflammation	: 400 °C
Température de décomposition	: Aucune donnée disponible.
Pression de la vapeur	: 200 kPa
Pression de vapeur à 50 °C	: Aucune donnée disponible.
Pression critique	: 3796 kPa
Densité relative de la vapeur à 20 °C	: Aucune donnée disponible.
Densité relative	: 0,6
Densité relative de saturation mélange vapeur/air	: Aucune donnée disponible.
Masse volumique	: 0,573 g/cm ³ (à 25 °C)
Densité relative de gaz	: 2,1
Solubilité	: Eau: 88 mg/l
Log Pow	: 2,89
Log Kow	: Sans objet.
Viscosité, cinématique	: Sans objet.
Viscosité, dynamique	: Sans objet.
Viscosité, cinématique (valeur calculée) (40 °C)	: Aucune donnée disponible.
Propriétés explosives	: Sans objet.
Propriétés comburantes	: Aucune.
Inflammabilité (solide, gaz)	: 1,4 (≥ 9,4) % en vol.

9.2. Autres informations

Énergie minimale d'ignition	: ≈
Groupe de gaz	: Gaz liquéfiés
Indications complémentaires	: Gaz ou vapeur plus lourd que l'air. Peut s'accumuler dans les endroits confinés, en particulier au niveau du sol ou en dessous du niveau du sol.

Praxair Canada inc. est garant de la conformité du présent document téléchargeable tant que celui-ci se trouve sur son site Web. Après que le document ait été téléchargé ou retiré de son site Web, Praxair ne peut plus en garantir l'intégrité ou l'exactitude.



Butane

Fiche de données de sécurité F-4572

conformément à la Loi sur les produits dangereux (11 février 2015)

Date d'émission: 10-15-1979

Date de révision: 08-03-2016

Remplace la fiche: 10-15-2013

SECTION 10: Stabilité et réactivité

10.1. Réactivité

Réactivité	: Pas de danger de réactivité autre que les effets décrits dans les sections ci-dessous.
Stabilité chimique	: Stable dans les conditions normales.
Possibilité de réactions dangereuses	: Peut former un mélange explosif avec l'air. Peut réagir violemment avec les comburants.
Conditions à éviter	: Tenir à l'écart de la chaleur, des étincelles, des flammes nues et des surfaces chaudes. – Ne pas fumer.
Matières incompatibles	: Comburant, nickel carbonyle, mélanges oxygénés.
Produits de décomposition dangereux	: La décomposition thermique ou la combustion peut produire du monoxyde de carbone, du dioxyde de carbone et de l'hydrogène. Les procédés de soudage et coupage peuvent former des produits de réaction comme le monoxyde de carbone et le dioxyde de carbone. Les autres produits de décomposition sont le résultat de la volatilisation, de la réaction ou de l'oxydation du matériau employé lors de l'exploitation normale.

SECTION 11: Données toxicologiques

11.1. Informations sur les effets toxicologiques

Toxicité aiguë (voie orale)	: non classé
Toxicité aiguë (voie cutanée)	: non classé
Toxicité aiguë (inhalation)	: non classé

Corrosion cutanée/irritation cutanée	: non classé pH : Sans objet.
--------------------------------------	----------------------------------

Lésions oculaires graves/irritation oculaire	: non classé pH : Sans objet.
--	----------------------------------

Sensibilisation respiratoire ou cutanée	: non classé
Mutagénicité sur les cellules germinales	: non classé
Cancérogénicité	: non classé

Toxicité pour la reproduction	: non classé
Toxicité spécifique pour certains organes cibles (exposition unique)	: non classé
Toxicité spécifique pour certains organes cibles (exposition répétée)	: non classé

Danger par aspiration	: non classé
-----------------------	--------------

Butane (106-97-8)	
Hydrocarbure	Oui

SECTION 12: Données écologiques

12.1. Toxicité

Écologie - général	: Ce produit est sans risque pour l'écologie.
--------------------	---

12.2. Persistance et dégradabilité

Butane (106-97-8)	
Persistance et dégradabilité	Cette substance est biodégradable et sa persistance est improbable.

12.3. Potentiel de bioaccumulation

Butane (106-97-8)	
Log Pow	2,89
Log Kow	Sans objet.
Potentiel de bioaccumulation	Pas de bioaccumulation à prévoir en raison d'un coefficient de Koe peu élevé (< 4). Voir section 9.

Praxair Canada inc. est garant de la conformité du présent document téléchargeable tant que celui-ci se trouve sur son site Web. Après que le document ait été téléchargé ou retiré de son site Web, Praxair ne peut plus en garantir l'intégrité ou l'exactitude.



Butane

Fiche de données de sécurité F-4572

conformément à la Loi sur les produits dangereux (11 février 2015)

Date d'émission: 10-15-1979

Date de révision: 08-03-2016

Remplace la fiche: 10-15-2013

12.4. Mobilité dans le sol

Butane (106-97-8)	
Mobilité dans le sol	Aucune donnée disponible.
Log Pow	2,89
Log Kow	Sans objet.
Écologie - sol	La pollution des sols ou de l'eau par ce produit est improbable étant donnée sa grande volatilité.

