



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

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

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

Département de Sécurité Industrielle et Environnement

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière: Hygiène et Sécurité Industrielle

Spécialité : Prévention/Intervention

Thème

ÉTUDE SÉQUENTIELLE DE DANGER DU FOUR 11-F1 DE LA RAFFINERIE D'ARZEW

Présenté et soutenu publiquement par :

Nom : HAMZA

Prénom : AYAT ALLAH ISMAHENE

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
BENFEKIR Abderrahim	MCB	UNIV-ORAN 2	Président
LOUNIS Zoubida	Dr	UNIV-ORAN 2	Encadreur
TALHI Mama	MCB	UNIV-ORAN 2	Examineur

Juillet 2019

REMERCIEMENTS

Au nom de dieu le tout miséricordieux, toute la louange à Dieu qui m'aide, je le remercie beaucoup.

Je tiens à remercier en premier mon encadreur **Madame LOUNIS ZOUBIDA** de m'avoir encouragée, aidée avec ses précieux conseils durant mon cursus universitaire et pendant tout le processus d'encadrement et de rédaction de mon mémoire de master.

Je remercie aussi les membres du jury que j'ai eu la chance de les avoir comme enseignants **Monsieur BENFEKIR ABDERRAHIM** et **Madame TALHI MAMA** d'avoir acceptés d'examiner et juger mon travail mais surtout de partager avec moi la clôture de tout mon cursus universitaire.

Je remercie aussi tous les enseignants de l'institut de maintenance et sécurité industrielle qui ont contribué à ma formation.

Mes remerciements vont aussi à **Madame ZITI, Mademoiselle KHELF SIHAM, Monsieur MISSOUM, Monsieur HANSALI NOUREDINE, Monsieur MAHREZ HBIB, Monsieur LABDI ABDEL JALIL** et **Monsieur ZAWWI OMAR**, cadres au niveau de la raffinerie d'Arzew, pour m'avoir accueilli, expliqué et mis à ma disposition toutes les informations nécessaires à la réalisation de mon travail

J'adresse mes vifs remerciements à **Monsieur HAMZA ZRIGAT** chef de service des ressources humaines pour le suivi continu tout le long de la période du stage, je le remercie pour son assistance.

Je remercie infiniment ma tante **Madame MILOUDI SCHAHRAZED** avocate au niveau de la Daïra d'Arzew pour sa gentillesse et son aimable accueil pendant toute la période de mon stage afin d'être à proximité de la zone industrielle d'Arzew.

Merci à tous.

"L'homme et sa sécurité doivent constituer la première préoccupation de toute aventure technologique"

Albert EINSTEIN

TABLE DES MATIERES

LISTE DES FIGURES	ix
LISTE DES TABLEAUX	xii
INTRODUCTION GENERALE	1

CHAPITRE I :

GÉNÉRALITÉS

I.1 Présentation de la raffinerie d'Arzew.....	2
I.2 Présentation des principales installations de RA1Z.....	4
I.2.1 Zone 03 et zone 19 (les Utilités de P1 et P2).....	4
I.2.2 Zone 04 (production de carburants).....	5
I.2.3 Zone 07(P1) / Zone 05(P2) (production de lubrifiants).....	5
I.2.4 Zone 06.....	7
I.2.5 Zone 10.....	7
I.2.6 Zone 09.....	7
I.2.7 Zone 11, 12,13.....	7
I.2.8 Zone 16.....	7
I.2.9 Zone 17.....	7
I.2.10 Zone 18.....	7
I.2.11 Zone 24.....	7
I.2.12 Zone 25.....	7
I.2.13 Zone 26.....	7
I.2.14 Zone 27 (unité 1800).....	8
I.2.15 Zone 28.....	8
I.2.16 Zone 29.....	

I.2.17 Zone 31.....	8
I.3 Composition du pétrole brut.....	10

CHAPITRE II :

DESCRIPTION DE L'UNITÉ TOPPING U11

Introduction.....	12
II.1 Description générale de l'unité Topping U11.....	12
II.1.1 Section de préchauffage.....	12
II.1.2 Section de distillation atmosphérique.....	13
II.1.2.1 Récupération du BRA.....	14
II.1.2.2 Récupération du HGO et LGO.....	14
II.1.2.3 Récupération du kérosène.....	14
II.1.2.4 Récupération du GPL, HSLN et LSRN.....	15
II.1.2.4.1 Récupération des vapeurs de tête.....	15
II.1.2.4.2 Section de stabilisation.....	15
II.2 Itinéraire des sous produits.....	16
II.3 Description du four 11-F1.....	16
II.3.1 Chauffage.....	16
II.3.2 Utilités.....	18
II.3.2.1 Fuel gaz.....	18
II.3.2.2 Electricité.....	19
II.3.3 Opérations.....	19
II.3.3.1 Procédures particulières.....	19
II.3.3.2 Procédure de démarrage.....	19
II.3.3.3 Procédure d'arrêt d'urgence.....	20
Conclusion.....	20

CHAPITRE III :

PRÉSENTATION DES POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AU CHAUFFAGE DU FOUR 11-F1

Introduction.....	22
III.1 Potentiels de dangers liés aux produits mis en œuvre.....	22
III.2 Potentiels de dangers liés au chauffage du four 11-F1.....	22
III.2.1 Conditions opératoires.....	22
III.2.2 Potentiels de dangers liés aux utilités.....	23
III.2.2.1 Alimentation en fuel gaz.....	23
III.2.2.2 Alimentation électrique.....	23
III.2.2.3 Alimentation en vapeur stripping.....	23
III.3 Historique du retour d'expérience.....	23
III.3.1 Accident passé survenu sur le four 11-F2 de l'unité Topping U11, 2010.....	23
III.3.2 Accident passé survenu sur le four 100-F1 de la Raffinerie de Skikda RA1/K, 3 Janvier 2013.....	25
III.3.2.1 Description de la raffinerie de Skikda.....	25
III.3.2.2 Déroulement	25
Conclusion.....	26

CHAPITRE IV:

ANALYSE DES RISQUES LIÉS AU FOUR 11-F1

Introduction.....	28
IV.1 Identification des risques liés au four 11-F1 par la méthode HAZOP.....	28
IV.2 Scénarios retenus pour la modélisation	35
IV.3 Modélisation des scénarios par le logiciel Arbre Analyste.....	35
IV.3.1 1 ^{er} scénario : Explosion du tube de pétrole brut.....	35
IV.3.1.1 Résultats de la modélisation expérimentale.....	36

IV.3.1.1.1 Analyse de la courbe du manque de fiabilité du système.....	37
IV.3.1.1.2 Analyse du tableau IV.3.....	38
IV.3.1.2 Résultats de la modélisation réelle.....	39
IV.3.1.2.1 : Analyse de la courbe du manque de fiabilité du système.....	40
IV.3.1.2.2 Analyse du tableau IV.6.....	41
IV.3.1.3 Comparaison.....	41
IV.3.1.3.1 La probabilité de défaillance du four 11-F1.....	41
IV.3.1.3.2 System unreliability (Manque de fiabilité).....	41
IV.3.1.3.3 Les coupes minimales.....	42
IV.3.1.3.4 Le CIF (Facteurs d'Importance Critique).....	42
IV.3.1.4 Interprétation des résultats.....	42
IV.3.2 2 ^{ème} scénario : Explosion du nuage de fuel gaz à l'intérieur de la chambre de combustion.....	42
IV.3.2.1 Résultats de la modélisation expérimentale.....	43
IV.3.2.1.1 : Analyse de la courbe du manque de fiabilité du système.....	44
IV.3.2.1.2 Analyse du tableau IV.9.....	44
IV.3.2.2 Résultats de la modélisation réelle.....	46
IV.3.2.2.1 : Analyse de la courbe du manque de fiabilité du système.....	47
IV.3.2.2.2 Analyse du tableau IV.12.....	47
IV.3.2.3 Comparaison.....	48
IV.3.2.3.1 La probabilité de défaillance du four 11-F1.....	48
IV.3.2.3.2 Les coupes minimales.....	48
IV.3.2.3.3 Le CIF (Facteurs d'Importance Critique).....	49
IV.3.2.4 Interprétation des résultats.....	49
IV.3.3 3 ^{ème} scénario : Suppression du four 11-F1.....	49
IV.3.3.1 Résultats de la modélisation expérimentale.....	50
IV.3.3.1.1 : Analyse de la courbe du manque de fiabilité du système.....	51

IV.3.3.1.2 Analyse du tableau IV.15.....	51
IV.3.3.2 Résultats de la modélisation réelle.....	53
IV.3.3.2.1 : Analyse de la courbe du manque de fiabilité du système.....	54
IV.3.3.2.2 Analyse du tableau IV.18.....	55
IV.3.3.3 Comparaison.....	55
IV.3.3.3.1 Probabilité de défaillance du four 11-F1.....	55
IV.3.3.3.2 System unreliability (Manque de fiabilité).....	55
IV.3.3.3.3 Les coupes minimales.....	56
IV.3.3.3.4 Le CIF (Facteurs d'Importance Critique).....	56
IV.3.3.4 Interprétation des résultats.....	56
IV.3.4 4 ^{ème} scénario : Retour de flamme à l'entrée des bruleurs.....	56
IV.3.4.1 Résultats de la modélisation expérimentale.....	57
IV.3.4.1.1 : Analyse de la courbe du manque de fiabilité du système.....	58
IV.3.4.1.2 Analyse du tableau IV.21.....	59
IV.3.4.2 Résultats de la modélisation réelle.....	61
IV.3.4.2.1 : Analyse de la courbe du manque de fiabilité du système.....	62
IV.3.4.2.2 Analyse du tableau IV.24.....	63
IV.3.4.3 Comparaison.....	64
IV.3.4.3.1 Probabilité de défaillance du four 11-F1.....	64
IV.3.4.3.2 System unreliability (Manque de fiabilité).....	64
IV.3.4.3.3 Les coupes minimales.....	64
IV.3.4.3.4 Le CIF (Facteurs d'Importance Critique).....	64
IV.3.4.4 Interprétation des résultats.....	64
IV.4 Simulation réelle des scénarios par le logiciel AgenaRisk.....	65
IV.4.1 Simulation des probabilités d'occurrence des événements des sommets arbres.....	65
IV.4.1.1 Simulation des Scénarios.....	65
IV.4.1.1.1 Simulation de l'explosion du tube de pétrole brut.....	66

IV.4.1.1.2 Simulation de l'explosion du nuage de fuel gaz.....	67
IV.4.1.1.3 Simulation de la surpression du four 11-F1.....	68
IV.4.1.1.4 Simulation du retour de flammes.....	69
IV.4.1.2 Interprétation des résultats.....	70
IV.4.2 Simulation des défiabilités totales des maillons faibles du système.....	70
IV.4.2.1 Simulation des scénarios.....	70
IV.4.2.1.1 Simulation de l'explosion du tube de pétrole brut.....	71
IV.4.2.1.2 Simulation de l'explosion du nuage de fuel gaz.....	72
IV.4.2.1.3 Simulation de la surpression du four 11-F1.....	73
IV.4.2.1.4 Simulation du retour de flammes.....	74
IV.4.2.2 Interprétation des résultats.....	75
IV.5 Matrice d'évaluation des risques.....	75
Synthèse et évaluation.....	76
CONCLUSION GENERALE.....	78
ANNEXES.....	79
REFERENCES BIBLIOGRAPHYQUES.....	88

LISTE DES FIGURES

I.1: Vue de Google Earth de la raffinerie d'Arzew.....	2
I.2: Haoud El Hamra.....	3
I.3: Situation géographique de la Raffinerie d'Arzew dans la zone industrielle.....	3
I.4: Plan de masse de la raffinerie d'Arzew RA1/Z.....	4
I.5: Pétroles bruts.....	10
I.6: Molécule linéaire - Molécule cyclique - Molécule raffinée.....	11
II.1: Schéma présentatif de l'unité TOPPING (U11).....	13
II.2: Schéma présentatif de la colonne de distillation atmosphérique (U11).....	14
II.3: Schéma présentatif de la section de stabilisation (U11).....	16
II.4: Schéma présentatif du four 11-F1 (U11).....	17
II.5: schéma présentatif d'un bruleur du four 11-F1 (U11).....	17
II.6: Schéma présentatif du ballon de mélange (U35).....	18
III.1: Schéma présentatif du four rebouilleur 11-F2 (U11).....	24
III.2: Situation géographique de la raffinerie de Skikda RA1/K.....	25
III.3: Explosion du four 100-F1, 3 Janvier 2013.....	26
IV.4: Modélisation expérimentale de l'arbre réduit.....	36
IV.5: Courbe du manque de fiabilité du système.....	37
IV.6: Modélisation réelle de l'arbre réduit.....	39
IV.7: Courbe du manque de fiabilité du système.....	40
IV.10 : Modélisation expérimentale de l'arbre réduit.....	43
IV.11: Courbe du manque de fiabilité du système.....	44
IV.12: Modélisation réelle de l'arbre réduit	46
IV.13: Courbe du manque du manque de fiabilité du système.....	47
IV.17: Modélisation expérimentale de l'arbre réduit.....	50

IV.18: Courbe du manque de fiabilité du système.....	51
IV.19: Modélisation réelle de l'arbre réduit.....	53
IV.20: Courbe du manque de fiabilité du système.....	54
IV.21: Modélisation expérimentale de l'arbre réduit.....	57
IV.22: Courbe du manque de fiabilité du système.....	58
IV.23: Modélisation réelle de l'arbre réduit.....	61
IV.24: Courbe du manque de fiabilité du système.....	62
IV.25: Simulation à priori de l'explosion d'un tube de pétrole brut.....	66
IV.26: Simulation à priori de l'explosion d'un nuage de fuel gaz.....	67
IV.27: Simulation à priori de la surpression du four 11-F1.....	68
IV.28: Simulation à priori du retour de flammes.....	69
IV.29: Simulation à postériori de l'explosion du tube de pétrole brut.....	71
IV.30: Simulation à postériori de l'explosion d'un nuage de fuel gaz.....	72
IV.31: Simulation à postériori de la surpression du four 11-F1.....	73
IV.32: Simulation à postériori du retour de flammes à l'entrée des brûleurs.....	74
IV.33: Matrice d'évaluation des risques.....	76

LISTE DES TABLEAUX

II: Composition du fuel gaz.....	19
III: Caractéristiques physico-chimiques du fuel gaz et du pétrole brut.....	22
IV.1: Tableau HAZOP.....	29
IV.3: Résumé exécutif.....	37
IV.4: CIF (Facteurs d'Importance Critique).....	38
IV.5: Coupes minimales et leurs ordres.....	38
IV.6: Résumé exécutif.....	40
IV.7: Facteurs d'importance.....	41
IV.8: Coupes minimales et leurs ordres.....	41
IV.9: Résumé exécutif.....	44
IV.10: CIF (Facteur d'Importance Critique).....	45
IV.11: Coupes minimales et leurs ordres.....	45
IV.12: Résumé exécutif.....	47
IV.13: CIF (Facteur d'Importance Critique).....	48
IV.14: Coupes minimales et leurs ordres.....	48
IV.15: Résumé exécutif.....	51
IV.16: CIF (Facteurs d'Importance Critique).....	52
IV.17: Coupes minimales et leurs ordres.....	52
IV.18: Résumé exécutif.....	54
IV.19: CIF (Facteurs d'Importance Critique).....	55
IV.20: Coupes minimales et leurs ordres.....	55
IV.21: Résumé exécutif.....	58
IV.22: CIF (Facteurs d'Importance Critique).....	59
IV.23: Coupes minimales et leurs ordres.....	59

IV.24: Résumé exécutif.....	62
IV.25: CIF (Facteur d'Importance Critique).....	63
IV.26: Coupes minimales et leurs ordres.....	63

INTRODUCTION GÉNÉRALE

De nombreux accidents se sont produits récemment sur des fours industriels qui ont des rendements énergétiques élevés, surtout ceux liés au procédé de raffinage du pétrole brut, comme c'est le cas de l'explosion du four 11-F2 de la raffinerie d'Arzew en 2010 ou encore celui de l'explosion du four 100-F1 de la raffinerie de Skikda le 3 Janvier 2013, générant ainsi des phénomènes dangereux tels que l'effet de souffle susceptible d'induire des effets de flexion et/ou cisaillement dans les structures de l'entreprise, éventuellement de compression pour le corps humain et de propulsion de projectiles associés à des effets thermiques.

Malgré toutes les mesures prises, on n'arrive toujours pas à éviter des accidents majeurs similaires, donc le but de ce travail est de faire une étude d'analyse des risques relatifs au four de l'unité de distillation atmosphérique du pétrole brut de la raffinerie située dans la zone industrielle d'Arzew visant ainsi à sélectionner toutes les défaillances à fin de les prendre en charge à temps et ainsi améliorer la fiabilité du four 11-F1.

Pour cela, nous allons d'abord décrire le procédé de raffinage du pétrole brut avant de décrire le four 11-F1, sujet de notre étude.

Une étude sur les retours d'expériences vécues sera donnée pour en tirer les causes et prendre les enseignements, suivi préalablement par la méthode inductive HAZOP (analyse de risques et de sécurité de fonctionnement) afin d'identifier les scénarios pouvant se produire sur le four 11-F1 et qui méritent d'être retenus pour une analyse par l'ADD (Arbre de Défaillances) en utilisant le logiciel Arbre Analyste.

Dans un second temps, nous allons faire la simulation de ces scénarios par utilisation du logiciel AgenaRisk.

Enfin nous allons déterminer le niveau d'acceptabilité ou non acceptabilité du risque associé à chaque scénario en fonction de sa gravité et de sa probabilité d'occurrence.

CHAPITRE I :

GÉNÉRALITÉS

I.1 Présentation de la Raffinerie d'Arzew RA1/Z :

Dans l'Aval pétrolier et gazier, le groupe Sonatrach exploite un actif important de complexes industriels comme la raffinerie d'Arzew RA1/Z.

La raffinerie d'Arzew RA1/Z a été construite dans le cadre du 1^{er} plan quadriennal durant la période 1970-1975, par la compagnie pétrolière japonaise « JAPON GAZOLINE CORPORATION ».

C'est la 3^{ème} plus grande raffinerie en Algérie après celles d'Alger et de Hassi Messaoud.

Elle s'étant sur une superficie de 170 hectares comme le montre la figure ci-dessous :



Figure I.1: Vue de Google Earth de la raffinerie d'Arzew

Elle traite 3,5 millions de tonnes de pétrole brut Saharien par an et 280 000 tonnes de BAI (Brut Réduit Importé).

Avec le pétrole brut Saharien, elle produit le propane, le butane, l'essence Super et normale qui servent de carburants, le naphtha, le kérosène, le gasoil pour les moteurs diesel, le fuel BTS, le fuel HTS, les lubrifiants, les graisses, les paraffines et avec les BRA (Brut Réduit Atmosphérique) elle produit les bitumes routiers pour faire les routes et les bitumes oxydés pour l'étanchéité des plafonds.

Le pétrole brut Saharien provient de la base de Sonatrach à Haoud El Hamra qui est un village de la commune de Hassi Messaoud, située dans la province de Ouargla, en Algérie comme le montre les deux figures suivantes :



Figure I.2: Haoud El Hamra

La Raffinerie d'Arzew RA1/Z est située dans la zone industrielle d'Arzew sur le plateau d'EL MOHGOUN à deux kilomètres de la ville d'Arzew et à environ 40 kilomètres de la ville d'Oran et au voisinage du port qui lui permet les enlèvements par bateau comme le montre la figure ci-après :

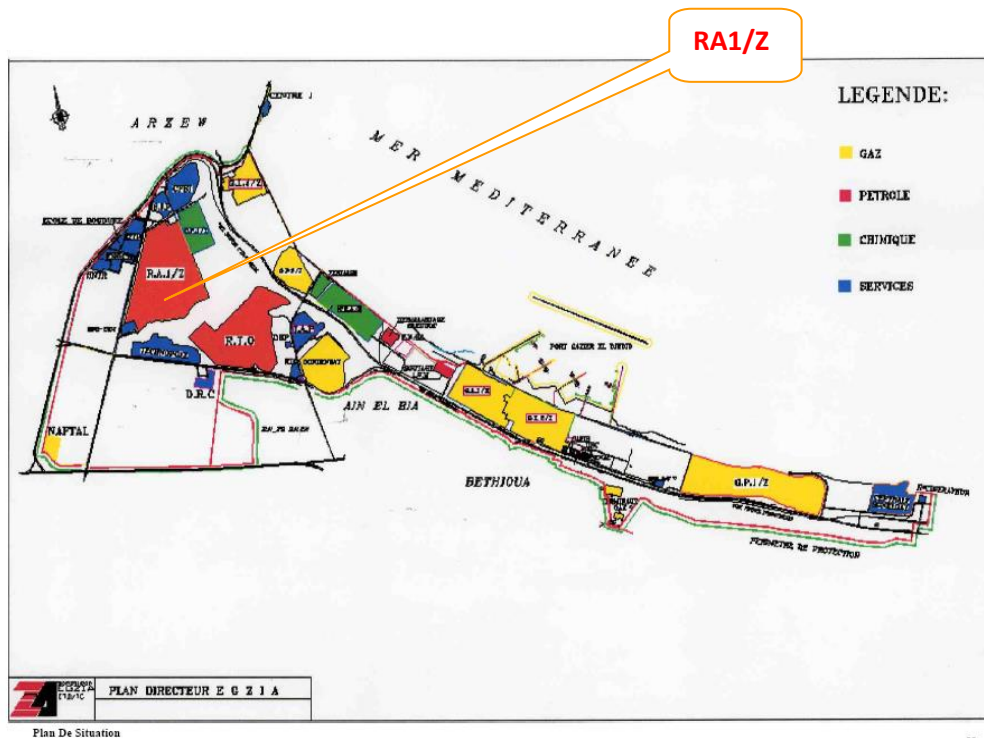


Figure I.3: Situation géographique de la Raffinerie d'Arzew dans la zone industrielle

Le complexe RA1/Z est divisé en 2 parties, presque la totalité de la partie Nord/Ouest est réservée au stockage des produits finis, intermédiaires et pétrole brut.

Quand à la partie Nord/Est, elle est réservée principalement à la production des utilités en zone 3, des bitumes routiers et oxydés en zone 10, des lubrifiants en zone 6 et enfin des carburants en zone 4 comme le montre la figure suivante :

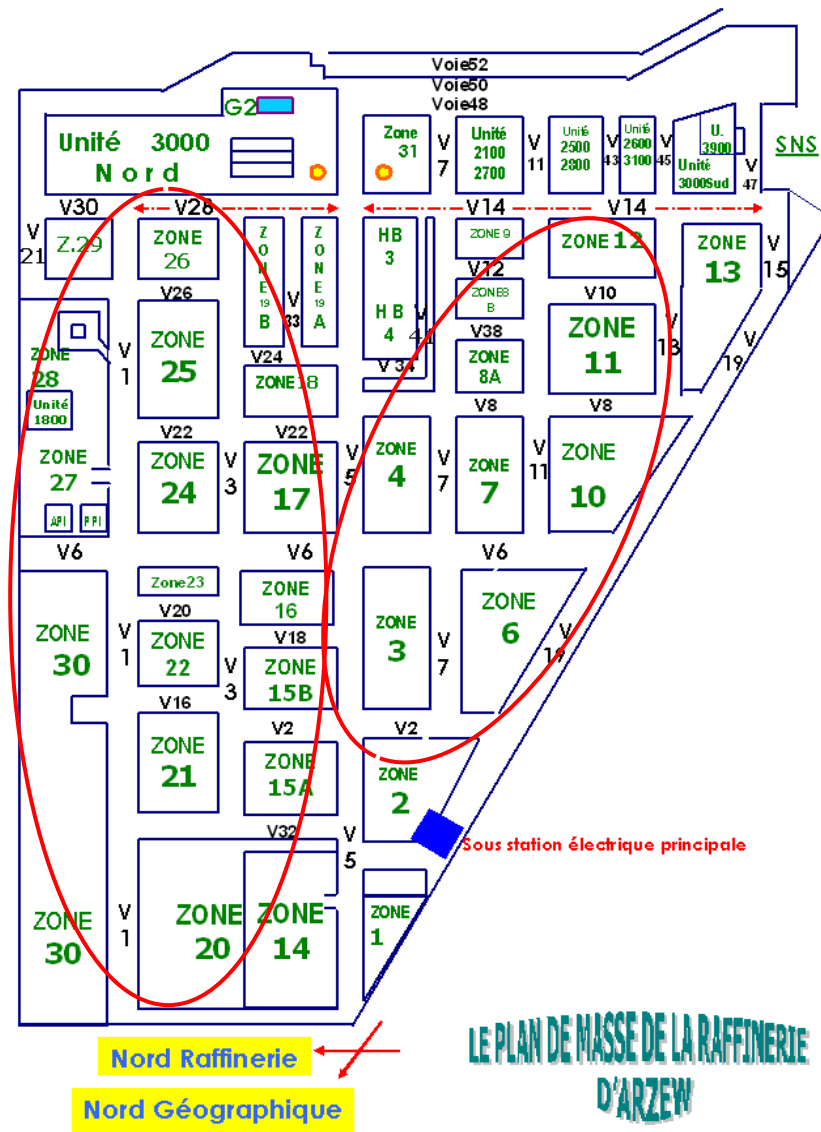


Figure I.4: Plan de masse de la raffinerie d'Arzew RA1/Z

La zone 4 est le poumon de la raffinerie d'Arzew car c'est là où a lieu le procédé de raffinage du pétrole brut dans l'unité Topping U11 mais avant de la décrire il est important de définir la composition du pétrole brut, par la suite nous allons savoir pourquoi.

I.2 Présentation des principales installations de RA1/Z :

I.2.1 Zone 03 et zone 19 (les Utilités de P1 et P2) :

Les utilités assurent les besoins du process de la raffinerie (production et distribution) en : Eau distillée (deminéralisée pour zone 19), vapeur, électricité, air comprimé (de service et d'instruments), eau de refroidissement (après traitement), gaz de combustion (après

traitement), gaz inerte, eau potable, et assure le traitement des eaux usées (Zone 19 unité 1800).

I.2.2 Zone 04 (production de carburants) :

C'est le point de départ du process de raffinage du pétrole brut de HMD.

- Unité 11(distillation atmosphérique) :

Elle a pour rôle la séparation par distillation atmosphérique des différents composants contenus dans le pétrole selon leurs densités, du plus léger au plus lourd. Il s'agit ;

- Du gaz de pétrole liquéfié (GPL).
- Du naphta léger LSRN (Light Straight Run Naphta).
- Du naphta lourd HSRN (Heave Straight Run Naphta).
- Du kérosène.
- Des gasoils légers (LGO).
- Des gasoils lourds (HGO).
- Du résidu atmosphérique(BRA).

- Unité 12(Reforming catalytique) :

Elle traite le naphta lourd (HSRN) provenant de la distillation atmosphérique dans le but de produire une base à indice d'octane élevé (reformat), du GPL, et un gaz riche en hydrogène.

- Unité 13(traitement du gaz) :

Elle traite le GPL obtenu de l'unité 11 , 12 et 17 en le séparant en produits purs, tel que le propane et le butane (C₃H₈ , C₄H₁₀) .

- Unité 17 (Hydrotraitement et Penex (Hydrotraitement et isomérisation du naphta léger)) :

Elle traite le naphta léger (LSRN) provenant de la distillation atmosphérique, permettant l'amélioration de l'indice d'octane d'essence légère contenant des hydrocarbures en C₅et C₆, non traitables par le reformage catalytique.

- Unité 18 (l'unité du système de l'huile chaude) :

Circuit est de fournir de la chaleur pour les unités suivantes: Unité 11 et l'unité 17.

I.2.3 Zone 07(P1) / Zone 05(P2) (production de lubrifiants) :

- Distillation sous vide (U 21 / U 100) :

Le brut réduit atmosphérique (BRA) est fractionné dans cette unité sous vide, afin d'obtenir les coupes nécessaires à la production des huiles de base (semi-finis). Ces coupes sont :

- Au sommet on obtient les gasoils (VGO).
- Latéralement on soutire les huiles (SPO (spindle), l'huile mi-visqueuse (MVO) et l'huile visqueuse (VO).
- Au fond de colonne on aura le résidu court sous vide, le Short Résidus (RSV).

- Unité 150 :

Cette unité fournit la chaleur (caloporteur) pour réchauffer les unités 200, 300, 400 de P2. En utilisant principalement le four H151.

- **Desasphaltage au propane (U 22 / U 200) :** le short résidus venant de la distillation sous vide, est traité avec un solvant sélectif qui est le propane, afin d'éliminer l'asphalte et obtenir l'huile DAO, qui alimentera l'unité 23 / unité 300. elle inclut les étapes suivantes :
 - Mélange charge (RSV) et propane.
 - extraction de l'huile désasphalté DAO.
 - Extraction de l'asphalte.
 - Récupération du propane.
- **Extraction au furfural (U 23 / U300) :** Elle a pour rôle l'élimination des aromatiques et des naphènes afin d'améliorer le VI (indice de viscosité) des huiles (spindle, MVO, VO, DAO). Elle comprend les étapes suivantes :
 - La désaération (évite l'oxydation du solvant en éliminant l'air dans la charge).
 - L'extraction.
 - La récupération du raffinat .
 - La récupération de l'extrait (solvant mélangé aux aromatiques).
 - La récupération du solvant.Quatre raffinats sont ainsi obtenus : spindle, mi-visqueux (SAE 10), visqueux (SAE 30) et la Bright stock.

- **Déparaffinage des huiles au Mectoluène, et déshuilage (U24 / U400) :** Le mec-toluène (méthyle éthyle cétone et toluène) est utilisé comme solvant sélectif pour les 4 coupes d'huiles à déparaffiner, afin d'éliminer les paraffines, et pour améliorer le point d'écoulement (même point d'écoulement à n'importe qu'elle période de l'année, surtout en temps d'hiver).elle comprend les étapes suivantes :
 - mélange charge / solvant
 - refroidissement du mélange à $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$ (batteries de réfrigération au propane (shilers)).
 - filtration entre paraffine cristallisée et huile déparaffinée, en utilisant des filtres rotatif sous vide créer par les compresseurs de gaz inerte.
 - récupération du solvant par filtration

En aura enfin l'huile déparaffinée (DO) d'un coté et de la paraffine dure, et molle déshuilée (amélioration de sa consistance et de son point de fusion) d'un autre.

La paraffine non déshuilée est aspirée par pompage, tout en étant réchauffée par vapeur (3kg/cm^2) à 60°C , afin de faciliter le pompage.

- **L'hydrofinishing (U25 / U500) :** Les huiles déparaffinées sont traitées alternativement à l'hydrogène dans un réacteur contenant un catalyseur à base de fer, de cobalt, et de molybdène (enlever le soufre, l'azote, oxygéné etc..) , Afin d'améliorer la couleur ,

l'odeur, la stabilité thermique et la résistance à l'oxydation. En obtient l'huile de base BO.

- **L'hydrofinishing des paraffines (U600)** : comme pour les huiles, dans cette unité on améliore la paraffine cote couleur, odeur, stabilité thermique, et résistance à l'oxydation par l'utilisation de l'hydrogène à travers un catalyseur.

I.2.4 Zone 06 :

C'est la production (formulation) et le conditionnement des huiles finis et de graisse à partir de la zone 7 en ajoutant des additifs importés.

I.2.5 Zone 10 :

Production de bitumes routier et bitumes d'étanchéité (bitumes oxydé).

- **Unité 14 (flashe sous vide)** : le BRI et l'asphalte récupérés des unités de désasphaltage au propane, sont fractionnés en gasoils sous vide, et en un produit visqueux obtenu en fond de colonne, lequel est traité dans la section soufflage à l'air pur, pour obtenir du bitume routier (avec contrôle de sa dureté et son point de ramollissement).
- **Unité 15** : on pousse l'oxydation de la charge (bitume routier + gasoil) afin d'obtenir du bitume oxydé, conditionné dans des sacs de 25 Kg

I.2.6 Zone 09 : stockage du résidu atmosphérique dans 2 bacs.

I.2.7 Zone 11, 12,13 : stockage du brut de hassi-messaoud ;

- 3 bacs de 60000 T.

- 2 bacs de 50000 T.

I.2.8 Zone 16 : - stockage eau brut pour incendie ; 1 bac de 30000 T

- stockage du naphta ; 2 bacs de 30000 T

- stockage du naphta ; 2 bacs de 10000 T

I.2.9 Zone 17 : - stockage du kérosène ; 2 bacs de 10000 T, 2 bacs de 20000

- stockage d'essences de 1ere distillation ; 2 bacs.

I.2.10 Zone 18 : stockage du fuel pour mélange ; 5 bacs de 5000 T

I.2.11 Zone 24 : stockage de gasoils ; 7 bacs.

I.2.12 Zone 25 : stockage de fuel ; 6 bacs .

I.2.13 Zone 26 : stockage de GPL ;

- 1 sphère de propane destinée aux unités lubrifiants et au marché.
- 3 sphères de butanes destinées au mélange de GPL.
- 2 sphères de butanes commerciales.

I.2.14 Zone 27 (unité 1800) : récupération des eaux usées ; 2 bassins de séparation et de décantation physique.

I.2.15 Zone 28 : zone d'expédition des produits finis (ajouts d'additifs, couleurs, odeurs,...

I.2.16 Zone 29 : stockage du brut réduit importé.

I.2.17 Zone 31 : contient deux torches (P1 et P2).

18- unité 3000 : elle comporte les unités suivantes ;

- **Unité 3100 production des huiles finis :**

a) but : elle est destinée à fabriquer des huiles finis à partir des huiles de base fabriquées dans les unités 100 à 500 et des additifs importés. (Production de 132000 t/an pour une quantité de 10% d'additifs).

b) Grades d'huiles fabriquées : 1) huiles moteurs 81% de la production (essence, diesel, huiles pour transmission). 2) huiles industrielles [hydraulique (tiska), turbines (torba), engrenage (fodda), compresseur (torrada), et huiles divers].

L'unité utilise 2 méthodes de préparation ;

- 1) mélange en continu (mélangeuse en ligne).
- 2) mélange en discontinu (batch).

c) Mélange en continu : composé de 3 mélangeuses associées à 3 groupes de bacs de stockages des huiles finis, qui par la suite seront conditionnées en fus, ou expédiés en vrac. Les 3 mélangeuses fabriquent les 3 catégories d'huiles moteurs avec 3 additifs (livrés en vrac, ou conditionnés en fus et stockés dans 9 bacs. Une pré dilution des additifs destinés aux mélangeuses en ligne dans le ballon de pré mélange, en cas de forte viscosité des additifs, stockage avant utilisation, additifs en faible proportion pour être dosés directement.

Centrifugeuse ; l'huile finie présentant parfois des traces d'eau (mauvais pour la commercialisation) doit être déshydratée dans un ensemble composé de 3 centrifugeuses disposées à la sortie de la mélangeuse en ligne.

d) Mélange en discontinu (batch) : conçus pour la fabrication des huiles industrielles (2300 t/an).

On utilise pour ce mélange, 12 ballons divisés en 4 groupes, selon le grade d'huile finie à produire (évite problème de contamination).le remplissage d'huile est contrôlé par le 31FQI 101, qui commande la fer/ouv de la vanne auto, en amont du séparateur et la pompe P3105(la consigne de prédétermination égale la valeur indiquée). L'ajout des additifs est comptabilisé par le 31FQI 010. le remplissage des additifs en fus se fait par le trous d'homme.

- **Unité 3200 fabrication des graisses** : elle utilise 3 étapes.

a) **saponification** : un produit gras (glycéride) en contact avec un alcali, forment un savon. Le linci est utilisé pour épaissir l'huile (SAE30+Bride stocke), et donne au produit la consistance de la graisse.

b) **déshydratation** : on soutire l'eau du mélange savon huile sous vide.

c) **finissage** : on mélange dans le savon déshydraté des additifs et du reste d'huile minérale.

- **Unité 3300** : elle est conçus pour le démoulage de la paraffine provenant de l'U600. la paraffine est introduite dans le skid (par P 2601/2) depuis TK2601/2 à 80°C, puis pénètre dans la section de réfrigération à temp° (-15 °c)au propane. Ensuite elle est démoulée en pain de 5 kg, et conditionnés ensuite dans des cartons de 25 kg
Equipement ; - skid de maintient de temp° à 80°C

- chaîne pour véhiculer la paraffine
- réfrigération afin de baisser la temp° de la paraffine à 20 – 25 °c

- **Unité 3400/3500/3600** : assure le conditionnement des huiles finis

- **Unité 3700** : structure implantée à l'ISP, son rôle consiste :

- Au déchargement des additifs importés des navires.
- Aux suivis des bacs de stockage (contrôle de temp°, niveau, pression, etc.)
- Au transfert des additifs vers RA1z par camions citerne.
- Au chargement d'huiles de base dans les navires.

- **Unité 3900** : réalisée en 1997 elle assure le conditionnement et remplissage des huiles finis en jerrycans de (2L/5L) et de la graisse dans des pots de 1 Kg Elle comporte :

a) **Les utilités** : incluant un ensemble de transfos d'électricité, 2 compresseurs d'air (atlas-copco), d'un système de refroidissement, et de silos de stockage de matière première (PEHD).

b) **Les machines** : les machines à soufflage, à injection, de remplissage, de capsulage, d'étiquetage, de la mise en ballots, et de palettisation (palettiseuse + filmeuse).ainsi que l'ensemble des éléments nécessaires à la conversion d'une ligne de 2 l en 5 l, et les bacs de stockage intermédiaires de bidons.

Fonctionnement : le chargement des silos en PEHD s'effectue à partir de la station de crève sacs (par un système de pompes de vide). La matière 1^{ere} est aspirée vers les machines de soufflage pour la fabrication de bidon d'huiles et boite de graisse, et vers les machines d'injection pour la fabrication des bouchons et sous bouchons. Les carottes et rebuts sont entièrement récupérables grâce aux broyeurs.

Les bidons passent après le soufflage, par le système intégré pour le control d'étanchéité, après être remplis , ils sont capsulés, étiquetés, mis en ballots, palettisés, et enfin stockés.

L'ensemble des machines et équipements étant complètement automatisé, a permis d'amélioré la qualité de l'emballage (bonne étanchéité, et un résistance permettant le gerbage des ballots sur des palettes), et permis aussi d'arriver à un taux de production jamais égalé par les unités précédentes.

I.3 Composition du pétrole brut :

Le pétrole brut n'est pas nécessairement noir et visqueux tout dépend de sa composition qui varie en fonction de l'endroit où il provient (nature du gisement) comme le montre la figure ci-après :



- | | | |
|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| 1 : Sourakhany (Caucase) | 5 : Parentis (France) | 9 : Santa Barbara (USA) |
| 2 : Arabian light (moyen-Orient) | 6 : Mimizan (France) | 10 : Boscan (Venezuela) |
| 3 : Barrow Island (Australie) | 7 : Arabian heavy (moyen-Orient) | 11 : Altamout (Utah, USA) |
| 4 : Brent (Mer du Nord) | 8 : Pensylvanie (USA) | 12 : Minas (Sumatra) |

Figure I.5: Pétroles bruts

Ces pétroles sont tous constitués d'hydrocarbures, de molécules, d'assemblages de carbone et d'hydrogène, pourtant ces molécules ne sont pas toutes identiques, certaines sont linéaires, d'autres sont cycliques, d'autres sont raffinées comme le montre la figure ci-dessous :

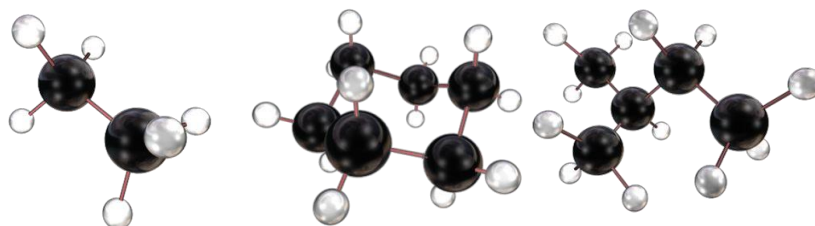


Figure I.6: Molécule linéaire - Molécule cyclique - Molécule raffinée

Surtout elles n'ont pas le même poids, ce poids vari en fonction de la quantité de carbone, plus il y'a de carbone, plus c'est lourd et en fonction de la quantité de carbone les propriétés ne sont pas les mêmes, donc il faut trier ces hydrocarbures.

Et le tri commence dans la colonne de distillation atmosphérique de l'unité Topping (U11).

CHAPITRE II :

DESCRIPTION DE L'UNITÉ TOPPING U11

Introduction :

Dans ce chapitre nous allons d'abord décrire la localisation ainsi que l'environnement autour du four 11-F1, en outre nous allons décrire l'unité Topping (U11) qui a pour but la séparation des fractions d'hydrocarbures contenues dans le pétrole brut les unes des autres selon leurs températures moyennes d'ébullition, et nous citerons les produits soutirés, puis nous attaquerons la description du four, c.à.d. l'installation sur laquelle est basée notre étude, ainsi que les utilités nécessaires à son bon fonctionnement, les procédures particulières, les procédures de démarrage et les procédures d'arrêt d'urgence liés au four 11-F1.

II.1 Description générale de l'unité Topping (U11) :

II.1.1 Section de préchauffage :

A partir des bacs de stockage, le pétrole brut à température ambiante et pression atmosphérique passe par un filtre pour enlever toutes les impuretés, puis il est refoulé par la pompe 11-G1 A/B, dans le train d'échangeurs de chaleur où il se préchauffe dans le côté tube des échangeurs.

A la sortie des échangeurs, sa température est à 120 °C et sa teneur en sel est toujours élevée il entre alors dans le dessaleur afin de diminuer la teneur en sel susceptible de corroder les tubes du four 11-F1.

Les sels les plus souvent trouvés sont les chlorures de sodium, le calcium et le magnésium.

Selon les caractéristiques du brut à dessaler, la température optimale de dessalage sera dans la gamme de 90 à 150°C.

Après ça il traverse une deuxième batterie d'échangeurs, la température augmente jusqu'à 216°C.

Puis il entre dans le ballon de détente 11-D1 (le ballon de pré-flash ou le ballon séparateur) où la pression de service est de 3,1 kg/cm².

A ce moment là, l'effluent est flashé, les vapeurs sont évacuées en tête du ballon et sont par la suite intégrées directement dans la colonne de distillation atmosphérique tandis que la phase liquide entre dans le four 11-F1 et ce afin de lui fournir toute la chaleur nécessaire permettant de le fractionner dans la colonne de distillation atmosphérique.

Le liquide est porté à une température de l'ordre de 332°C, à cette température il aura tendance à se vaporiser.