12.5. Autres effets néfastes

Effet sur la couche d'ozone : Aucun.
 Effet sur le réchauffement planétaire : Aucun effet connu avec ce produit.

SECTION 13: Données sur l'élimination

13.1. Méthodes d'élimination

Recommandations de traitement des déchets : Ne pas tenter d'éliminer les quantités résiduelles ou non utilisées. Retourner le contenant au fournisseur.

SECTION 14: Informations relatives au transport

14.1. Description sommaire pour l'expédition

Conformément aux exigences relatives au TMD.

TMD

N° UN (TMD) : UN1011
 TMD Classe primaire de danger : 2.1 - Classe 2.1 - Gaz inflammables
 Nom officiel d'expédition TMD : BUTANE

Indice PIU : 3 000
 Indices des quantités limites d'explosifs et des quantités limitées : 0,125 L
 Indice pour les navires de passagers : Interdit
 Indice pour les véhicules routiers de passagers et les véhicules ferroviaires de passagers : Interdit

14.3. Transport aérien et maritime

IMDG

N° ONU (IMDG) : 1011
 Nom officiel d'expédition (IMDG) : BUTANE
 Classe (IMDG) : 2 - Gaz
 N° GSMU : 115

IATA

N° UN (IATA) : 1011
 Désignation exacte d'expédition/Description (IATA) : Butane
 Classe (IATA) : 2

SECTION 15: Informations sur la réglementation

15.1. Directives nationales

Butane (106-97-8)	
Inscrit sur la liste canadienne DSL (liste intérieure des substances).	

Praxair Canada inc. est garant de la conformité du présent document téléchargeable tant que celui-ci se trouve sur son site Web. Après que le document ait été téléchargé ou retiré de son site Web, Praxair ne peut plus en garantir l'intégrité ou l'exactitude.



Butane

Fiche de données de sécurité F-4572

conformément à la Loi sur les produits dangereux (11 février 2015)

Date d'émission: 10-15-1979

Date de révision: 08-03-2016

Remplace la fiche: 10-15-2013

15.2. Réglementations internationales

Butane (106-97-8)

Inscrit dans l'AICS (Australian Inventory of Chemical Substances).
 Inscrit dans l'IECSC (Inventory of Existing Chemical Substances Produced or Imported in China).
 Inscrit dans l'EINECS (European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances).
 Inscrit dans l'inventaire japonais ENCS (Existing & New Chemical Substances).
 Inscrit dans l'ECL (Existing Chemicals List) coréenne.
 Inscrit dans le NZIoC (New Zealand Inventory of Chemicals).
 Inscrit dans le PICCS (Philippines Inventory of Chemicals and Chemical Substances).
 Inscrit dans l'inventaire du TSCA (Toxic Substances Control Act) des États-Unis.
 Inscrit dans l'INSQ (Mexican National Inventory of Chemical Substances).
 Inscrit dans le CICR (Turkish Inventory and Control of Chemicals).

SECTION 16: Autres informations

Date d'émission : 15/10/1979
 Date de révision : 03/08/2016
 Remplace la fiche : 15/10/2013

Indications de changement:

Conseils de formation

: Les risques d'asphyxie étant souvent sous-estimés, il convient de porter ces risques à l'attention des opérateurs lors de leur formation. S'assurer que les opérateurs comprennent bien les risques d'inflammabilité.

Autres informations

: Lorsqu'on mélange deux produits chimiques ou plus, des dangers imprévus peuvent être créés. Obtenir et évaluer les renseignements de sécurité pour chaque composant avant de procéder à un mélange. Consulter un hygiéniste industriel ou d'autres personnes compétentes lorsqu'on évalue le produit final. Avant d'utiliser des matières plastiques, confirmer leur compatibilité avec ce produit.

Praxair Canada inc. demande aux utilisateurs de ce produit de bien étudier cette fiche signalétique et d'être conscients des dangers du produit et des précautions à prendre. Afin de promouvoir l'utilisation sécuritaire de ce produit, l'utilisateur doit 1) informer son personnel, ses agents et ses sous-traitants de l'information contenue dans cette fiche signalétique et de tout danger ou précaution à prendre, 2) fournir cette même information à tous ses clients utilisateurs de ce produit, et 3) demander à ces derniers de transmettre la même information à leurs employés et à leurs clients.

Les opinions exprimées ici sont celles d'experts qualifiés de Praxair Canada inc. Nous croyons que l'information contenue dans ce document est en vigueur à la date de cette fiche de données de sécurité (FDS). Puisque l'utilisation de ces informations et les conditions d'utilisation ne sont pas sous le contrôle de Praxair Canada inc, il est dans l'obligation de l'utilisateur de déterminer les conditions d'utilisation sécuritaire du produit. Les fiches signalétiques de Praxair Canada sont fournies lors de la vente ou de la livraison par Praxair Canada inc. ou des distributeurs et des fournisseurs indépendants qui conditionnent et vendent nos produits. Pour obtenir des fiches signalétiques courantes pour ces produits, contactez votre représentant Praxair, le distributeur local ou le fournisseur, ou les télécharger à partir de www.praxair.ca. Si vous avez des questions concernant les fiches signalétiques de Praxair, ou souhaitez obtenir le numéro du document et la date des fiches les plus récentes, ou les noms des fournisseurs de Praxair dans votre région, téléphonez ou écrivez à Praxair Canada inc. (téléphone : 1-888-257-5149; adresse : Praxair Canada inc. 1 City Centre Drive, bureau 1200, Mississauga, Ontario, L5B 1M2).