Au final, il quitte alors le four 11-F1 pour rejoindre la phase vapeur dans la colonne de distillation atmosphérique comme il est illustré dans la figure ci-dessous :

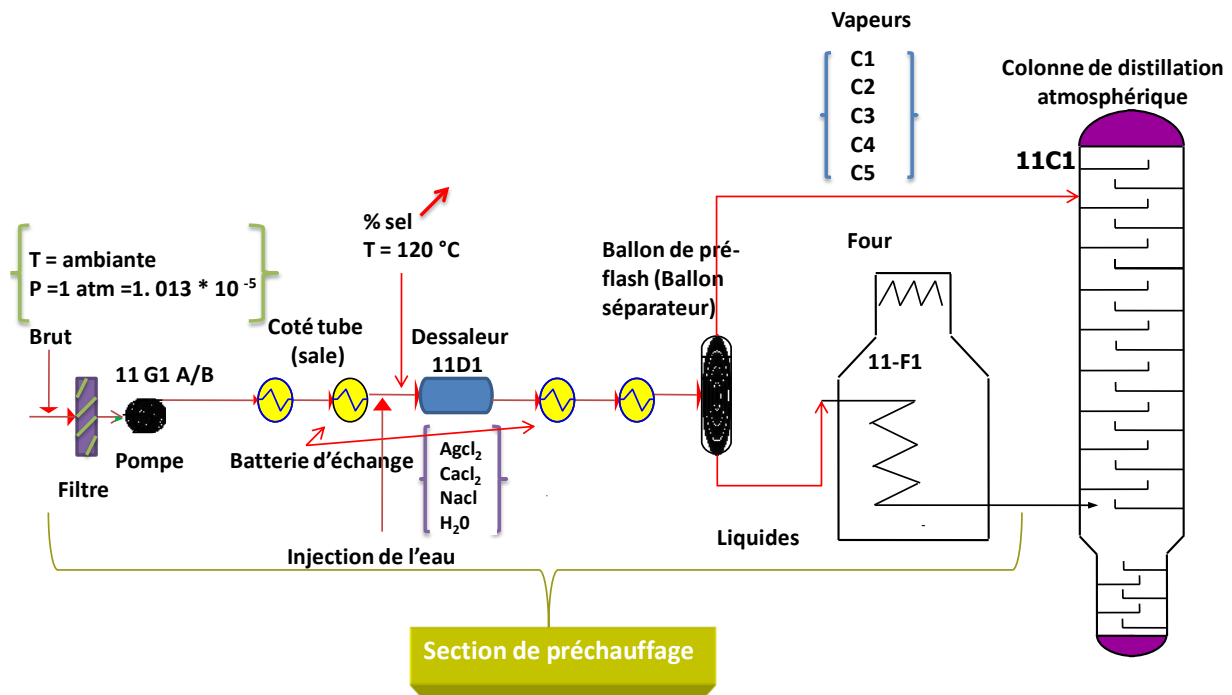


Figure II.1: Schéma présentatif de l'unité TOPPING (U11)

II.1.2 Section de distillation atmosphérique :

Dans n'importe quelle raffinerie du pétrole brut on utilise une colonne de distillation atmosphérique à plateaux.

La colonne 11-C1 est la pièce principale de l'unité de distillation atmosphérique. Elle comprend 49 plateaux à clapets où le pétrole brut vient se détendre.

Au fur et à mesure que les vapeurs d'hydrocarbures montent dans la tour, la température diminue, et en refroidissant elles se condensent à des températures différentes en fonction de leurs poids permettant ainsi de faire le tri.

Le BRA, l'hydrocarbure le plus lourd descend au fond de la colonne tandis que les vapeurs plus légères montent naturellement dans la tour.

Les vapeurs sont fractionnées en un produit léger de tête et de plusieurs soutirages latéraux par ordre de volatilité croissante.

On va donc récupérer le BRA au fond de la colonne, au dessus le HGO (naphta lourd) au niveau du plateau n°37, entre les plateaux n°30 et 31 le LGO (naphta léger), ensuite au plateau n°14 le kérosène et enfin la coupe naphta en tête de la colonne.

Le résidu flashé au fond de la colonne et les produits soutirés latéralement contiennent des hydrocarbures légers à l'état vapeur qui doivent être renvoyés dans la colonne 11-C1 sous forme de reflux pour atteindre les spécifications du point d'éclair pour cela on utilise de la vapeur d'eau surchauffée sauf pour le kérosène comme le montre la figure suivante :

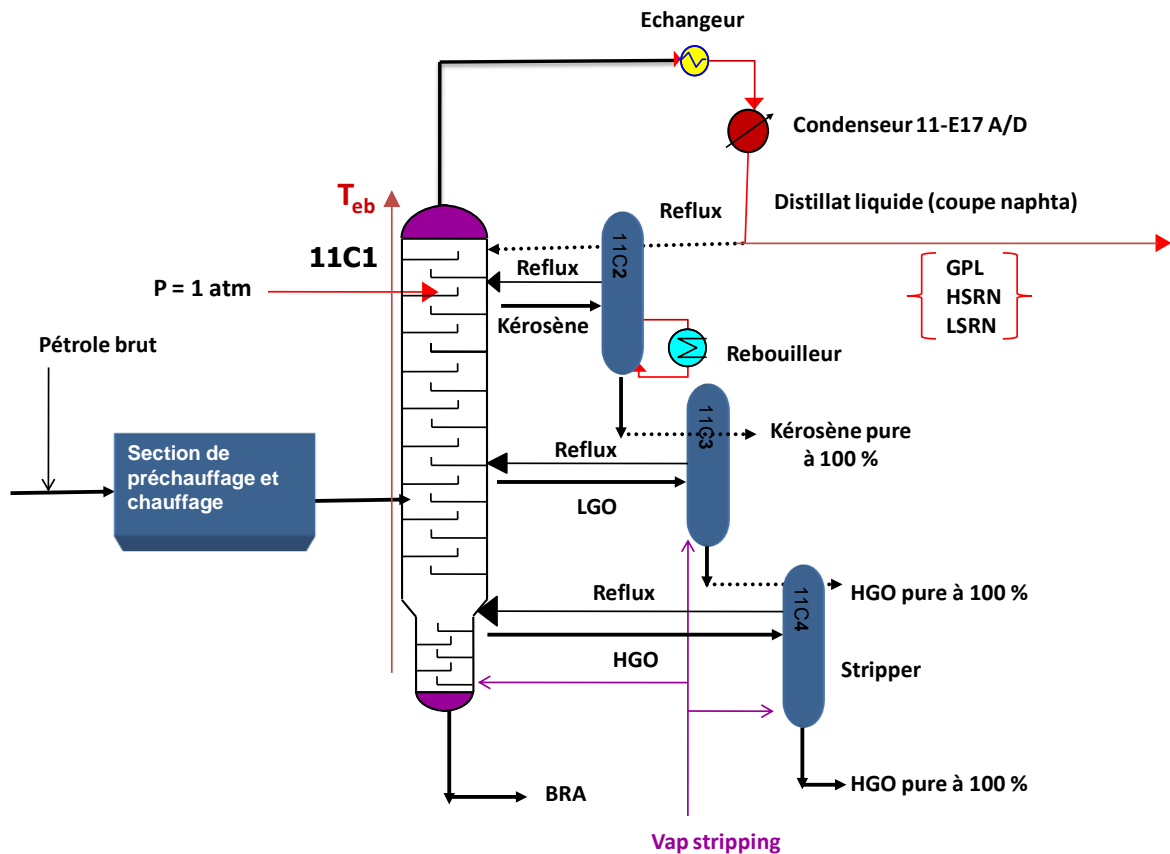


Figure II.2: Schéma présentatif de la colonne de distillation atmosphérique (U11)

II.1.2.1 Récupération du BRA :

Le BRA surchauffé à 316 °C et recueilli au fond du Topping est envoyé directement à la zone de stockage.

II.1.2.2 Récupération du HGO et LGO :

Le HGO est envoyé au stripper-sécheur 11-C4 tandis que le LGO est envoyé au stripper-sécheur 11-C3.

II.1.2.3 Récupération du kérosène :

Contrairement aux autres, le kérosène est envoyé au stripper 11-C2 où il est débarrassé des vapeurs d'hydrocarbures légères à l'aide d'un rebouillage.

En utilisant la vapeur d'eau surchauffée, la faible tension de vapeur du kérosène ne permet pas de le débarrasser de l'eau entraînée sans provoquer de grandes pertes du produit. A fin que le produit soit dans les normes, on a remplacé la vapeur stripping par le rebouilleur 11E10 qui assure l'apport de chaleur.

II.1.2.4 Récupération du GPL, HSLN et LSRN :

II.1.2.4.1 Récupération des vapeurs de tête :

Les vapeurs obtenues en tête de la colonne 11-C1 constituent un mélange de GPL, HSRN et LSRN, après être refroidies dans un échangeur, elles sont condensées partiellement à travers les condenseurs 11-E17 A ou D avant d'être envoyées à la section de stabilisation.

II.1.2.4.2 Section de stabilisation :

Dans cette section on va fractionner la coupe naphta et récupérer les sous-produits GPL, naphta léger et naphta lourd.

Le splitter 11-C5 fonctionne sous une pression de service de 8,1 kg/cm², il permet de récupérer le HSRN.

Une partie du HSLN au fond du splitter est acheminée vers le four de rebouillage 11-F2 afin d'y être portée à la température de 226°C pour être ensuite renvoyée à nouveau dans le splitter 11-C5.

Ce procédé permet ainsi de récupérer un maximum de vapeurs en tête du splitter ainsi qu'un HSLN correct.

Les vapeurs obtenues en tête du splitter 11-C5 sont envoyées dans le stabiliseur 11-C6 et ce à fin de séparer le GPL du LSRN comme le montre la figure suivante :

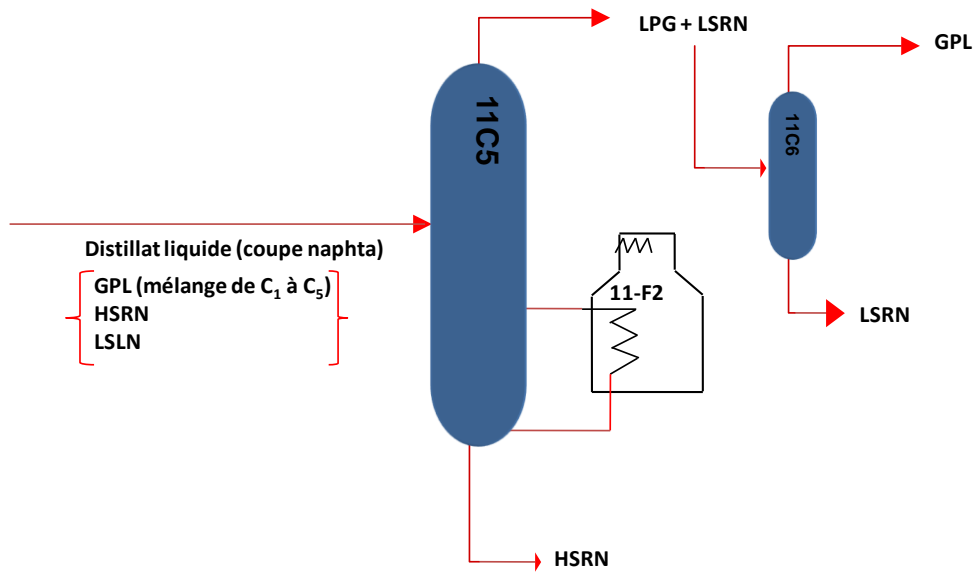


Figure II.3: Schéma présentatif de la section de stabilisation (U11)

II.2 Itinéraire des sous produits :

A la sortie des strippers, le BRA, le HGO, LGO et le kérosène sont ensuite refroidis dans la série d'échangeurs de la section de préchauffage avant d'être envoyés vers la zone de stockage.

Le stockage du pétrole brut se fait en zone 11, 12 et 13, quant à celui des produits dérivés il se fait respectivement pour :

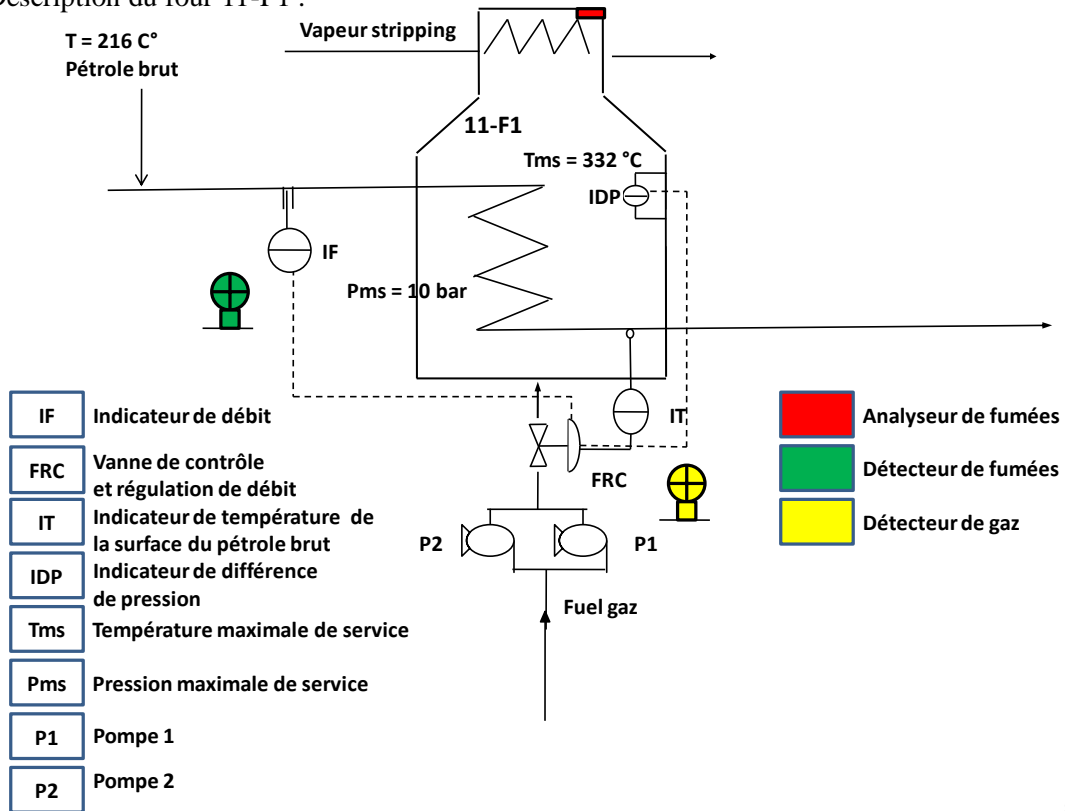
1. Le brut réduit atmosphérique en zone 9
2. Les gasoils lourds et léger en zone 24
3. Le H.R.S.N en zone 17
4. le L.R.S.N en zone 23

II.3 Description du four 11-F1 :

II.3.1 Chauffage :

Le pétrole brut à 216°C entre dans la zone de convection du four 11-F1 en quatre passes (4 tubes) comme le montre la figure suivante :

Description du four 11-F1 :



8

Figure II.4: Schéma présentatif du four 11-F1 (U11)

Le chauffage du four est assuré par la combustion du fuel gaz dans des brûleurs comme l'illustre la figure suivante :

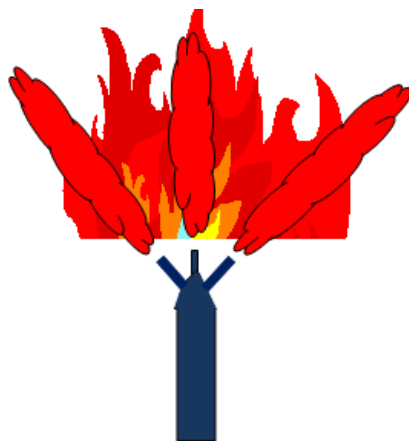


Figure II.5: schéma présentatif d'un bruleur du four 11-F1 (U11)

Le fuel gaz alimentant le four 11-F1, il entre par l'intermédiaire de 2 pompes P1 et P2 à fin d'être chauffé dans des bruleurs.

Le four est équipé d'une boucle de régulation de débit du fuel gaz et du pétrole brut, de température, et de pression, puisque la vanne de contrôle et de régulation de débit FRC, contrôle le débit du fuel gaz entrant, en même temps elle est associée à :

1. l'indicateur de débit IF d'entrée du pétrole brut
2. l'indicateur de température IT de température de surface du pétrole brut
3. l'indicateur de différence de pression interne et externe

Le four 11-F1 est aussi équipé de détecteurs de gaz placés à l'entrée des brûleurs et de détecteurs de fumées.

En haut des volets est placé l'analyseur de fumées.

La température du pétrole brut monte jusqu'à 332°C et la pression de service est à 10 bar,

Le four est équipé d'une boucle de régulation du fuel gaz et du pétrole brut entrant.

II.3.2 Utilités :

II.3.2.1 Fuel gaz :

30 % de l'énergie gazière est assuré par quelques unités de la raffinerie (Gaz Raffinerie), cependant le reste est assuré par le Gaz Naturel de SONALGAZ.

C'est dans l'unité 35 de la zone 3 des utilités précisément dans le ballon de mélange qu'a lieu le mélange entre les deux, le gaz de la raffinerie et le gaz naturel, la Pms étant à 3.5 bar comme le montre la figure suivante :

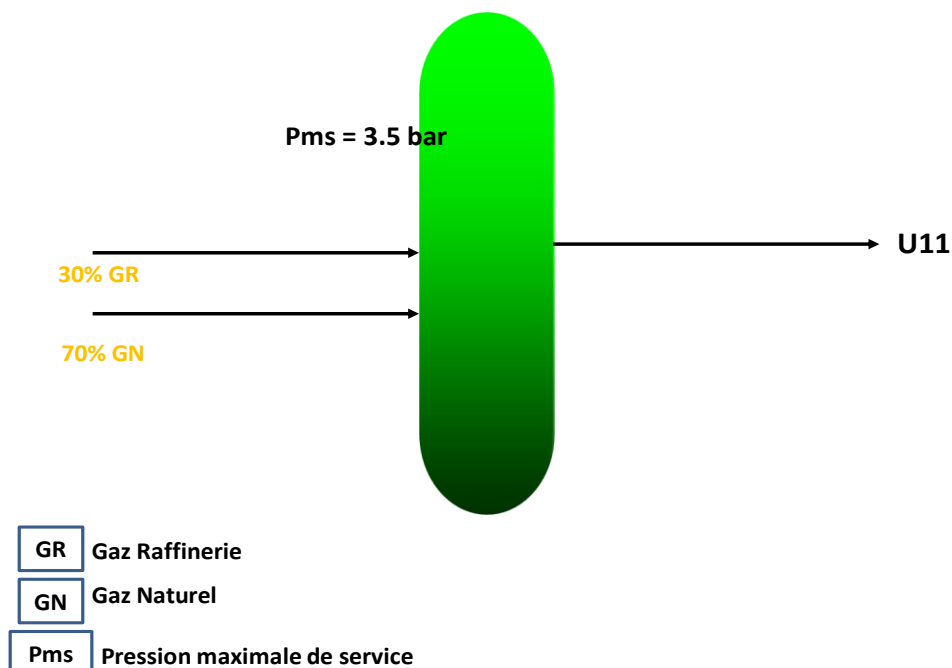


Figure II.6: Schéma présentatif du ballon de mélange (U35)

Le tableau suivant recense respectivement le volume molaire du méthane, de l'éthane, du propane, du butane et du pentane en Gaz Raffinerie et Gaz Naturel ainsi que la fraction volumique dans l'ensemble du mélange fuel gaz.

Tableau II: Composition du fuel gaz

Composition	% MOL GR	% MOL GN	% (en volume)
CH ₄	52.5	92.5	72.5
C ₂ H ₆	17.5	7.5	12.5
C ₃ H ₈	15	0	7.5
C ₄ H ₁₀	14	0	7
C ₅ H ₁₂	1	0	0.5
TOTAL	100	100	100

II.3.2.2 Electricité :

L'énergie électrique est assurée par SONEGAS.

Pour chaque pilote :

La puissance du courant : 200 A.

La tension : 1400 V.

II.3.3 Opérations :

Le four 11-F1 est surveillé depuis la salle de contrôle située à proximité de l'unité U11.

Cependant, certaines phases nécessitent des interventions particulières des opérateurs, comme c'est le cas d'une mauvaise transmission du signal en provenance d'un indicateur de flamme relatif à chaque brûleur.

II.3.3.1 Procédures particulières :

Les procédures spéciales traitent des situations précises qui nécessitent une vigilance particulière, cela concerne particulièrement la protection contre la corrosion.

II.3.3.2 Procédure de démarrage :

A la suite d'un arrêt du four 11-F1, SONATRACH/ACTIVITÉ AVAL/DIVISION RAFFINAGE prévoit qu'il sera purgé à l'aide de la vapeur stripping.

Les précautions prises pour ces phases transitoires d'arrêt et de démarrage permettent de minimiser les risques d'accident et de garantir la sécurité du four 11-F1.

II.3.3.3 Procédure d'arrêt d'urgence :

En cas d'urgence SONATRACH/ACTIVITÉ AVAL/DIVISION RAFFINAGE a mis en œuvre une procédure d'arrêt complet du four qui consigne étape par étape les actions à mener.

Lorsque le four 11-F1 est arrêté par le BMS (Burner Management System) les brûleurs surveillés depuis la salle de contrôle seront coupés (isolés), les vannes d'entrée du fuel gaz (vannes de sectionnement ou vannes tout ou rien) et les vannes d'entrée du pétrole brut se mettront en position fermé, leurs positions sont définies par conception et sont adaptées, ces FRC constituent une barrière passive efficace contre toute dérive.

Ensuite les volets de la cheminée seront fermés et cela pour minimiser le choc thermique sur la structure du four.

Et enfin, la vapeur stripping (vapeur d'eau) sera envoyée dans le four.

La procédure d'arrêt d'urgence prévoit la mise du four 11-F1 sous contrôle manuel le temps de revenir à la normale.

Les cas d'arrêt du four 11-F1 sont les suivants :

- 1) manque de fuel gaz
- 2) manque de vapeur stripping
- 3) pannes électriques
- 4) Si le taux d'oxygène est inférieur ou égale à 2 %.

Conclusion :

L'électricité, le combustible fuel-gaz et la vapeur stripping sont des utilités nécessaires au bon fonctionnement du four 11-F1.

Les produits soutirés de la colonne de distillation atmosphérique sont le BRA, le HGO, le LGO, le kérosène, le GPL, le HSRN, le LSRN.

Le four 11-F1 est équipé de moyens de sécurité qui sont, les détecteurs de fumées, les détecteurs de gaz, l'analyseur de fumées, une boucle de régulation de débit d'entrée du fioul gaz, du pétrole brut, et de température de surface du pétrole brut, et de différence entre la pression interne et externe.

Il faut suivre régulièrement l'analyse des fumées car si l'analyseur de fumées placé en haut des volets détecte une mesure inférieure à 2 % du taux d'oxygène dans les fumées sèches rejetés, cela signifie qu'il y'a soit la présence d'un nuage de fuel gaz soit une accumulation de fumées dans la chambre de combustion.