PRAXAIR et le COURANT D'AIR de son logo sont des marques de commerce ou des marques déposées de Praxair Technology, inc. aux États-Unis et/ou dans d'autres pays.

Danger pour la santé NFPA

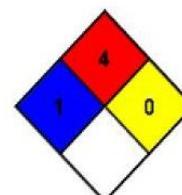
: 1 - L'exposition peut provoquer une irritation, mais seulement des blessures légères résiduelles, même si aucun traitement n'est donné.

Danger d'incendie NFPA

: 4 - Les substances se vaporiseront rapidement ou complètement à pression et température normales, ou se disperseront et brûleront dans l'atmosphère instantanément.

Réactivité NFPA

: 0 - Substance normalement stable, même dans des conditions d'exposition au feu, et non réactive à l'eau.



Praxair Canada inc. est garant de la conformité du présent document téléchargeable tant que celui-ci se trouve sur son site Web. Après que le document ait été téléchargé ou retiré de son site Web, Praxair ne peut plus en garantir l'intégrité ou l'exactitude.



Butane

Fiche de données de sécurité F-4572

conformément à la Loi sur les produits dangereux (11 février 2015)

Date d'émission: 10-15-1979

Date de révision: 08-03-2016

Remplace la fiche: 10-15-2013

Notation HMIS III

Santé	: 0 Risque minimal - Ne comporte pas de risque significatif pour la santé.
Inflammabilité	: 4 Danger sévère - Gaz inflammables, ou liquides volatils très inflammables dont le point d'éclair est inférieur à 73 °F, et le point d'ébullition inférieur à 100 °F. Substances qui s'enflamment spontanément si exposées à l'air (classe IA).
Physique	: 1 Risque léger - Matières normalement stables, mais qui peuvent devenir instables (réagissant par elles-mêmes) à des températures et à des pressions élevées. Les matières peuvent réagir non violemment au contact de l'eau et subir une polymérisation en l'absence de substances inhibitrices.

SDS Canada (GHS) - Praxair

Ces informations étant basées sur nos connaissances actuelles et décrivant le produit pour les seuls besoins de la santé, de la sécurité et de l'environnement, elles ne doivent donc pas être interprétées comme garantissant une quelconque propriété spécifique du produit.

Praxair Canada inc. est garant de la conformité du présent document téléchargeable tant que celui-ci se trouve sur son site Web. Après que le document ait été téléchargé ou retiré de son site Web, Praxair ne peut plus en garantir l'intégrité ou l'exactitude.

Annexe N°2 : Présentation du logiciel Grif et son utilisation.**Introduction**

Le logiciel GRIF (Graphique Interactif et Fiabilité en Java) a été développé par la société TOTAL, ce logiciel se décline en plusieurs modules sont : Réseaux de Pétri à prédicats, Bloc Diagramme Stochastique, Graphes de Markov, Réseaux de fiabilité, Bloc Diagramme de Fiabilité, Arbre de défaillances, Evaluation de SIF, Arbre d'évènement, Disponibilité de production des systèmes pétroliers par Bloc diagramme, il utilise deux moteurs de calculs sont Albizia et Moca13. Le moteur Moca13 est destiné à la simulation du comportement des systèmes dynamiques complexes dans le but d'obtenir, par un traitement statistique, des résultats concernant leur fiabilité, disponibilité, productivité, ainsi que tout autre paramètre probabiliste. Le moteur Albizia est destiné à traitement des systèmes statique dans le but d'obtenir des résultats concernant leur fiabilité, disponibilité, ainsi que tout autre paramètre probabiliste et permet également de calcul les incertitudes sur la probabilité.

Comment utiliser la logiciel GRIF dans la l'arbre des défaillances

- 1) Pour construire de l'AdD dans la logiciel GRIF il suffit de sélectionner les symboles correspondant sur la barre d'outils verticale par cliquer sur les portes ET ou OU et les évènements de base et les liens entre un événement-sommet (ES) et des événements intermédiaires et des événements de base (EdB) et événement répété Lorsque l'AdD contient des événement de base identique et renvoi identique lorsque l'AdD contient des sous arbres semblables ou identiques et la figure (A.1) représente cette création de l'AdD dans logiciel GRIF.
 - 2) Saisissez le commentaire« nom d'événement-sommet (ES) ou des événements intermédiaires ou des événements de base (EdB) » en cliquant avec le bouton de droite de la souris sur l'événement-sommet (ES) et des événements intermédiaires et des événements de base (EdB).
 - 3) Saisissez la loi de probabilité en cliquant avec le bouton de droite de la souris sur l'évènement de base.
 - 4) Cliquer sur la configuration et lancement des calculs dans la barre d'outils horizontale pour calcul la probabilité et coupes minimales et facteur d'importance.
-

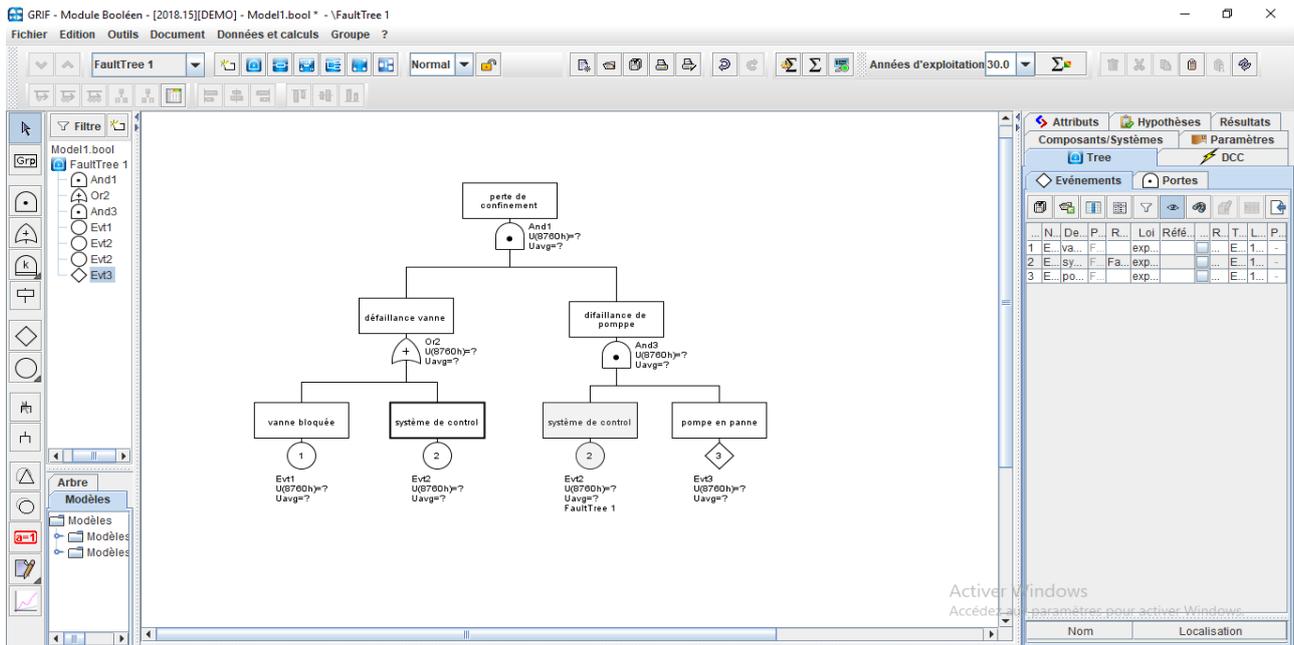


Figure i : Représentation la création l'AdD dans logiciel GRIF.

Pour calcul la probabilité : il faut choisir le cible et temps de calculs et types de calculs, la figure suivante représente le paramétrage des calculs de probabilité.

Lancement des calculs Albizia

Facteurs d'importance | **Temps moyens** | **Options**

Probabilités / Fréquences | **Coupes minimales**

Cible: Toutes variables booléennes

Temps de calculs

Liste automatique de points entre 0 et 262800.0

Itération De [] à [] pas []

Liste de temps 1

Afficher les points de discontinuité

Temps exprimés en Année(s)

Calculer la valeur moyenne et l'intégrale sur [0, t]

Activer la propagation d'incertitude

Nombre d'histroires 1

Intervalle de dispersion à 90 %

Quantiles choisis à gauche [Borne quantile 0%,Borne quantile 90%]

Types de calculs

Indisponibilité : Q(t), U(t) ou PFD(t)

Disponibilité : A(t)

Intensité Inconditionnelle de Défaillance : UFI(t), w(t) ou PFH(t)

Intensité Conditionnelle de Défaillance : CFI(t) ou $\lambda(t)$ equivalent

Défiabilité approchée : F(t)

Fiabilité approchée : R(t)

Calcul du temps passé dans les zones

Configuration

OK | Annuler | Aide

Figure ii : Représentation le paramétrage des calculs de probabilité.

Pour calcul la coupe minimale : il faut choisir le cible, Nombre de coupes, Nombre de coupes par ordre, Liste de coupes, Limiter l'ordre des coupes affichées, Calculer la probabilité des coupes, la figure suivante représente le paramétrage des calculs de coupes.