SONATRACH/ACTIVITÉ AVAL/DIVISION RAFFINAGE a mis des procédures qui indiquent la marche à suivre lors pour le démarrage et l'arrêt du four 11-F1, ou encore en cas de phénomènes accidentels.

CHAPITRE III :

PRÉSENTATION DES POTENTIELS DE DANGERS LIÉS AU CHAUFFAGE DU FOUR 11-F1

Introduction :

Le chapitre suivant traite les potentiels de dangers liés aux produits mis en œuvre, aux conditions opératoires et aux utilités nécessaires au bon fonctionnement du four 11-F1.

Les potentiels de danger liés aux produits mis en œuvre concernent l'inflammabilité et seul le risque d'inflammabilité sera traité dans la présente étude de danger.

III.1 Potentiels de dangers liés aux produits mis en œuvre :

Les propriétés physico-chimiques du pétrole brut et du fuel gaz en termes d'inflammabilité sont les suivants :

Tableau III: Caractéristiques physico-chimiques du fuel gaz et du pétrole brut

Nom du produit	Inflammabilité			Température maximale atteinte dans le four 11-F1
	Point d'éclair	Température d'auto-inflammation	Point d'ébullition	
Fuel Gaz	-187°C	595°C	-161°C	40°C
Pétrole brut	<20°C	250°C	231,4°C	332°C

III.2 Potentiels de dangers liés au chauffage du four 11-F1 :

III.2.1 Conditions opératoires :

Le choix des conditions de température et de pression est déterminé à fin de limiter les besoins énergétiques d'une part et d'autre part pour assurer une réaction de combustion oxydante du fuel gaz pour séparer les produits recherchés dans la colonne de distillation atmosphérique, toute fois il est donc possible d'observer :

1) L'éventration rapide du foyer (résistance mécanique insuffisante) en cas :

- a) D'accumulation du fuel gaz et la création d'une atmosphère explosible (ATEX)
- b) Rupture du tube transportant le pétrole brut à l'intérieur du four.
- c) Surpression du four.

2) Le retour de flamme en cas où la flamme touche le bec du bruleur.

III.2.2 Potentiels de danger liés aux utilités :

III.2.2.1 Perte d'alimentation en fuel gaz :

La perte d'alimentation en fuel gaz n'engendre pas de sérieuses conséquences car pas de gaz, pas d'explosion.

III.2.2.2 Perte d'alimentation électrique :

En cas de perte d'électricité, il y'aura extinction des flammes des pilotes, par conséquent le fuel gaz entre dans la chambre de combustion sans qu'il ne brûle, et un nuage de fuel gaz se forme à l'intérieur du four 11-F1 créant une ATEX (Atmosphère Explosible) qui génère l'explosion interne du four par inflammation du nuage.

III.2.2.3 Perte d'alimentation en vapeur stripping :

Dans le cas où le four n'a pas été vaporisé avant son démarrage, des fumées peuvent s'accumuler dans la chambre de combustion et ne seront pas évacuées vers l'atmosphère en haut des volets, de ce fait la pression interne augmente à l'intérieur du four et conduit son explosion.

Afin de mieux illustrer les scénarios de danger que nous avons cités ci-dessus nous allons présenter deux accidents majeurs qui ont eu lieu récemment dans deux raffineries du pays, l'une à l'est du pays à la raffinerie de Skikda et l'autre à l'ouest du pays à la raffinerie d'Arzew

III.3 Historique du retour d'expérience :

III.3.1 Accident passé survenu sur le four 11-F2 de l'unité Topping U11, 2010 :

Les catastrophes ne se produisent pas par hasard, elles sont causées par un enchaînement d'événements critiques dont la chronologie est déterminante.

Qu'est qui a déclenché l'enchaînement fatale des événements et comment un four qui a fonctionné pendant des années s'est-il soudain transformé en brasier ?

Après interview avec les différents experts du site, nous avons recensé les causes de cette tragédie, voici la chronologie des faits qui ont précédé l'accident :

En 2010, en pleine journée, la FRC (vanne d'entrée du combustible) du HSRN non stabilisé bi-phasique (liquide-gaz) à l'entrée du four rebouilleur 11-F2 de l'unité de distillation atmosphérique est tombée en panne.

Dans ce cas les mesures de sécurité dictent qu'il faut isoler la vanne en panne puis de purger sa conduite par le service production, mais en cas de pépin il faut appeler le service instrumentation qui va s'en en charger.

Mais malheureusement ce n'est pas ce qui s'était vraiment passé, voici pourquoi :

Le chef de quart isole la FRC en fermant les vannes manuelles de garde en attendant de la réparer, et pendant ce temps le HSRN passe à travers son bipasse (vanne de roue de secours) placé en parallèle comme le montre la figure suivante :

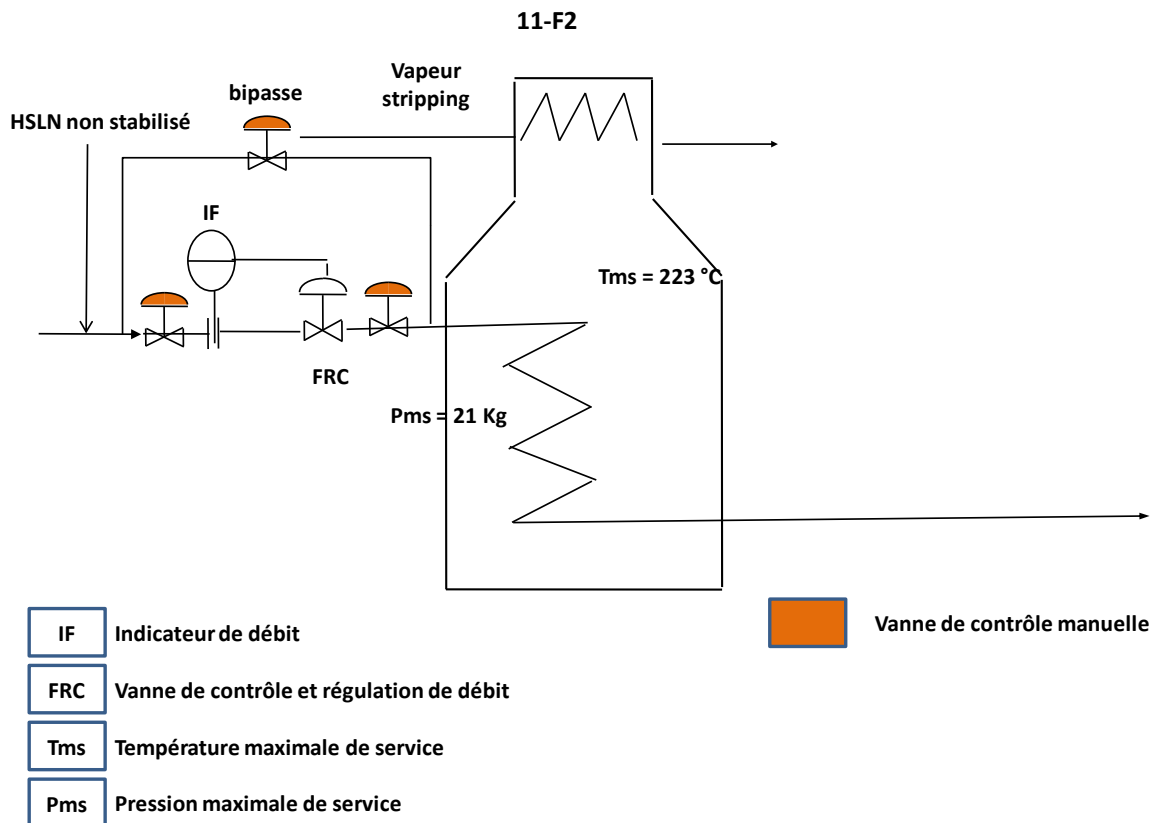


Figure III.1: Schéma présentatif du four rebouilleur 11-F2 (U11)

Mais quand la vanne était bouchée au lieu d'appeler le service instrumentation pour la déboucher, la démonter et faire sa maintenance, il a insisté à purger la conduite de la vanne, soudain la vanne est débouchée et un grand débit massique de naphta lourd envahi son corps de la tête au pied, puis le vent l'amène rapidement au four, au lieu que l'air pénètre dans la conduite d'entrée d'air d'un bruleur, c'est le naphta lourd qui est entré.

Le naphta lourd se propage dans la chambre de combustion du four 11-F2 en générant un retour de flamme instantané qui brule le chef de quart et le tue.

Un autre homme par angoisse s'est jeté du haut d'une échelle et s'est blessé puis réintégré dans un autre poste, et un troisième avait été atteint du cancer du sang suite aux troubles psychiques qu'il a vécu.

III.3.2 Accident passé survenu sur le four 100-F1 de la Raffinerie de Skikda RA1/K, 3 Janvier 2013 :

III.3.2.1 Description de la raffinerie de Skikda RA1/K:

La raffinerie de Skikda, dénommée RA1/K a été construite en 1979 à Skikda au bord de la mer.

Elle a pour mission de transformer le pétrole brut provenant de Hassi-Messaoud et le pétrole brut réduit importé.

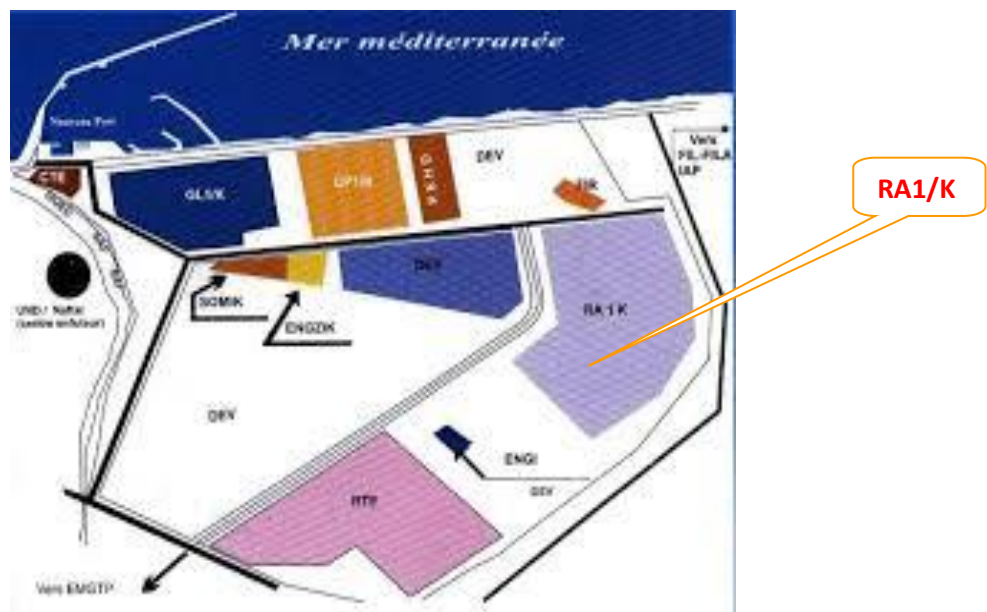


Figure III.2: Situation géographique de la raffinerie de Skikda RA1/K

III.3.2.2 Déroulement :

Voici le cheminement des failles qui ont conduit à cette tragédie :

Peu de temps avant l'accident, le four de l'unité 100-F1 de l'unité de raffinage du pétrole brut a fait l'objet d'une rénovation par Samsung dans le cadre du projet de réhabilitation et d'extension des capacités de raffinage.

En raison du manque d'effectifs, les quaristes (le personnel du service quart) ont été retenus par le chef de production et ont doublé leurs quarts 3 journées consécutives avant l'accident, ils étaient donc à bout de force, et l'accident survenu dans la nuit du 3 Janvier 2013, quant à 21h la direction de la raffinerie de Skikda RA1/K a décidé d'augmenter le débit d'entrée du combustible.

Par surplus de pression et chaleur, la tuyauterie transportant le brut à l'intérieur du four s'est fragmentée et des vapeurs d'hydrocarbures s'échappent à l'intérieur du four, conséquences, à 21h45 explosion du four 100-F1 des flammes à plus de 20 mètres et d'épaisses couches de fumées s'élevaient de loin sur la raffinerie de Skikda.

L'explosion a carrément détruit le four 100-F1, touchant ainsi le réacteur, un autre four, des ballons, des équipements et installations sophistiquées d'instruments de mesure installés récemment par Samsung. Au titre de ces dégâts 3 hommes ont été blessés.

Par conséquent l'unité complète devant produire des carburants et des matières premières avait été soumise à l'arrêt, quelques minutes plus tard se fut l'arrêt de la production, en effet les autres unités l'ont suivi et ont été arrêtées par manque de charge, conséquences ruineuses sur le plan économique de l'entreprise et sur le marché national des hydrocarbures.



Figure III.3: Explosion du four 100-F1, 3 Janvier 2013

Conclusion :

Le four 11-F1 est une installation très sensible de l'unité Topping U11 car :

1. Le pétrole brut entrant dans la chambre de combustion du four 11-F1 peut être explosible car il se trouve à une température supérieure à son point d'éclair. Le fuel gaz alimentant le four 11-F1 est quant à lui très inflammable.
2. La perte d'alimentation électrique ou vapeur stripping ne constitue pas directement un potentiel de dangers significatif mais peut intervenir en tant qu'un événement initiateur conduisant à un accident (des conditions opératoires particulières).

D'après l'histoire de l'accident qui s'est produit sur le four 11-F2 de l'unité Topping U11, 2010 on constate que le respect des mesures de sécurité est indispensable pour la sécurité et la santé des travailleurs et devant chaque incident survenu sur le four 11-F1 il faut immédiatement l'arrêter même en cas de panne de vannes comme dans le cas ici présent et qu'il faut anticiper les événements en faisant de la maintenance périodique préventive et non

pas attendre jusqu'à ce que l'équipement tombe en panne soudainement comme cette vanne d'entrée du naphta lourd.

L'accident de la Raffinerie de Skikda RA1/K qui a fait 3 blessés et des dommages matériels et économiques irréversibles en 1 heure, aurait pu être prévenu et par conséquent évité!

Car malgré que le four 100-F1 a été récemment rénové, il fallait le maintenir et éviter de le surcharger et ne pas réduire l'encadrement (sous effectifs) sous n'importe quel contrainte.

Le retour de flamme et l'explosion d'un tube de pétrole sont parmi les scénarios pouvant se produire sur un four, conduisent à des accidents industriels majeurs avec des dégâts immenses pour l'entreprise et sur la vie humaine et la santé des travailleurs.

CHAPITRE IV:

ANALYSE DES RISQUES LIES AU FOUR 11-F1

Introduction :

Dans ce chapitre nous allons d'abord procéder à l'analyse des risques liés au four 11-F1 par la méthode HAZOP, et ce à fin d'identifier les déviations possibles et les causes de défaillance prévisibles des composants du système conduisant à des événements centrales redoutés.

Dans un deuxième temps, à l'aide du logiciel « Arbre Analyste » nous allons construire deux ADD (Arbres De Défaillances) pour chaque événement redouté pour déterminer l'enchaînement des défaillances possibles des équipements propres au four 11-F1 et leurs probabilités d'occurrence en introduisant dans l'un, des données théoriques et dans l'autre des données pratiques.

L'attribution des données théoriques expérimentales des événements de base provient de la base de données Ourida et le site de l'IFP training pour une modélisation théorique expérimentale, cependant, après interview, les données pratiques proviennent des jugements des experts du site pour une modélisation pratique réelle, tout en retenant que certains événements élémentaires correspondent à des éléments dont la probabilité de défaillance est constante d'une part, d'autre part les équipements électroniques ne sont pas réparables contrairement aux équipements mécaniques.

Les taux théoriques de défaillance, de réparation et de défaillance par sollicitation ainsi que les taux pratiques de défaillance, de réparation et de défaillance par sollicitation sont présentés dans l'annexe IV.

Après nous allons interpréter les résultats obtenus en identifiant l'état du système par comparaison entre les deux types de données, les données expérimentales et les données réelles.

Dans un deuxième temps, nous allons faire l'application des réseaux bayésiens à l'aide du logiciel AgenaRisk sur le cas de figure des données réelles.

L'étude est faite pour un temps de mission allant jusqu'à un an soit 8760 heures.

Au final nous allons déterminer le niveau de risque associé à chaque événement indésirable après l'avoir caractérisé par évaluation de ses dommages potentiels et estimation de sa probabilité d'occurrence.

IV.1 Identification des risques liés au four 11-F1 par la méthode HAZOP :

Tableau IV.1: Tableau HAZOP

Paramètre	Mot clés	Déviations	Causes	Conséquences	Mode de détection	Sécurité existante	Recommandation
Pression	Plus de	Haute pression (Augmentation de la pression à l'intérieur du four 11-F1 ou surpression du four).	<p>1. accumulation de fumées dans la chambre de combustion en cas d'absence de vapeur stripping ou en cas où le débit du fuel gaz à l'entrée est élevé.</p> <p>2. Défaillance de la boucle automatique de régulation de pression (DIP- BMS- FRC bloqué ouverte).</p>	<p>1. Signale de montée de pression dans la salle de contrôle provenant du DIP.</p> <p>2. augmentation du débit de la charge (pétrole brut) entrant dans le four 11-F1 par l'opérateur humain dans la salle de contrôle.</p> <p>3. Si pression interne du four > 1.7 bar et débit fuel gaz > 6120 m³/h explosion du four avec des phénomènes dangereux tel qu'une onde de surpression et effets missiles + perte du pétrole brut + perte du fuel gaz + atteintes aux opérateurs humains et à l'environnement + pertes matérielles.</p>	<p>1. DIP.</p> <p>2. L'alarme sonore et visuelle dans la salle de contrôle.</p> <p>3. Visuel sur site ou en salle de contrôle.</p> <p>4. L'analyseur de fumées.</p>	<p>1. Le damper.</p> <p>2. L'arrêt automatique du four soit par le potto d'arrêt d'urgence soit par le BMS.</p> <p>3. L'analyseur de fumées.si ($\partial_{O_2} > 2\%$).</p> <p>4. Le contrôle manuel.</p>	<p>1. Maintenance périodique des instruments et entretien préventif des équipements.</p> <p>2. Programme de suivi.</p>

Tableau IV.1: Tableau HAZOP

Débit	Plus de	Haut débit (augmentation du débit du fuel gaz entrant dans le four 11-F1).	<p>1. Défaillance de la boucle automatique de régulation de débit (IF-BMS-FRC bloqué ouverte).</p> <p>2. Rendements de P1 et P2 élevés.</p>	<p>1. augmentation de la pression interne du four.</p> <p>2. ouverture du damper et diminution de la pression sinon la pression explosion du four.</p> <p>3. augmentation de la température interne du four et des dépôts de coke dans les bruleurs.</p> <p>4. Si débit fuel gaz > 6120 m³/h explosion du four avec des phénomènes dangereux tel qu'une onde de surpression et effets missiles + perte du pétrole brut + perte du fuel gaz + atteintes aux opérateurs humains et à l'environnement + pertes matérielles.</p>	<p>1. Visuel sur site ou en salle de contrôle.</p> <p>2. Alarmes (sonore et visuelle).</p> <p>3. IF</p>	<p>1. L'arrêt automatique du four soit par le potto d'arrêt d'urgence soit par le le BMS.</p> <p>2. Le contrôle manuel.</p>	<p>1. Maintenance périodique des instruments et entretien préventif des équipements.</p> <p>2. Programme de suivi.</p>
-------	---------	--	---	--	---	---	--

Tableau IV.1: Tableau HAZOP

	Moins	Moins de débit (débit insuffisant du fuel gaz entrant dans le four 11-F11).	<ol style="list-style-type: none"> 1. Débit fuel gaz à l'entrée insuffisant (en amont FRC). 2. Défaillance de la boucle automatique de régulation de débit (IF-BMS-FRC). 3. Fuites des conduites du fuel gaz. 5. P1 ou P2 est défaillante. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Réaction de combustion incomplète. 2. Si débit fuel gaz < 6120 m³/h les flammes des bruleurs de températures entre 900 et 1500 °C touchent le bec du bruleur, déforment le métal et retournent par les conduites du fuel gaz (retour de flamme) + perte du fuel gaz + atteintes aux opérateurs humains et à l'environnement + perte matériel. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Visuel sur site ou en salle de contrôle. 2. Alarmes (sonore et 1. visuelle). 3. IF 4. Détecteurs de gaz. 5. Détecteurs de fumées. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. L'arrêt automatique du four soit par le potto d'arrêt d'urgence ou par le BMS. 2. Le contrôle manuel. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Maintenance périodique des instruments et entretien préventif des équipements. 2. Programme de suivi. 3. Protection des conduites contre la corrosion.
--	-------	---	--	---	--	---	---

Tableau IV.1: Tableau HAZOP

	Pas de	Pas de débit.	<p>1. Défaillance de la boucle automatique de régulation de débit (IF-BMS-FRC).</p> <p>2. P1 ou P2 défaillante.</p> <p>3. bouchage de toutes les conduites du fuel gaz.</p> <p>4. Tous les bruleurs sont en panne.</p> <p>5. Absence du fuel gaz à l'entrée du four.</p>	<p>1. Pas de réaction de combustion.</p> <p>2. Diminution de la température interne du four</p> <p>2. Si débit fuel gaz < 6120 m³/h pas d'échauffement du pétrole brut donc pas de reflux pour le soutirage des produits latéraux.</p>	<p>1. Visuel sur site ou en salle de contrôle.</p> <p>2. Alarmes (sonore et visuelle).</p> <p>3. IF.</p>	<p>1. L'arrêt automatique du four soit par le potto d'arrêt d'urgence ou par le BMS.</p> <p>2. Le contrôle manuel.</p>	<p>1. Maintenance périodique des instruments et entretien préventif des équipements.</p> <p>2. Programme de suivi.</p> <p>3. Prévoir une autre source d'alimentation en fuel gaz.</p>
--	--------	---------------	--	--	--	--	---

Tableau IV.1: Tableau HAZOP

Température	Plus de	Augmentation de la température à l'intérieur du four 11-F1.	<p>1. Défaillance de la boucle automatique de régulation de température (IT-BMS- FRC).</p> <p>2. Débit du fuel gaz à l'entrée élevé.</p>	<p>1. L'ouverture des tubes fuel gaz dans la zone des brûleurs suite à une surchauffe.</p> <p>2. Si température de surface du pétrole brut > 480 °C explosion du four par rupture longitudinale du tube de pétrole brut suite à une surchauffe avec inflammation instantané par les flammes des brûleurs et explosion avec des phénomènes dangereux tel qu'une onde de surpression, effets missiles et feu de nappe + perte du pétrole brut + perte du fuel gaz + atteintes aux opérateurs humains et à l'environnement + pertes matériels.</p> <p>3. Dépôts de coke dans les brûleurs.</p> <p>4. L'ouverture des tubes de chauffe du fuel gaz dans la zone des brûleurs suite à la corrosion.</p>	<p>1. Indicateur de température du tube de pétrole brut.</p> <p>2. Indicateur de température du pétrole brut.</p> <p>3. Indicateur de température des parois du four.</p> <p>4. Alarmes (sonore et visuelle).</p> <p>5. Visuel sur site ou en salle de contrôle.</p>	<p>1. L'arrêt automatique du four soit par le potto d'arrêt d'urgence ou par le BMS.</p> <p>2. Le contrôle manuel.</p>	<p>1. Maintenance périodique des instruments et entretien préventive des équipements.</p> <p>2. Programme de suivi.</p>
-------------	---------	---	--	---	--	--	---

Tableau IV.1: Tableau HAZOP

	bas	Baisse de la température à l'intérieur de four.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Débit du fuel gaz à l'entrée insuffisant. 2. Panne des bruleurs. 3. bouchage des conduites du fuel gaz. 	Si température de surface pétrole brut < 360 °C pas d'échauffement du pétrole brut et pas de reflux suffisant pour le soutirage des produits latéraux.	<ol style="list-style-type: none"> 1. IT. 2. Indicateur de température du tube de pétrole brut. 3. Indicateur de température des parois du four placé à l'intérieur. 4. Alarmes (sonore et visuelle). 5. Visuel sur site ou en salle de contrôle. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. L'arrêt automatique du four soit par le potto d'arrêt d'urgence ou par le BMS. 2. Le contrôle manuel. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Maintenance périodique des instruments et entretien préventif des équipements. 2. Programme de suivi.
--	-----	---	--	--	--	---	---

IV.2 Scénarios retenus pour la modélisation :

La gravité des dommages ont conduit à choisir l'explosion d'un tube de pétrole brut et l'explosion d'un nuage de fuel gaz à l'intérieur de la chambre de combustion, la surpression du four 11-F1 ainsi que le retour de flamme à l'entrée des brûleurs comme événements centraux redoutés.