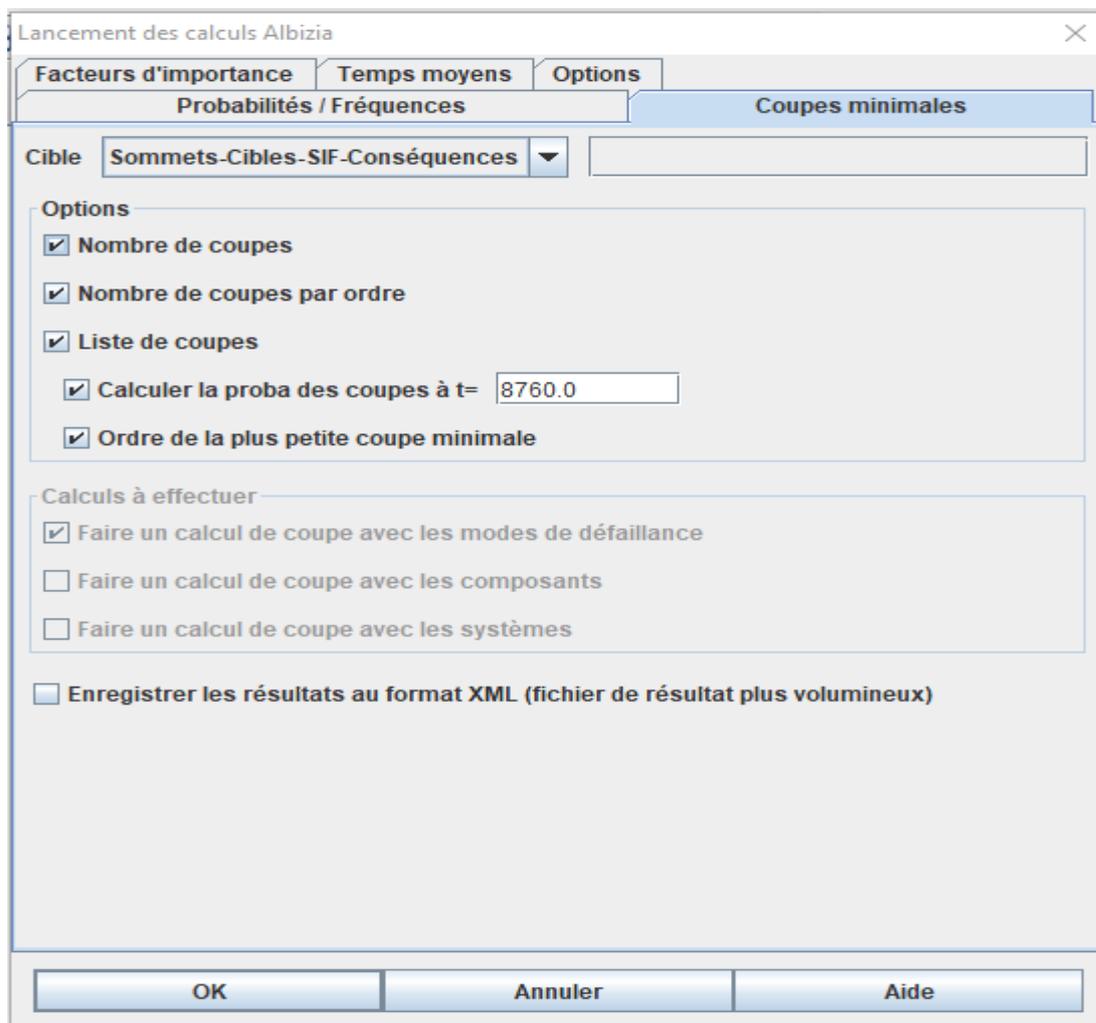


Figure *iii* : Représente le paramétrage des calculs de coupes.

Pour calcul le facteur d'importance : il faut choisir le cible et temps de calculs et types de calculs, la figure suivante représente le paramétrage des calculs de facteur d'importance.

Lancement des calculs Albizia

Facteurs d'importance | Temps moyens | Options

Probabilités / Fréquences | Coupes minimales

Cible: Sommet-Cibles-SIF-Conséquences

Temps de calculs

Liste automatique de points entre 0 et []

Itération De [] à [] pas []

Liste de temps [8760.0]

Afficher les points de discontinuité

Temps exprimés en [Heure(s)]

Activer la propagation d'incertitude

Nombre d'histoires [1] Intervalle de dispersion à [90] %

Quantiles choisis [à gauche] [Borne quantile 0%,Borne quantile 90%]

Types de calculs

Birnbaum (MIF) Risk Achievement Worth (RAW)

Critique (CIF) Risk Reduction Worth (RRW)

Fussel-Vesely (DIF) Barlow Proschan (BP)

Choix manuel de l'algorithme MIF [Dérivée partielle]

OK Annuler Aide

Figure iv : Représentation le paramétrage des calculs de facteur d'importance.

Le calcul effectue par cliquer sur OK et nous obtenons sur les résultats.

Expliquer comment utiliser le logiciel GRIF dans l'arbre des évènements

1) Pour construire de l'AdE dans la logiciel GRIF il suffit de sélectionner le symbole de nouvel arbre d'évènement sur la barre d'outils horizontale, L'arbre préconstruit suivant apparait dans la vue principale, Il est composé des éléments suivant : un évènement initiateur, une barrière et des séquences.

Pour ajouter les différentes Barrières, il suffit d'en sélectionner une, puis via un clic gauche de la souris, décider d'ajouter une nouvelle barrière à droite ou à gauche.

Pour création les succès et échecs, il faut sélectionner sur le nœud et décider de créer nouvel échec ou tous les échecs ou tous les échecs et succès, La figure suivant représente la construction de l'AdE dans logiciel GRIF.

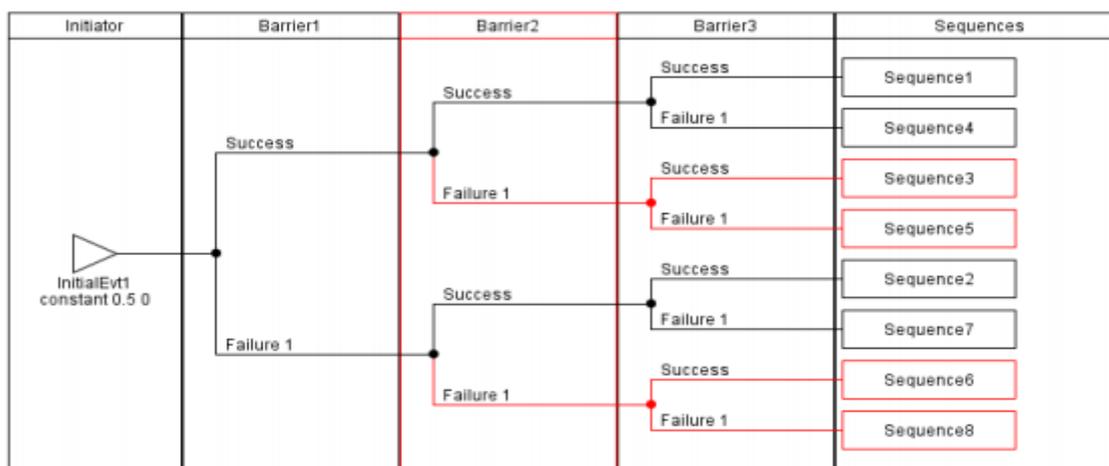


Figure v : représentation la construction de l'AdE dans logiciel GRIF

2) saisissez le commentaire « nom d'évènement initiateur, des barrières et des séquences » en cliquant avec le bouton de droite de la souris sur évènement initiateur, des barrières et des séquences. Pour saisir des conséquences : Les conséquences n'ont pas de représentation graphique, elles ne sont donc accessible que par les tableaux d'édition des données. Pour saisir une nouvelle Conséquence, sélectionner l'onglet Conséquence dans le tableau de donnée et cliquer sur l'icône Ajouter puis écrivez le nom conséquence et enfin cliquer sur la séquence et choisir la conséquence correspondante.

3) saisissez la loi de probabilité en cliquant avec le bouton de droite de la souris sur l'évènement initiateur, des barrières ou échec des barrières.

4) cliquer sur la configuration et lancement des calculs dans la barre d'outils horizontale pour calcul la probabilité. - la calcul de probabilité est comme expliquée dans Add.

5) le calcul effectue par cliquer sur OK et nous obtenons sur les résultats.

Expliquer comment utiliser le logiciel GRIF dans la propagation des incertitudes dans nœud papillon

1) construire du nœud papillon par la combinaison l'AdD et l'AdE par cliquer le bouton gauche de la souris sur l'évènement initiateur puis cliquer sur spécifier un composant de référence et décider sur la sélection un composant graphique ou composant logique.

2) cliquer sur la configuration et lancement des calculs dans la barre d'outils horizontale et choisir : la cible et temps de calculs et activer la propagation d'incertitude et types de calculs

- 3) Pour activer la propagation d'incertitude, il faut choisir le nombre d'histoires et intervalle de dispersion et quantiles choisis.
- 4) le calcul effectue par cliquer sur OK et nous obtenons sur les résultats.

Annexe N°3 : Schéma de l'instrument de tuyauterie PID.