IV.3 Modélisation des scénarios par le logiciel Arbre Analyste :

IV.3.1 1^{er} scénario : Explosion du tube de pétrole brut :

L'explosion du tube de pétrole brut est due à au tube de pétrole brut qui est en charge et à la défaillance des installations qui sont soit la vanne de contrôle et de régulation de débit qui est bloqué ouverte ou le BMS (le Burner Management System) ou les instruments de mesure (instrument de mesure de la température ou de débit).

IV.3.1.1 Résultats de la modélisation expérimentale

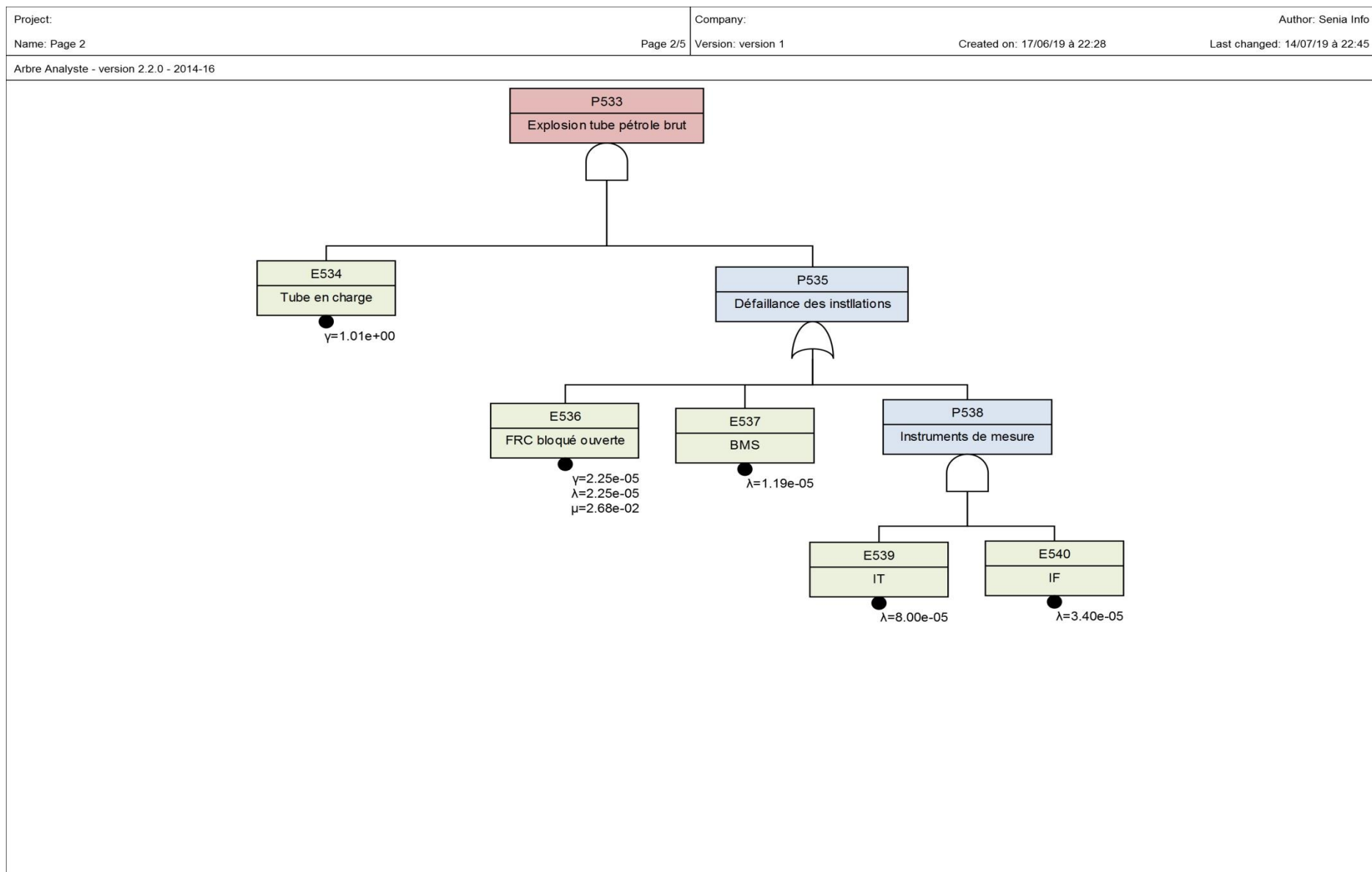


Figure IV.4: Modélisation expérimentale de l'arbre réduit

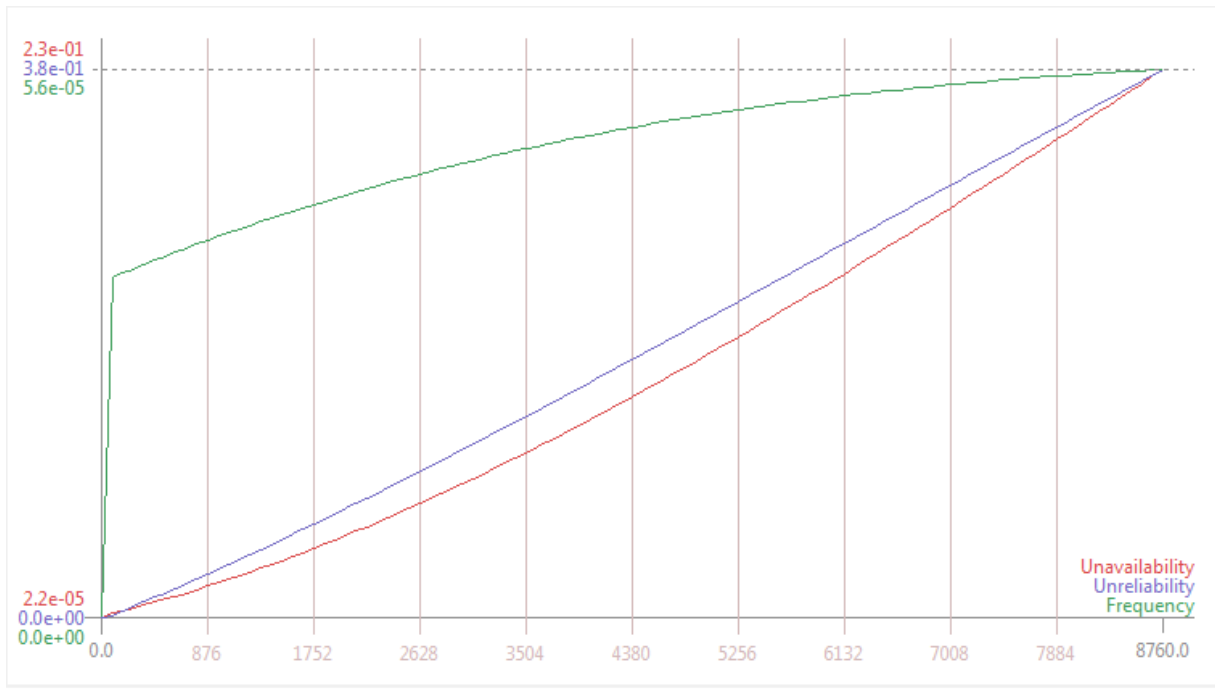


Figure IV.5: Courbe du manque de fiabilité du système

- Unreliability (manque de fiabilité)
- Unavailability (indisponibilité)
- Frequency (fréquence)

IV.3.1.1.1 Analyse de la courbe du manque de fiabilité du système :

Sur l'intervalle [0h - 8760 h], le manque de fiabilité du four augmente dans le temps pour atteindre une valeur maximale de $2.3 \cdot 10^{-1}$, en parallèle l'indisponibilité du four augmente pour atteindre une valeur de $3.8 \cdot 10^{-1}$, quand à la fréquence de l'événement redouté « explosion du tube de pétrole brut » est augment subitement sur l'intervalle {0h-876h} puis progressivement jusqu'à atteindre $3.6 \cdot 10^{-5}$.

Tableau IV.3: Résumé exécutif

Results	
Probability:	0.217
System unreliability:	0.38
System MTTR	4746

IV.3.1.1.2 Analyse du tableau IV.3 :

Le taux de défaillance du four par apport au scénario « explosion du tube de pétrole brut » est 0.217.

Le manque de fiabilité du système sur une année augmente jusqu'à atteindre 0.38.

Le MTTR (« Mean Time de Reaper » ou « temps moyen de réparation ») est égale à 4746 h.

Tableau IV.4: CIF (Facteurs d'Importance Critique)

Le tableau ci-dessous contient les grandeurs du CIF (Facteur d'Importance Critique) de chacun des événements de base contribuant à l'événement redouté et qui sont :

Event	Description	CIF
E534	Tube en charge	1
E536	FRC bloqué ouverte	0.0036
E537	BMS	0.43
E540	IF	0.57
E539	IT	0.57

Tableau IV.5: Coupes minimales et leurs ordres

N°	Order	Probability	Event	Description
1	3	0.13	E534	Tube en charge
			E539	IT
			E540	IF
2	2	0.099	E534	Tube en charge
			E537	BMS
3	2	0.000837	E534	Tube en charge
			E536	FRC bloqué ouverte

IV.3.1.2 Résultats de la modélisation réelle

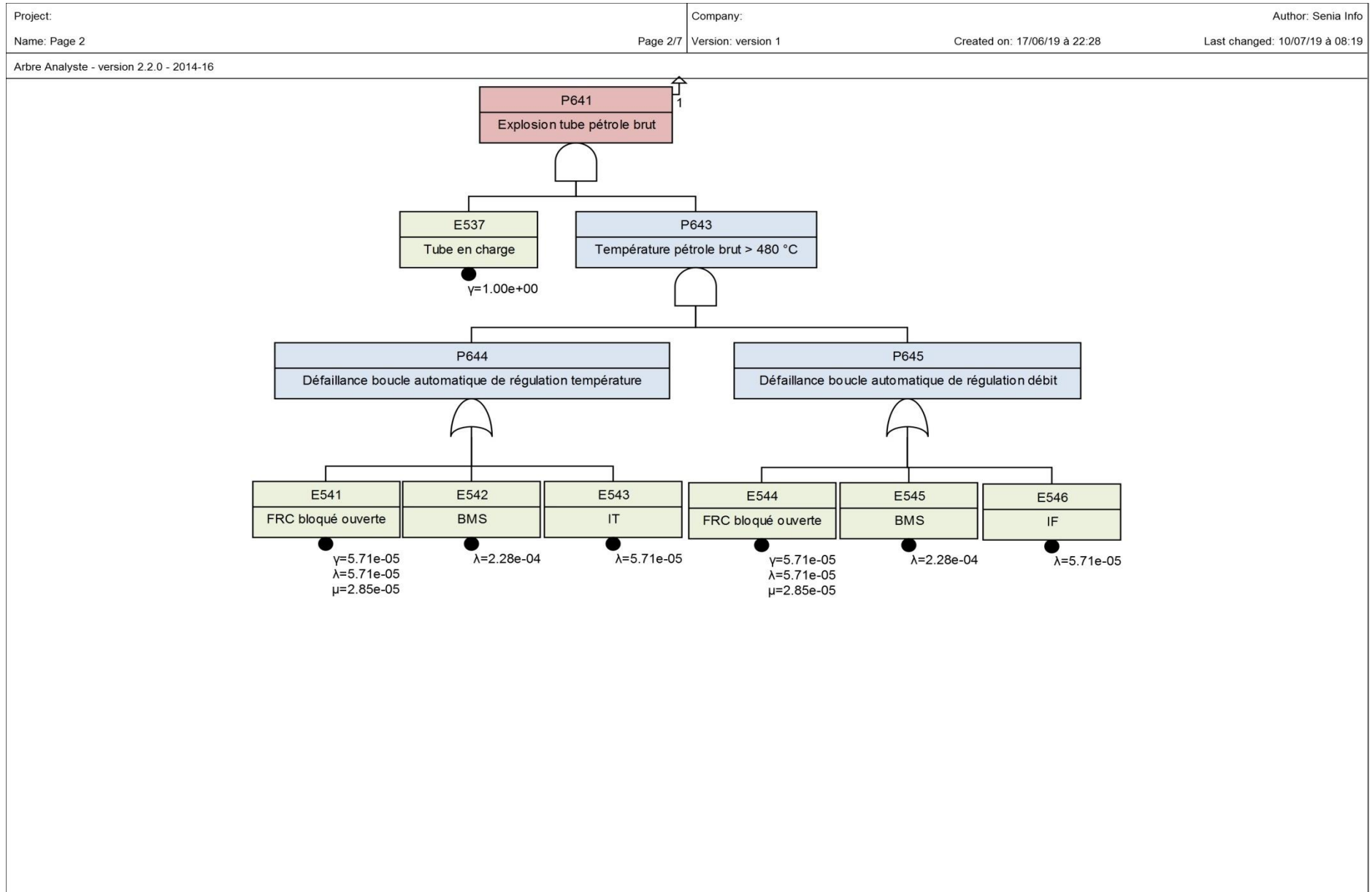


Figure IV.6: Modélisation réelle de l'arbre réduit

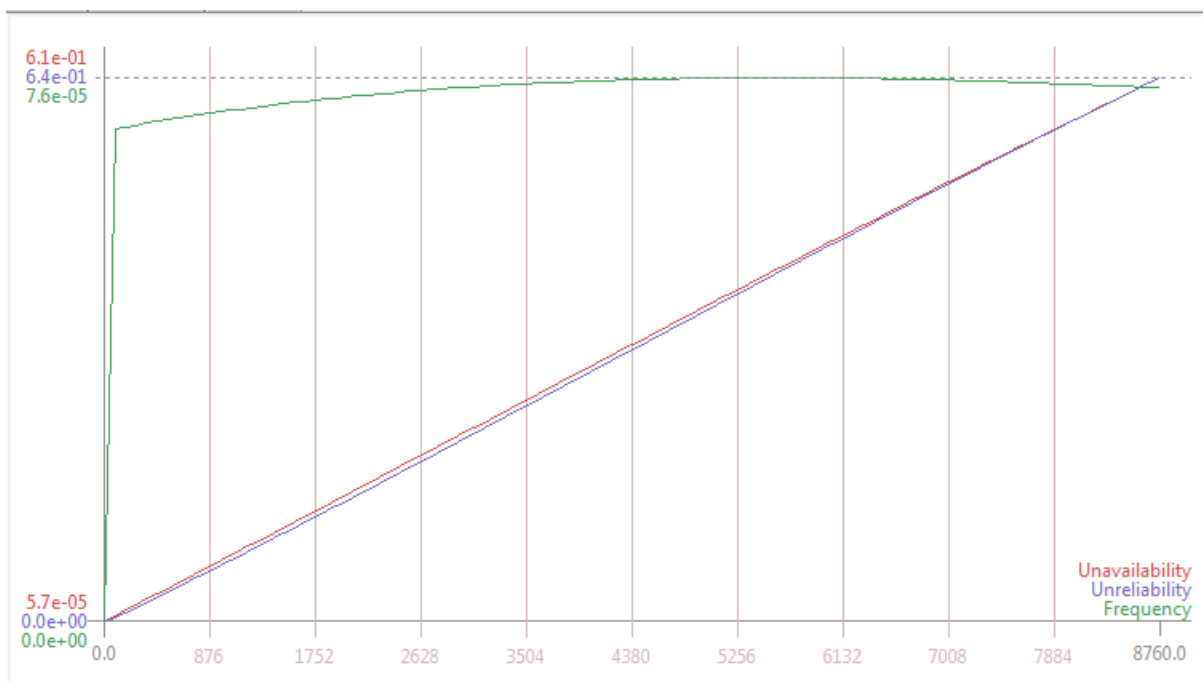


Figure IV.7: Courbe du manque de fiabilité du système

- Unreliability (manque de fiabilité)
- Unavailability (indisponibilité)
- Frequency (fréquence)

IV.3.1.2.1 : Analyse de la courbe du manque de fiabilité du système :

Sur l'intervalle [0h - 8760 h], le manque de fiabilité du four augmente dans le temps pour atteindre une valeur maximale de $6.4 * 10^{-1}$, en parallèle l'indisponibilité du four augmente pour atteindre une valeur de $6.1 * 10^{-1}$, quand à la fréquence de l'événement redouté « explosion du tube de pétrole brut » est augment subitement sur l'intervalle {0h-876h] puis progressivement jusqu'à atteindre $7.6 * 10^{-5}$.

Tableau IV.6: Résumé exécutif

Results	
Probability:	0.926
System unreliability:	6.4e-09
System MTTR	8630

IV.3.1.2.2 Analyse du tableau IV.6 :

Le taux de défaillance du four par apport au scénario « explosion du tube de pétrole brut » est 0.926.

Le manque de fiabilité du système sur une année augmente jusqu'à atteindre une valeur maximale de $6.4 * 10^{-9}$.

Le MTTR (« Mean Time de Reaper » ou « temps moyen de réparation ») est égale à 8630 h.

Tableau IV.7: Facteurs d'importance

Event	Description	CIF
E537	Tube en charge	1.4
E754	BMS	0.86
E752	FRC bloqué ouverte	0.35
E757	IT	0.15
E756	IF	0.15

Tableau IV.8: Coupes minimales et leurs ordres

N°	Order	Probability	Event	Description
1	2	0.864	E537	Tube en charge
			E754	BMS
2	2	0.352	E537	Tube en charge
			E752	FRC bloqué ouverte
3	3	0.155	E537	Tube en charge
			E756	IF
			E757	IT

IV.3.1.3 Comparaison :

IV.3.1.3.1 La probabilité de défaillance du four 11-F1 :

La probabilité de défaillance du four 11-F1 à partir des données théoriques est inférieure au taux de défaillance par apport aux données pratiques ($0.217 < 0.926$).

IV.3.1.3.2 System unreliability (Manque de fiabilité) :

Le manque de fiabilité du système à partir du modèle théorique est inférieur à celui du modèle pratique ($0.38 < 1$).

IV.3.1.3.3 Les coupes minimales :

Les probabilités des coupes minimales à partir des données théoriques sont faibles par rapport à celles des données pratiques.

A partir des données théoriques, la probabilité de la coupe minimale (E534.E539.E540) pour provoquer l'explosion du tube de pétrole brut est la plus élevée, contrairement aux données pratiques, la probabilité de la coupe minimale (E537.E754) est la plus élevée.

IV.3.1.3.4 Le CIF (Facteurs d'Importance Critique):

A partir des données théoriques et pratiques, la probabilité pour que le tube de pétrole brut qui était en charge ait provoqué l'explosion du tube de pétrole brut est la plus élevée et elle est égale à 1 donc forcément au moment de l'explosion les tubes de pétrole brut étaient en charge et c'est l'événement le plus critique.

IV.3.1.4 Interprétation des résultats :

Le taux de défaillance et le manque de fiabilité, ainsi que les probabilités des coupes minimales plus élevées par rapport à la normale indiquent qu'il est en état dégradé.

La coupe minimale (E537.E754) à partir des données pratiques est la combinaison des événements sur les quelles il est le plus intéressant de faire de la maintenance préventive et correctives pour atteindre la probabilité de la coupe minimale (E534.E539.E540) à partir des données théoriques.

A partir des données pratiques, le facteur d'importance critique nous indique que l'événement « tube de pétrole brut en charge » est le meilleur candidat pour les efforts visant à améliorer la fiabilité du système et éviter son explosion.