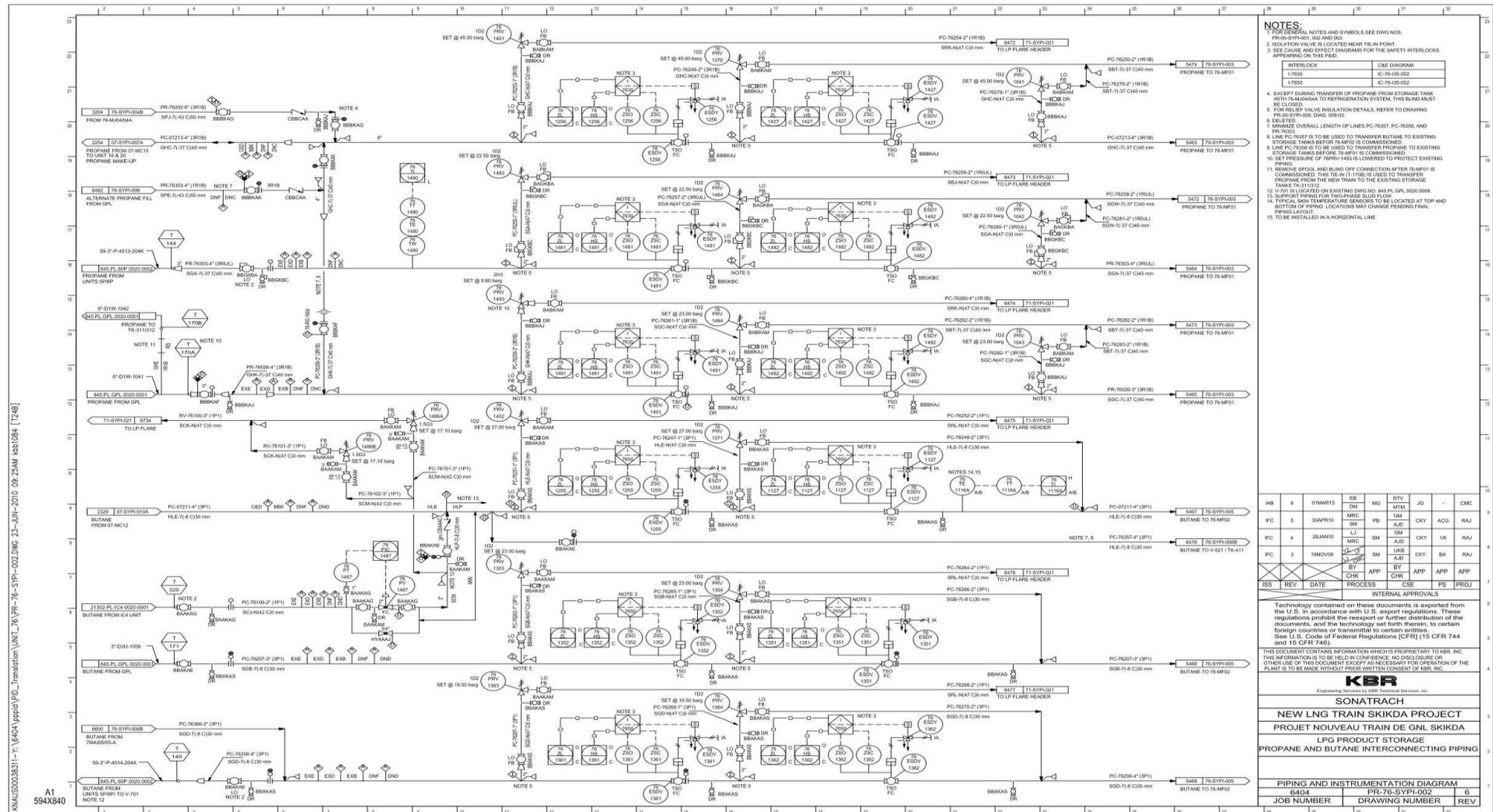


Figure vi : PID de système de remplissage

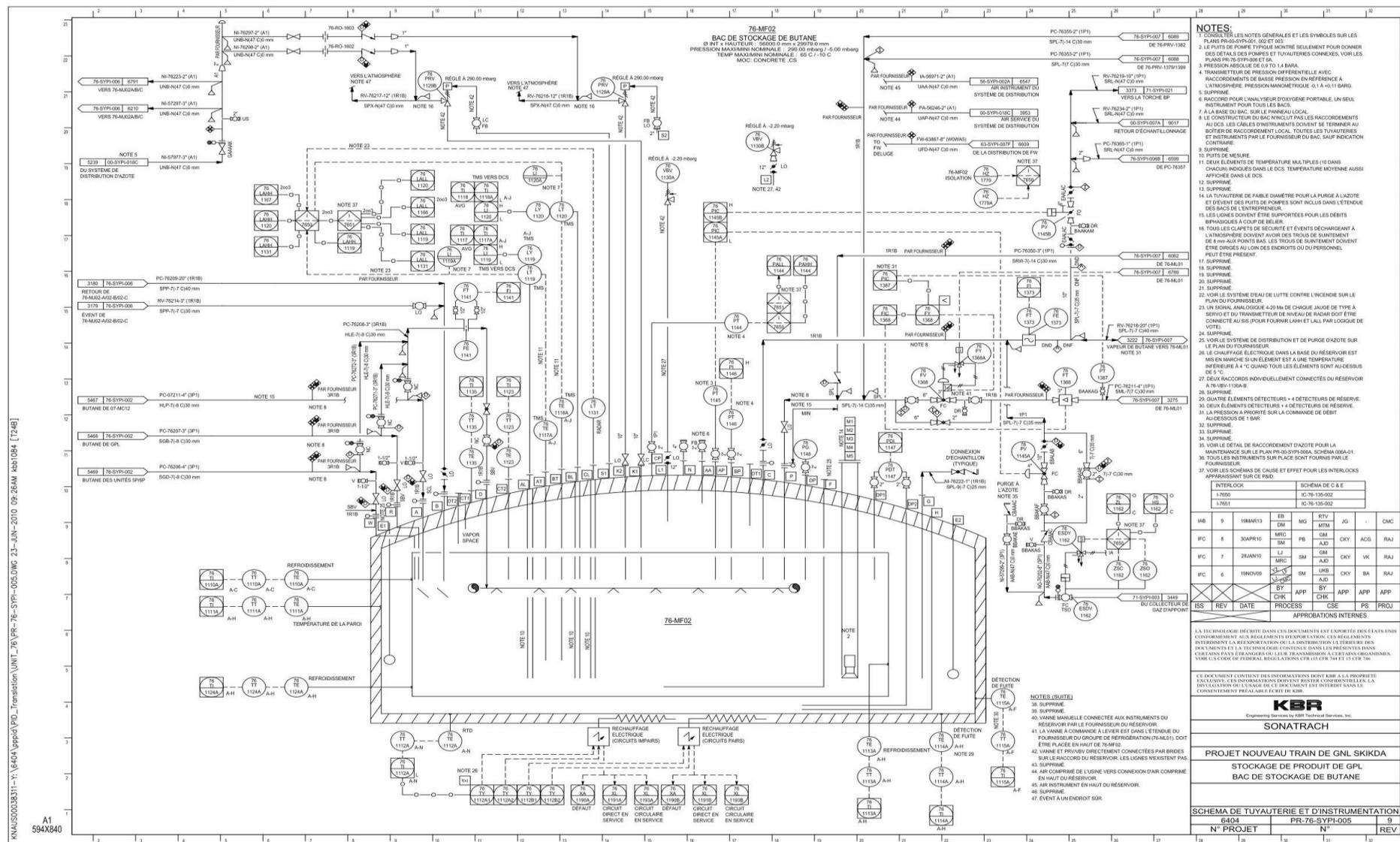