IV.3.2 2^{ème} scénario : Explosion du nuage de fuel gaz à l'intérieur de la chambre de combustion :

L'explosion d'un nuage de fuel gaz est dû à l'accumulation du fuel gaz dans la chambre de combustion et à l'inflammation de ce nuage de gaz.

L'accumulation du nuage de fuel gaz dans la chambre de combustion est dû soit à la perte d'alimentation électrique soit à l'extinction de la flamme du brûleur en cas où il tombe en panne.

L'étincelle peut être provoquée soit par un incendie à proximité du four, soit par des travaux de soudage.

IV.3.2.1 Résultats de la modélisation expérimentale

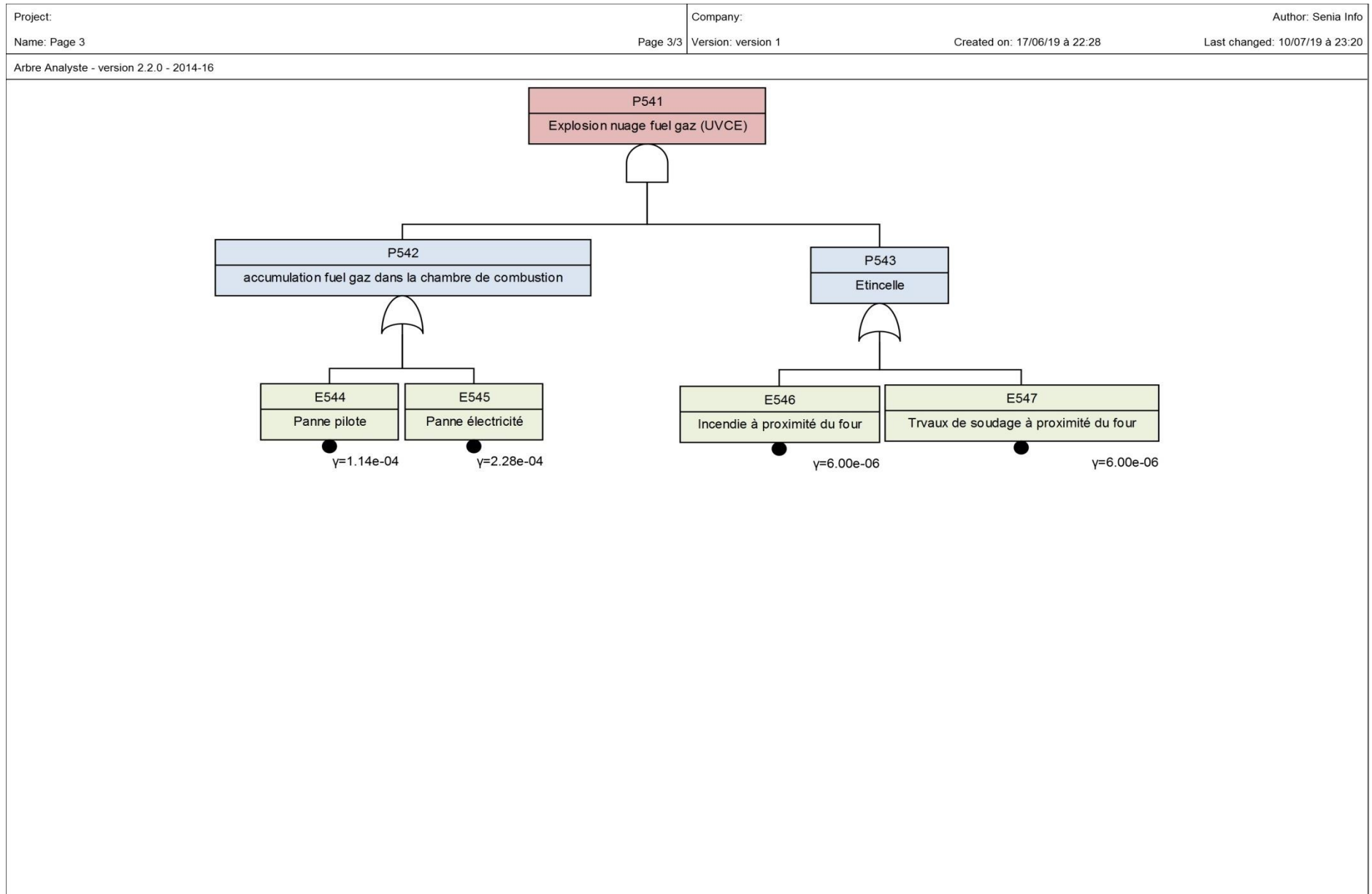


Figure IV.10 : Modélisation expérimentale de l'arbre réduit

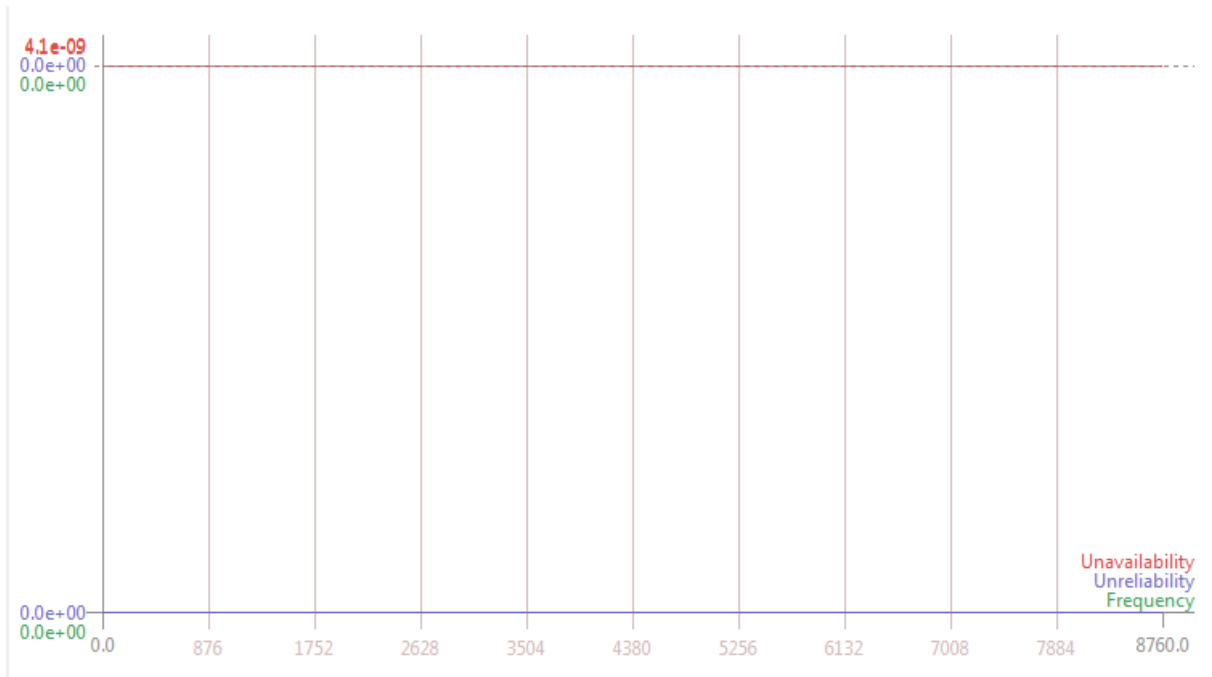


Figure IV.11: Courbe du manque de fiabilité du système

- Unreliability (manque de fiabilité)
- Unavailability (indisponibilité)
- Frequency (fréquence)

IV.3.2.1.1 : Analyse de la courbe du manque de fiabilité du système :

Sur l'intervalle [0h - 8760 h], le manque de fiabilité du four ainsi que la fréquence du scénario « explosion d'un nuage de fuel gaz » n'apparaissent pas puisque nous avons entré des valeurs constantes des événements de base, de même pour l'indisponibilité du four elle est constante sur l'intervalle [0h - 8760 h] et est égale à $4.1 * 10^{-9}$.

Tableau IV.9: Résumé exécutif

Results	
Probability:	4.1e-09
System unreliability:	none
System MTTR	none

IV.3.2.1.2 Analyse du tableau IV.9 :

Le taux de défaillance du four par apport au scénario « explosion d'un nuage de fuel gaz » est $4.1 * 10^{-9}$.

System unreliability (le manque de fiabilité du système et le MTTR (« Mean Time de Reaper » ou « temps moyen de réparation ») sur 8760 h sont indéterminés parce que les probabilités des événements de base suivent une loi constante.

Tableau IV.10: CIF (Facteur d'Importance Critique)

Event	Description	CIF
E545	Panne électricité	0.67
E544	Panne pilote	0.33
E547	Travaux de soudage à proximité du four	0.5
E546	Incendie à proximité du four	0.5

Tableau IV.11: Coupes minimales et leurs ordres

N°	Order	Probability	Event	Description
1	2	1.37e-09	E545	Panne électricité
			E547	Travaux de soudage à proximité du four
2	2	1.37e-09	E545	Panne électricité
			E546	Incendie à proximité du four
3	2	6.84e-10	E544	Panne pilote
			E547	Travaux de soudage à proximité du four
4	2	6.84e-10	E544	Panne pilote
			E546	Incendie à proximité du four

IV.3.2.2 Résultats de la modélisation réelle

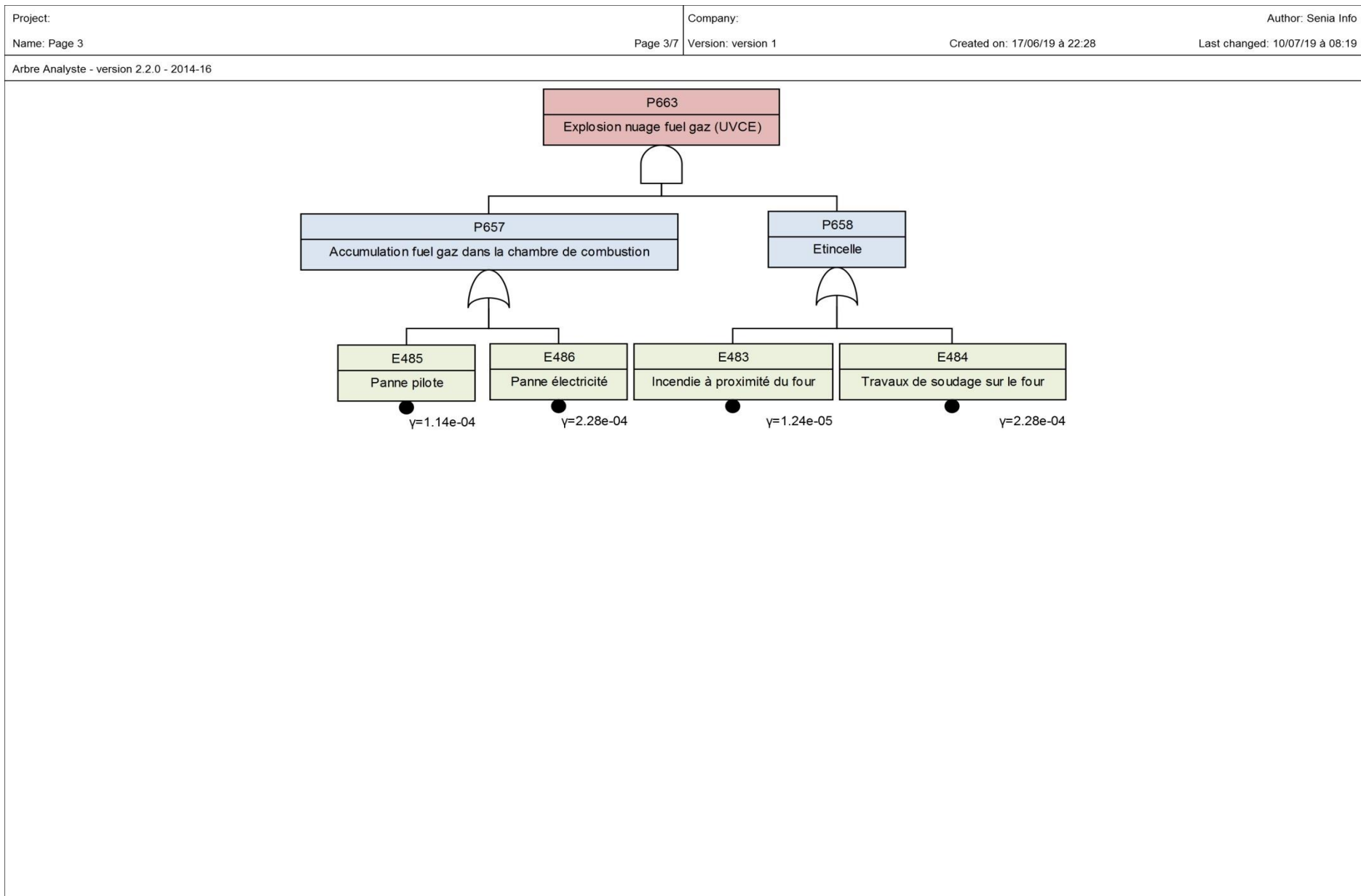


Figure IV.12: Modélisation réelle de l'arbre réduit

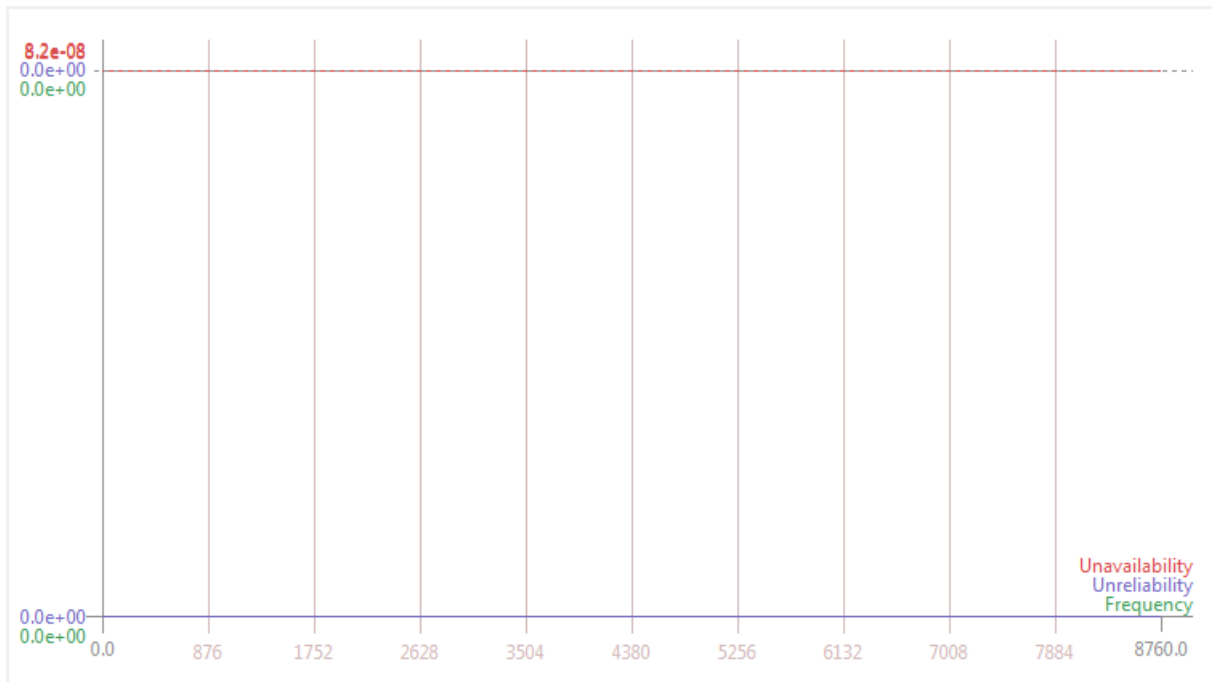


Figure IV.13: Courbe du manque du manque de fiabilité du système

- Unreliability (manque de fiabilité)
- Unavailability (indisponibilité)
- Frequency (fréquence)

IV.3.2.2.1 : Analyse de la courbe du manque de fiabilité du système :

Sur l'intervalle [0h - 8760 h], le manque de fiabilité du four ainsi que la fréquence du scénario « explosion d'un nuage de fuel gaz » n'apparaissent pas puisque nous avons entré des valeurs constantes des événements de base, de même pour l'indisponibilité du four elle est constante sur l'intervalle [0h - 8760 h] et est égale à $8.2 * 10^{-8}$.

Tableau IV.12: Résumé exécutif

Results	
Probability:	8.24e-08
System unreliability:	none
System MTTR	none

IV.3.2.2.2 Analyse du tableau IV.12 :

Le taux de défaillance du four par apport au scénario « explosion d'un nuage de fuel » est $8.24 * 10^{-8}$.

System unreliability (le manque de fiabilité du système et le MTTR (« Mean Time de Reaper » ou « temps moyen de réparation ») sur 8760 h sont indéterminés parce que les probabilités des événements de base suivent une loi constante.

Tableau IV.13: CIF (Facteur d'Importance Critique)

Event	Description	CIF
E484	Travaux de soudage sur le four	0.95
E483	Incendie à proximité du four	0.052
E486	Panne électricité	0.67
E485	Panne pilote	0.33

Tableau IV.14: Coupes minimales et leurs ordres

N°	Order	Probability	Event	Description
1	2	5.21e-08	E484	Travaux de soudage sur le four
			E486	Panne électricité
2	2	2.6e-08	E484	Travaux de soudage sur le four
			E485	Panne pilote
3	2	2.83e-09	E483	Incendie à proximité du four
			E486	Panne électricité
4	2	1.41e-09	E483	Incendie à proximité du four
			E485	Panne pilote

IV.3.2.3 Comparaison :

IV.3.2.3.1 La probabilité de défaillance du four 11-F1 :

La probabilité de défaillance du four 11-F1 à partir des données théoriques est dix fois moins inférieure que le taux de défaillance par apport aux données pratiques ($4.1 \cdot 10^{-9} < 8.24 \cdot 10^{-8}$).

IV.3.2.3.2 Les coupes minimales :

Les probabilités des coupes minimales à partir des données théoriques sont dix fois plus faibles par rapport à celle des données pratiques.

A partir des données théoriques, les probabilités des coupes minimales (E545.E547) et (E545.E546) pour provoquer l'explosion du nuage de gaz sont les plus élevées, contrairement aux coupes minimales à partir des données pratiques, la coupe minimale (E484.E486) est la plus probable.

IV.3.2.3.3 Le CIF (Facteurs d'Importance Critique):

A partir des données théoriques, la probabilité pour que la panne d'électricité ait provoqué l'explosion du nuage de fuel gaz est la plus élevée, contrairement aux données pratiques, les travaux de soudage ont la plus grande part d'importance.

Dans le cas de figure des données pratiques, l'événement « travaux de soudage à proximité du four 11-F1 » est l'événement le plus critique.

IV.3.2.4 Interprétation des résultats :

Le taux de défaillance et le manque de fiabilité, ainsi que les probabilités des coupes minimales plus élevées par rapport à la normale indiquent qu'il est en état très dégradé.

Les coupes minimales (E484.E486) à partir des données pratiques est la combinaison des événements sur lesquelles il est le plus intéressant de faire de la maintenance préventive et corrective pour atteindre la probabilité de la coupe minimale (E545.E547) à partir des données théoriques.

A partir des données pratiques, le facteur d'importance critique nous indique que l'événement «Travaux de soudage à proximité du four 11-F1 » est le meilleur candidat pour les efforts visant à améliorer la fiabilité du système et éviter son explosion.

IV.3.3 3^{ème} scénario : Suppression du four 11-F1 :

La suppression du four 11-F1 est dû soit à la b=vanne de con trole et de régulation de débit FRC qui est bloqué ouverte ou bien à la défaillance du BMS (Burner management system) qui déclenche le four ou bien à la défaillance des équipements qui sont l'indicateur de différence de pression IDP et soit à une fuite du réseau de distribution de vapeur soit à la défaillance de l'indicateur de débit IF.

IV.3.3.1 Résultats de la modélisation expérimentale

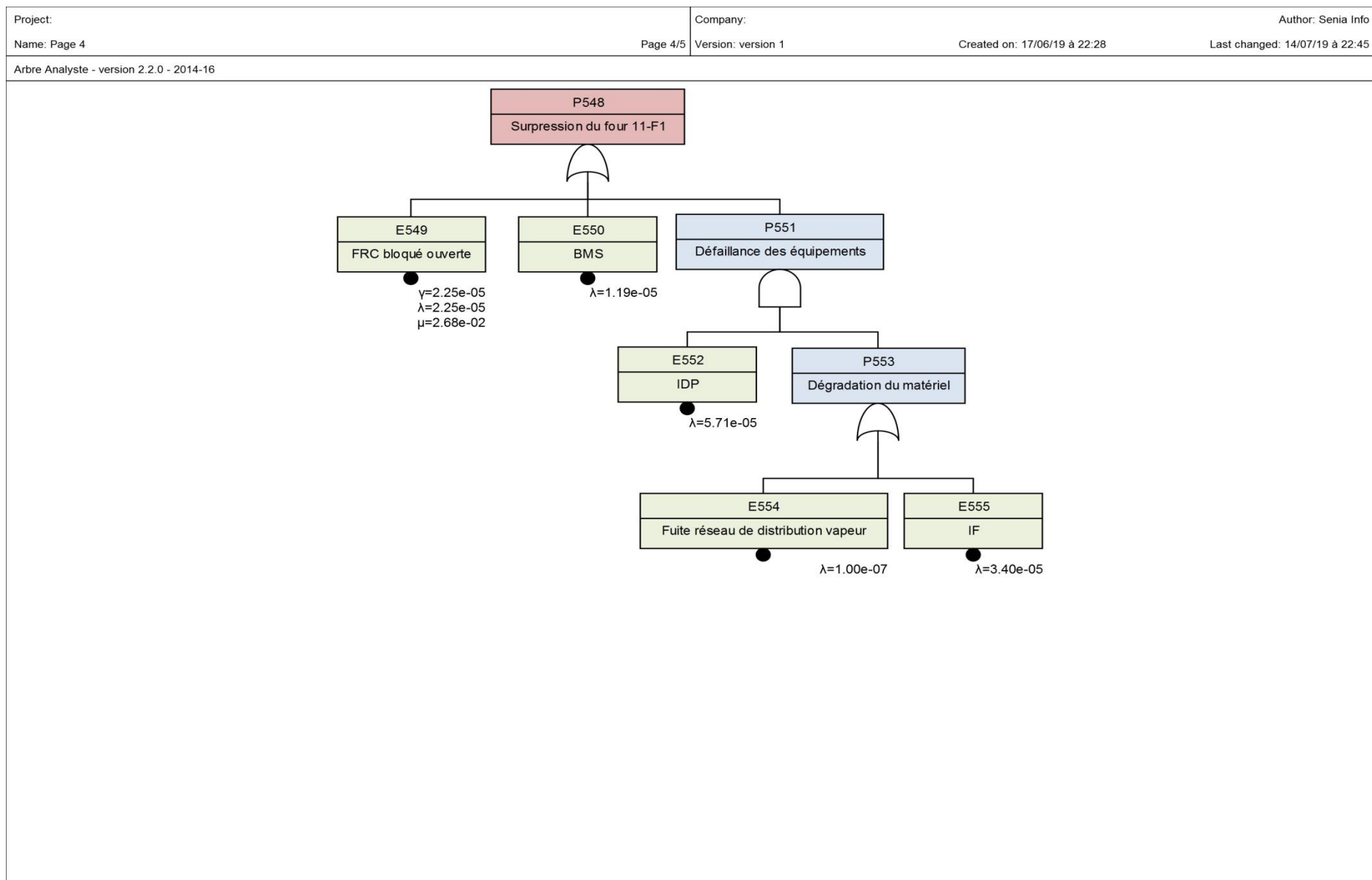


Figure IV.17: Modélisation expérimentale de l'arbre réduit

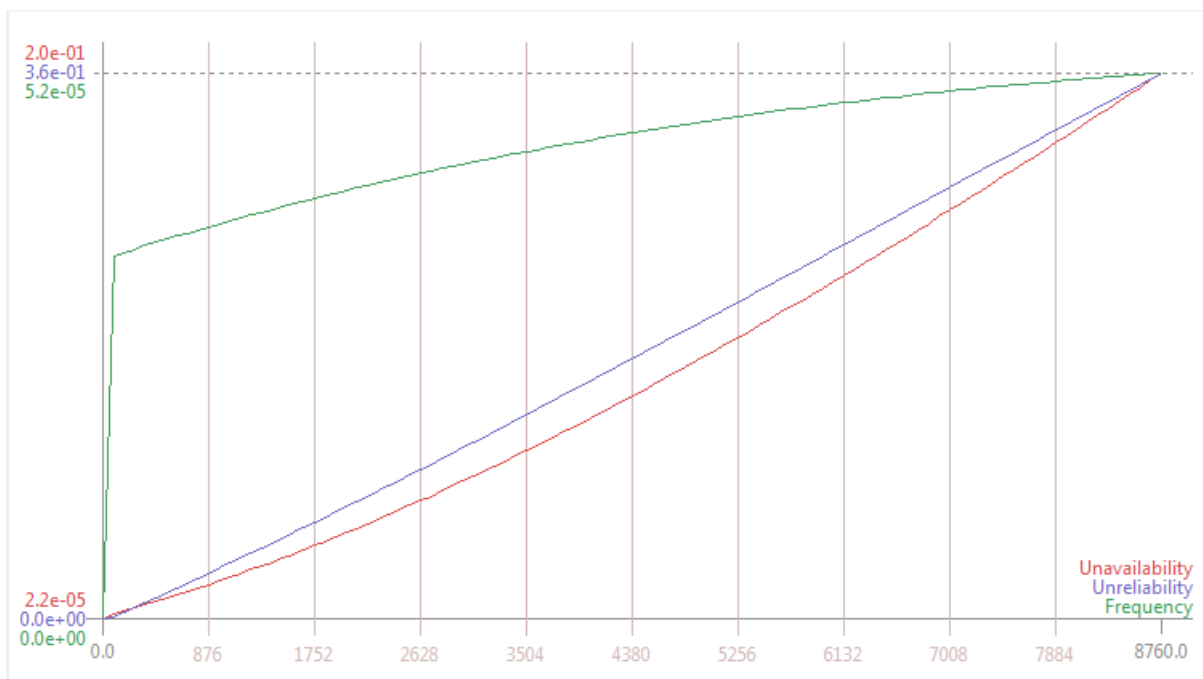


Figure IV.18: Courbe du manque de fiabilité du système

- Unreliability (manque de fiabilité)
- Unavailability (indisponibilité)
- Frequency (fréquence)

IV.3.3.1.1 : Analyse de la courbe du manque de fiabilité du système :

Sur l'intervalle [0h - 8760 h], le manque de fiabilité du four augmente dans le temps pour atteindre une valeur maximale de $3.6 \cdot 10^{-1}$, en parallèle l'indisponibilité du four augmente pour atteindre une valeur de $2 \cdot 10^{-1}$, quand à la fréquence de l'événement redouté « suppression du four » elle augmente subitement sur l'intervalle {0h-876h} puis progressivement jusqu'à atteindre $5.2 \cdot 10^{-5}$.

Tableau IV.15: Résumé exécutif

Results	
Probability:	0.191
System unreliability:	0.355
System MTTR	4462

IV.3.3.1.2 Analyse du tableau IV.15 :

Le taux de défaillance du four par apport au scénario « suppression du four » est 0.191.

Le manque de fiabilité du système sur une année augmente jusqu'à atteindre une valeur maximale de 0.355.

Le MTTR (« Mean Time de Reaper » ou « temps moyen de réparation ») est égale à 4462 heures.

Tableau IV.16: CIF (Facteurs d'Importance Critique)

Event	Description	CIF
E549	FRC bloqué ouverte	0.0042
E550	BMS	0.49
E552	IDP	0.5
E554	Fuite réseau de distribution vapeur	0.0017
E555	IF	0.5

Tableau IV.17: Coupes minimales et leurs ordres

N°	Order	Probability	Event	Description
1	2	0.101	E552	IDP
			E555	IF
2	1	0.099	E550	BMS
3	1	0.000837	E549	FRC bloqué ouverte
4	2	0.000345	E552	IDP
			E554	Fuite réseau de distribution vapeur

IV.3.3.2 Résultats de la modélisation réelle

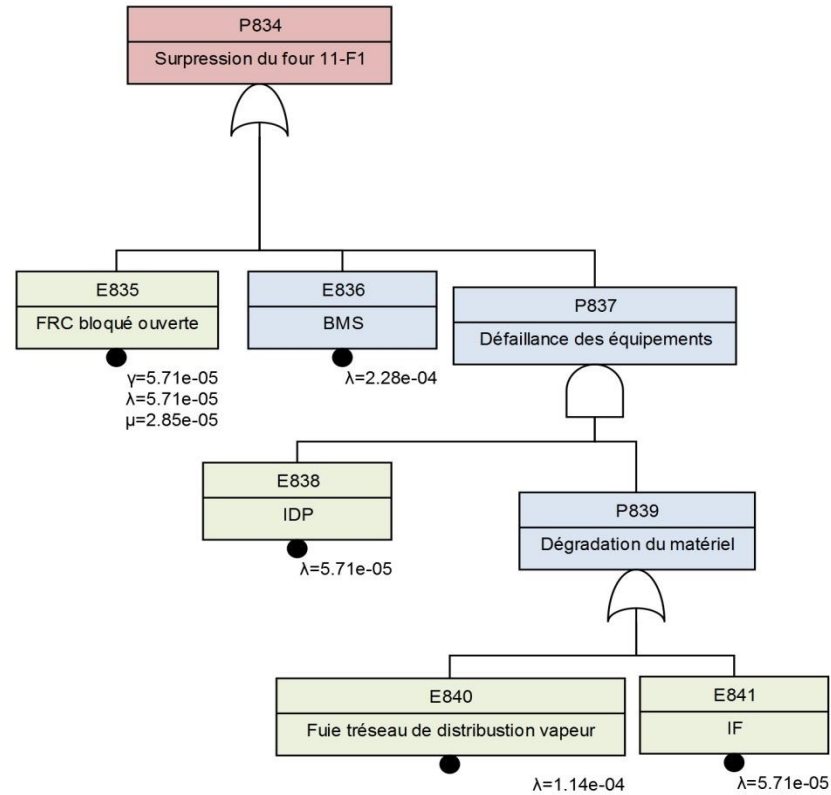


Figure IV.19: Modélisation réelle de l'arbre réduit

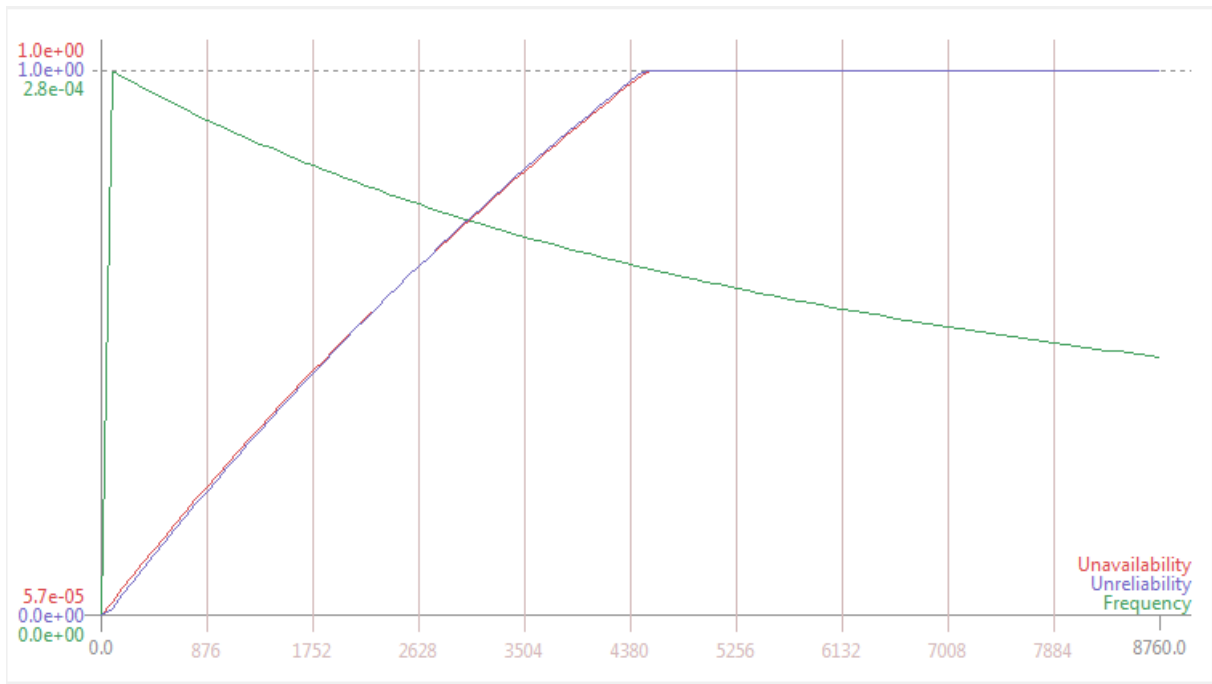


Figure IV.20: Courbe du manque de fiabilité du système

- Unreliability (manque de fiabilité)
- Unavailability (indisponibilité)
- Frequency (fréquence)

IV.3.3.2.1 : Analyse de la courbe du manque de fiabilité du système :

Sur l'intervalle [0h - 4380 h], l'indisponibilité du système augmente en même temps que le manque de fiabilité du four pour atteindre une valeur maximale de 1 et restent constants à cette valeur, donc il ne sera plus fiable et disponible après 4380 heures de travail, quand à la fréquence de l'événement redouté « surpression du four » elle augmente subitement sur l'intervalle {0h-876h} puis progressivement jusqu'à atteindre $2.8 \cdot 10^{-4}$.

Tableau IV.18: Résumé exécutif

Results	
Probability:	0.944
System unreliability:	0.998
System MTTR	8633

IV.3.3.2 Analyse du tableau IV.18 :

Le taux de défaillance du four par apport au scénario « surpression du four » est 0.944, donc c'est certain qu'il se produit sur une année.

Le manque de fiabilité du système sur une année augmente jusqu'à atteindre une valeur maximale de 0.998, donc au bout d'une année le four 11-F1 ne sera plus en état fiable pour accomplir sa mission de chauffage du pétrole brut.

Le MTTR (« Mean Time de Reaper » ou « temps moyen de réparation ») est égale à 8633 heures.

Tableau IV.19: CIF (Facteurs d'Importance Critique)

Event	Description	CIF
E836	BMS	0.86
E835	FRC bloqué ouverte	0.35
E838	IDP	0.4
E841	IF	0.15
E840	Fuie réseau de distribution vapeur	0.25

Tableau IV.20: Coupes minimales et leurs ordres

N°	Order	Probability	Event	Description
1	1	0.864	E836	BMS
2	1	0.352	E835	FRC bloqué ouverte
3	2	0.249	E838	IDP
			E840	Fuie tréseau de distribution vapeur
4	2	0.155	E838	IDP
			E841	IF

IV.3.3.3 Comparaison :

IV.3.3.3.1 Probabilité de défaillance du four 11-F1 :

La probabilité de défaillance du four 11-F1 à partir des données théoriques est moins inférieure que le taux de défaillance par apport aux données pratiques ($0.191 < 0.944$).

IV.3.3.3.2 System unreliability (Manque de fiabilité) :

Le manque de fiabilité du système à partir du modèle théorique est inférieur à celui du modèle pratique ($0.355 < 0.998$).

IV.3.3.3.3 Les coupes minimales :

Les probabilités des coupes minimales à partir des données théoriques sont dix fois plus faibles par rapport à celles des données pratiques.

A partir des données théoriques, la probabilité de la coupe minimale (E552.E555) pour provoquer la suppression du four 11-F1 est la plus élevée, contrairement aux coupes minimales à partir des données pratiques, la coupe minimale E836 est la plus probable.

IV.3.3.3.4 Le CIF (Facteurs d'Importance Critique):

A partir des données théoriques, la probabilité pour que l'IDP ait provoqué la suppression du four 11-F1 conduisant à son explosion est la plus élevée, contrairement aux données pratiques, la défaillance du BMS a la plus grande part.

Dans le cas de figure des données pratiques, l'événement « défaillance du BMS » est l'événement le plus critique.

IV.3.3.4 Interprétation des résultats :

Le taux de défaillance et le manque de fiabilité, ainsi que les probabilités des coupes minimales plus élevées que la normale du four par rapport à la normale indiquent qu'il est en état dégradé.

Les coupes minimales (E836) à partir des données pratiques est la combinaison des événements sur lesquels il est le plus intéressant de faire de la maintenance préventive et corrective pour atteindre la probabilité de la coupe minimale (E552.E555) à partir des données théoriques.

A partir des données pratiques, le facteur d'importance critique nous indique que l'événement « défaillance du BMS » est le meilleur candidat pour les efforts visant à améliorer la fiabilité du système et éviter son explosion.

IV.3.4 4^{ème} scénario : Retour de flamme à l'entrée des brûleurs :

Le retour de flammes à l'entrée des brûleurs est dû à la réalisation de tous les événements qui sont : la FRC est resté bloquée partiellement ouverte, la défaillance du BLS (Burner Management System), la défaillance du IF, et que la flamme d'un ilote est restée allumée, et soit une fuite d'une conduite de fuel gaz qui s'est produite soit à la défaillance d'une pompe P1 ou P2.

IV.3.4.1 Résultats de la modélisation expérimentale

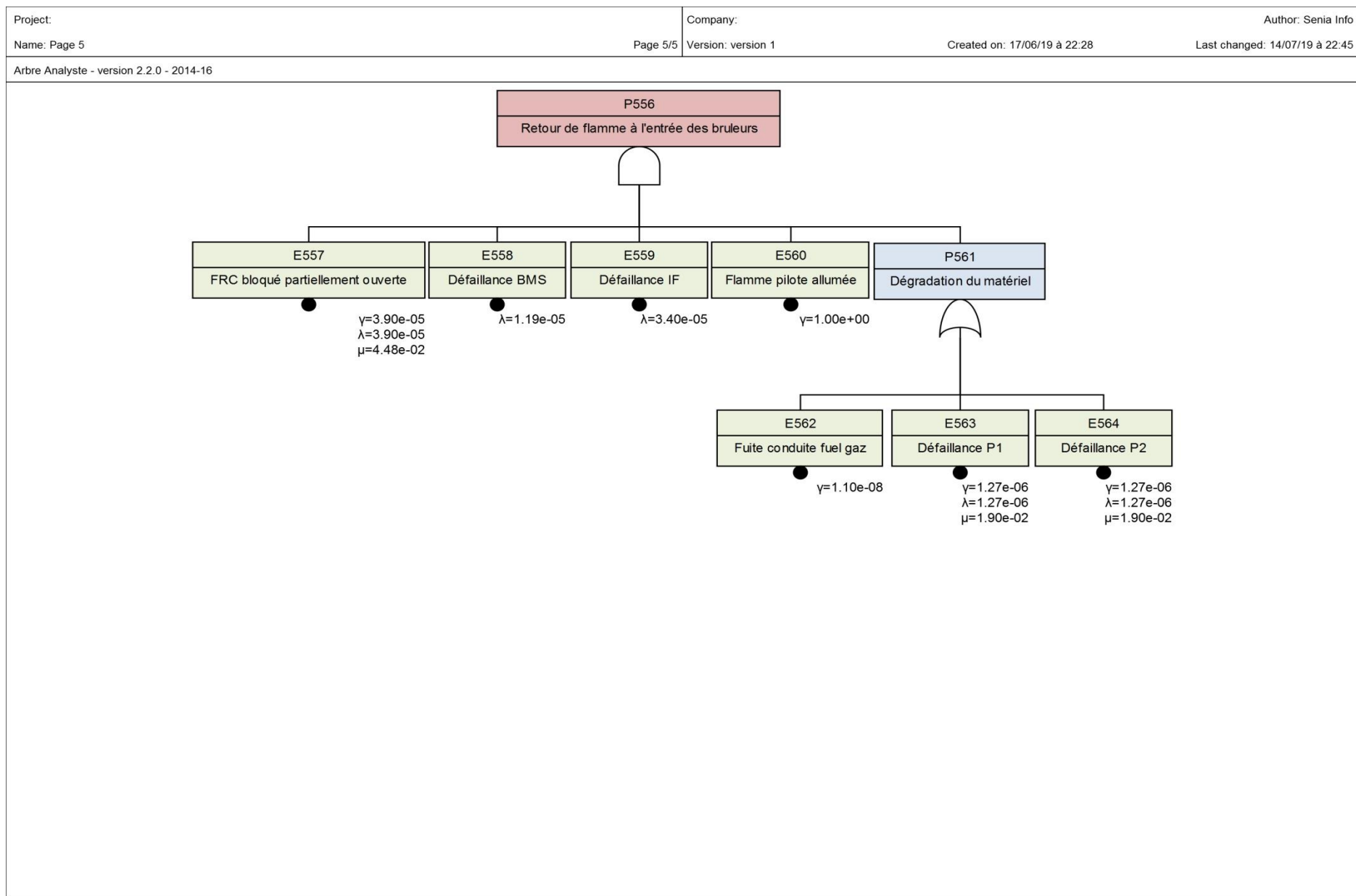


Figure IV.21: Modélisation expérimentale de l'arbre réduit

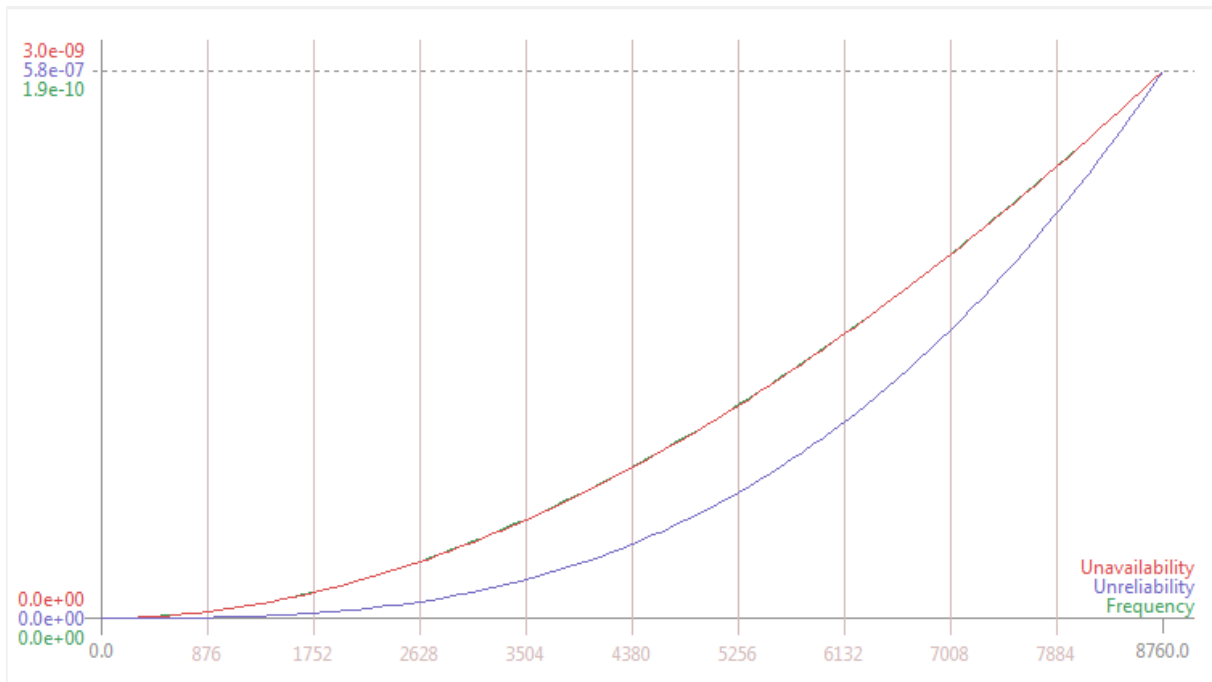


Figure IV.22: Courbe du manque de fiabilité du système

- Unreliability (manque de fiabilité)
- Unavailability (indisponibilité)
- Frequency (fréquence)

IV.3.4.1.1 : Analyse de la courbe du manque de fiabilité du système :

Sur l'intervalle [0h - 8760 h], le manque de fiabilité du système augmente en fait et à mesure jusqu'à atteindre une valeur de $5.8 * 10^{-7}$.