Figure vii : PID de Bac de stockage

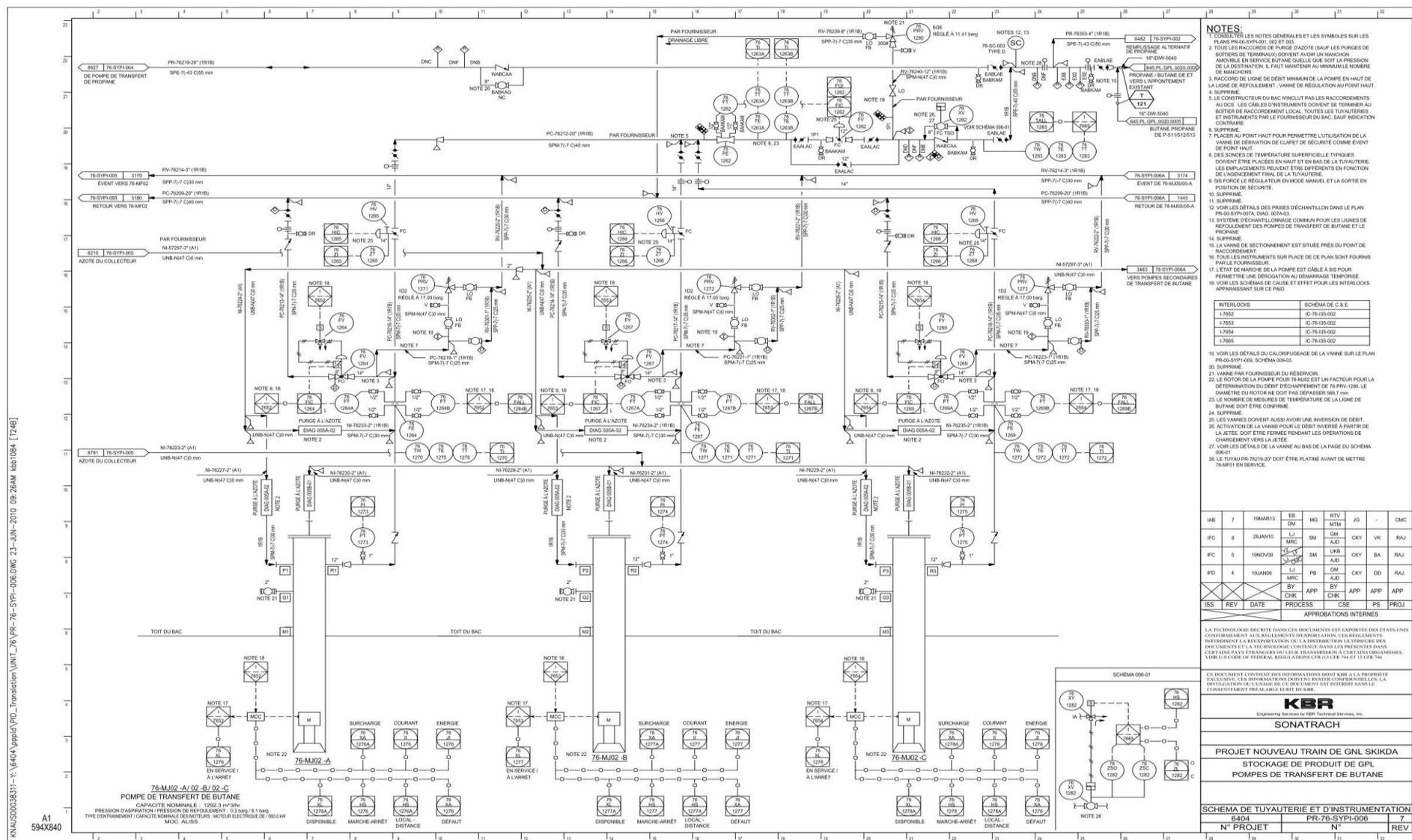


Figure viii : PID de système de pompage