L'indisponibilité du four augmente quant à elle pour atteindre une valeur maximale de $3*10^{-9}$.

La fréquence de l'événement redouté « retour de flamme à l'entrée des brûleurs » elle augmente dans le temps pour atteindre une valeur de $1.9* 10^{-10}$.

Tableau IV.21: Résumé exécutif

Results	
Probability:	2.95e-09
System unreliability:	5.82e-07
System MTTR	44.47

IV.3.4.1.2 Analyse du tableau IV.21 :

Le taux de défaillance du four par apport au scénario « retour de flammes à l'entrée des brûleurs » est $2.95 \cdot 10^{-9}$.

Le manque de fiabilité du système sur une année augmente jusqu'à atteindre une valeur maximale de $5.95 \cdot 10^{-7}$.

Le MTTR (« Mean Time de Reaper » ou « temps moyen de réparation ») est égale à 44.47 heures.

Tableau IV.22: CIF (Facteurs d'Importance Critique)

Event	Description	CIF
E557	FRC bloqué partiellement ouverte	1
E560	Flamme pilote allumée	1
E559	Défaillance IF	1
E558	Défaillance BMS	1
E564	Défaillance P2	0.5
E563	Défaillance P1	0.5
E562	Fuite conduite fuel gaz	8.2e-05

Tableau IV.23: Coupes minimales et leurs ordres

N°	Order	Probability	Event	Description
1	5	1.48e-09	E557	FRC bloqué partiellement ouverte
			E558	Défaillance BMS
			E559	Défaillance IF
			E560	Flamme pilote allumée
			E564	Défaillance P2
2	5	1.48e-09	E557	FRC bloqué partiellement ouverte
			E558	Défaillance BMS
			E559	Défaillance IF
			E560	Flamme pilote allumée
			E563	Défaillance P1
3	5	2.44e-13	E557	FRC bloqué partiellement ouverte
			E558	Défaillance BMS
			E559	Défaillance IF

			E560	Flamme pilote allumée
			E562	Fuite conduite fuel gaz

IV.3.4.2 Résultats de la modélisation réelle

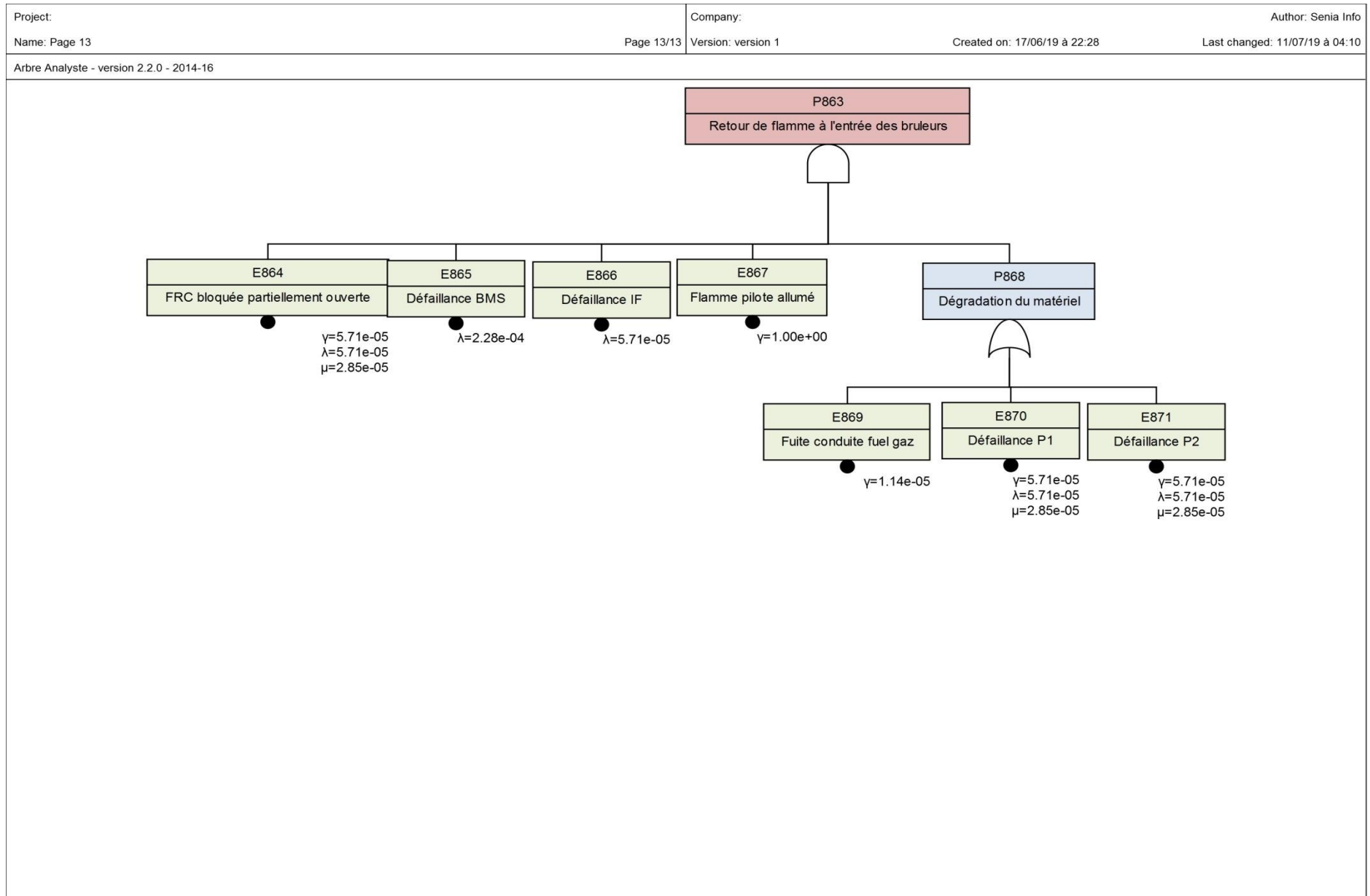


Figure IV.23: Modélisation réelle de l'arbre réduit

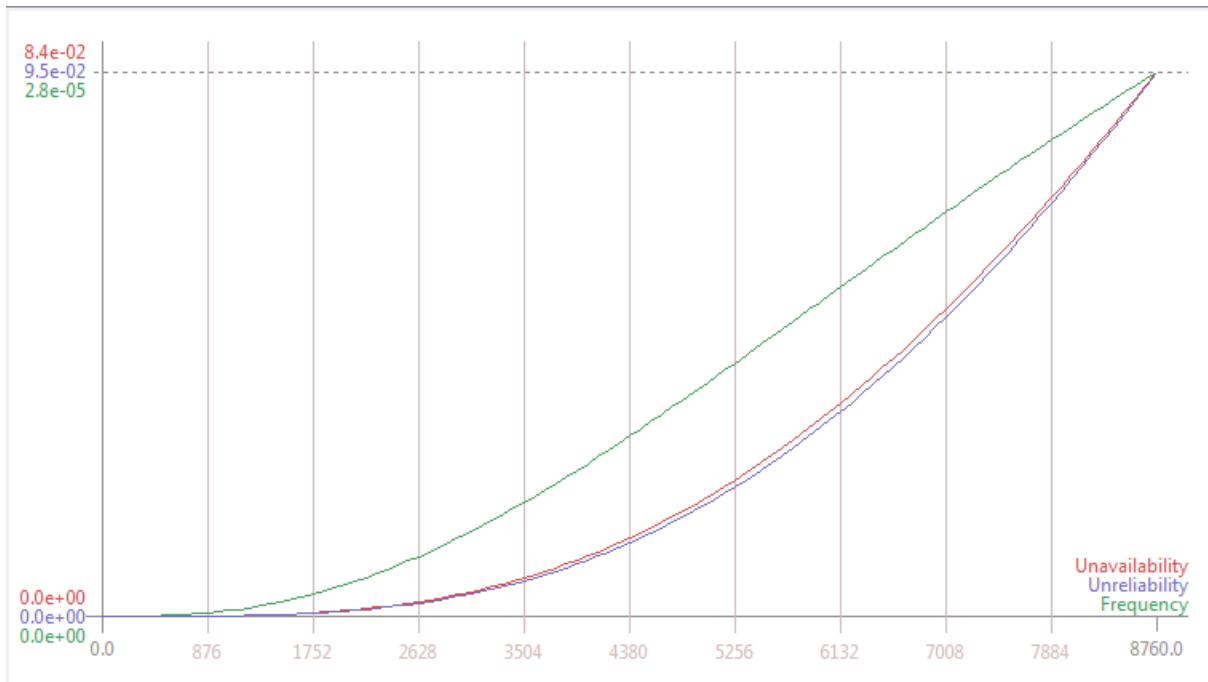


Figure IV.24: Courbe du manque de fiabilité du système

- Unreliability (manque de fiabilité)
- Unavailability (indisponibilité)
- Frequency (fréquence)

IV.3.4.2.1 : Analyse de la courbe du manque de fiabilité du système :

Sur l'intervalle [0h - 8760 h], le manque de fiabilité du système augmente en fur et à mesure jusqu'à atteindre une valeur de $9.5 * 10^{-2}$

L'indisponibilité du four augmente quand à elle pour atteindre une valeur maximale de $8.4 * 10^{-2}$.

La fréquence de l'événement redouté « retour de flamme à l'entrée des brûleurs » elle augmente dans le temps pour atteindre une valeur de $2.8 * 10^{-5}$.

Tableau IV.24: Résumé exécutif

Results	
Probability:	0.0825
System unreliability:	0.0952
System MTTR	7717

IV.3.4.2.2 Analyse du tableau IV.24 :

Le taux de défaillance du four par apport au scénario « retour de flammes à l'entrée des brûleurs » est $8.25 \cdot 10^{-2}$.

Le manque de fiabilité du système sur une année augmente jusqu'à atteindre une valeur maximale de $9.52 \cdot 10^{-2}$.

Le MTTR (« Mean Time de Reaper » ou « temps moyen de réparation ») est égale à 7717 heures.

Tableau IV.25: CIF (Facteur d'Importance Critique)

Event	Description	CIF
E867	Flamme pilote allumé	1
E866	Défaillance IF	1
E865	Défaillance BMS	1
E864	FRC bloquée partiellement ouverte	1
E871	Défaillance P2	0.5
E870	Défaillance P1	0.5
E869	Fuite conduite fuel gaz	1.6e-05

Tableau IV.26: Coupes minimales et leurs ordres

N°	Order	Probability	Event	Description
1	5	0.0421	E864	FRC bloquée partiellement ouverte
			E865	Défaillance BMS
			E866	Défaillance IF
			E867	Flamme pilote allumé
			E871	Défaillance P2
2	5	0.0421	E864	FRC bloquée partiellement ouverte
			E865	Défaillance BMS
			E866	Défaillance IF
			E867	Flamme pilote allumé
			E870	Défaillance P1
3	5	1.36e-06	E864	FRC bloquée partiellement ouverte
			E865	Défaillance BMS
			E866	Défaillance IF
			E867	Flamme pilote allumé
			E869	Fuite conduite fuel gaz

IV.3.4.3 Comparaison :

IV.3.4.3.1 Probabilité de défaillance du four 11-F1 :

La probabilité de défaillance du four 11-F1 à partir des données théoriques est 100000000 moins inférieure que le taux de défaillance par apport aux données pratiques ($2.95 \cdot 10^{-9} < 0.0825$).

IV.3.4.3.2 System unreliability (Manque de fiabilité) :

Le manque de fiabilité du système à partir du modèle théorique 100000000 est inférieur à celui du modèle pratique ($2.82 \cdot 10^{-7} < 0.0952$).

IV.3.4.3.3 Les coupes minimales :

Les probabilités des coupes minimales à partir des données théoriques sont 100000000 plus faibles par apport à celles des données pratiques.

A partir des données théoriques et pratiques, la combinaison des événements « FRC bloqué partiellement ouverte » et la « défaillance du BMS » et la « défaillance de l'IF » et la « flamme du pilote allumé » et la défaillance de soit « pompe P1 » ou la « pompe P2 » est la plus probable pour provoquer le retour de flamme.

IV.3.4.3.4 Le CIF (Facteurs d'Importance Critique):

A partir des données théoriques et pratiques, les probabilités de la « FRC bloqué partiellement ouverte » et la « défaillance du BMS » et la « défaillance du IF » et la « flamme du pilote allumé » sont les plus élevés et sont certains puisque qu'elles sont égales à 1, ceux sont les événements les plus critiques.

IV.3.4.4 Interprétation des résultats :

Le taux de défaillance et le manque de fiabilité, ainsi que les probabilités des coupes minimales plus élevées par apport à la normale indiquent qu'il est en état très dangereux.

Les deux coupes minimales citées précédemment par apport aux données pratiques, sont les combinaisons des événements sur lesquels il est le plus intéressant de faire de la maintenance préventive et corrective pour atteindre la probabilité des coupes minimales qui sont à partir des données théoriques.

A partir des données pratiques, les facteurs d'importance critique nous indiquent que les événements « FRC bloqué partiellement ouverte » et « défaillance BMS » et « défaillance IF » et « flamme du pilote allumé » sont les meilleurs candidats pour les efforts visant à améliorer la fiabilité du système et éviter son explosion.

IV.4 Simulation réelle des scénarios par le logiciel AgenaRisk :

IV.4.1 Simulation des probabilités d'occurrence des événements des sommets arbres :

IV.4.1.1 Simulation des Scénarios :

Après avoir identifié les causes les plus probables de ces quatre scénarios à partir des CIF par utilisation des taux de défaillance réels, nous allons maintenant voir les probabilités d'occurrence réelles de ces événements dangereux.

La quantification réelle des événements de base prise de l'avis des experts du site est donnée dans l'annexe V.

IV.4.1.1.1 Simulation de l'explosion du tube de pétrole brut

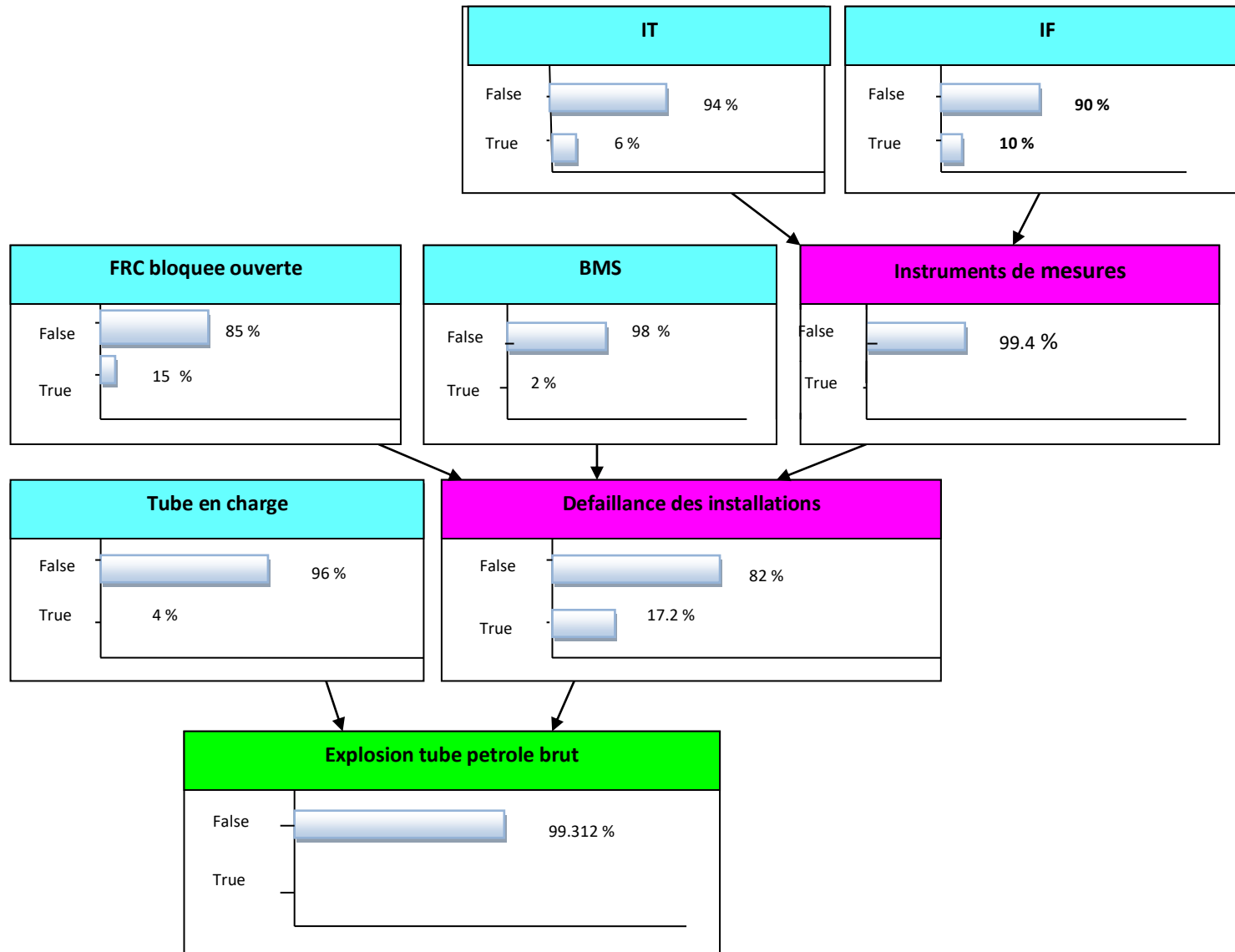


Figure IV.25: Simulation à priori de l'explosion d'un tube de pétrole brut

IV.4.1.1.2 Simulation de l'explosion du nuage de fuel gaz

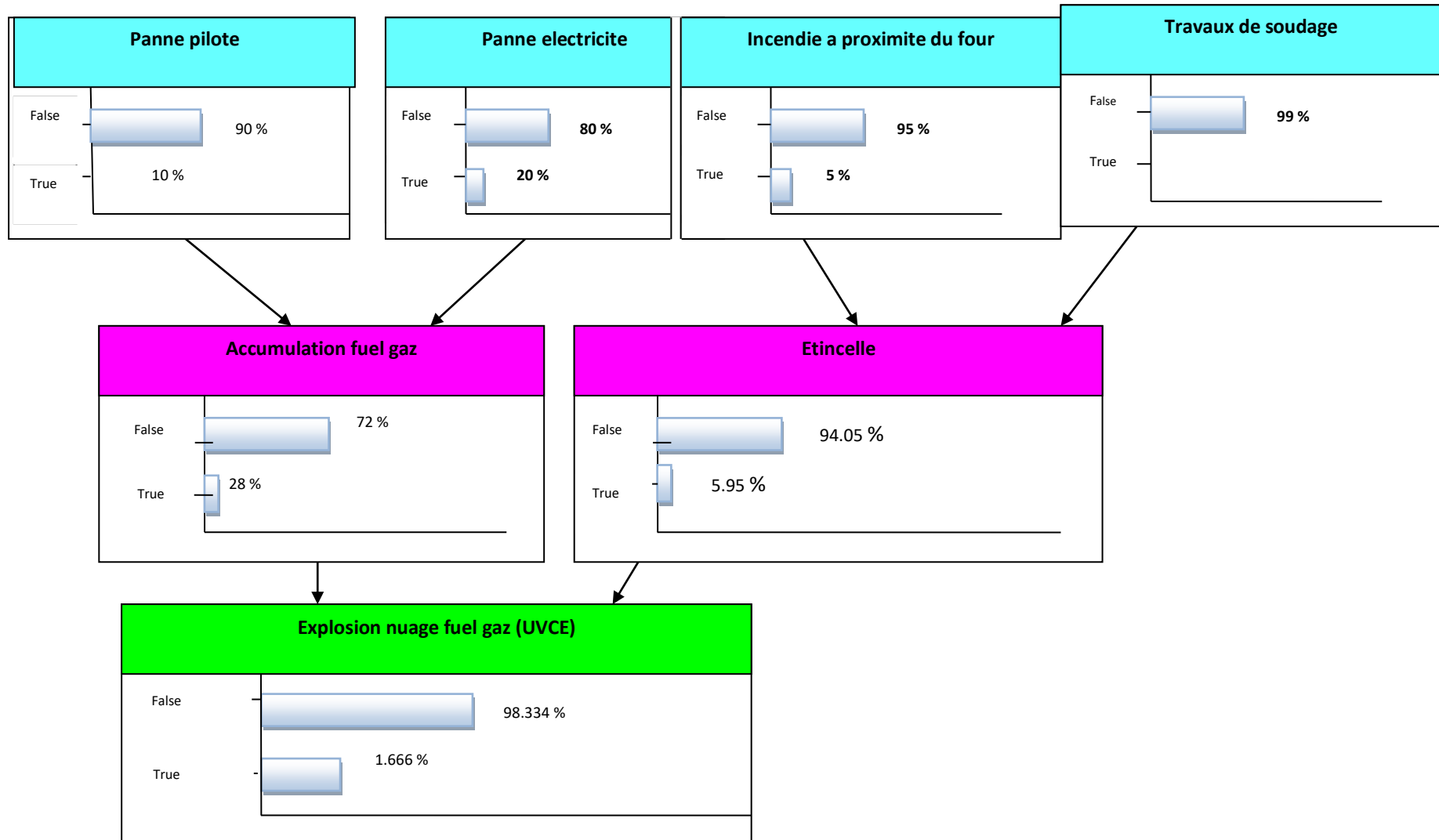


Figure IV.26: Simulation à priori de l'explosion d'un nuage de fuel gaz

IV.4.1.1.3 Simulation de la suppression du four 11-F1

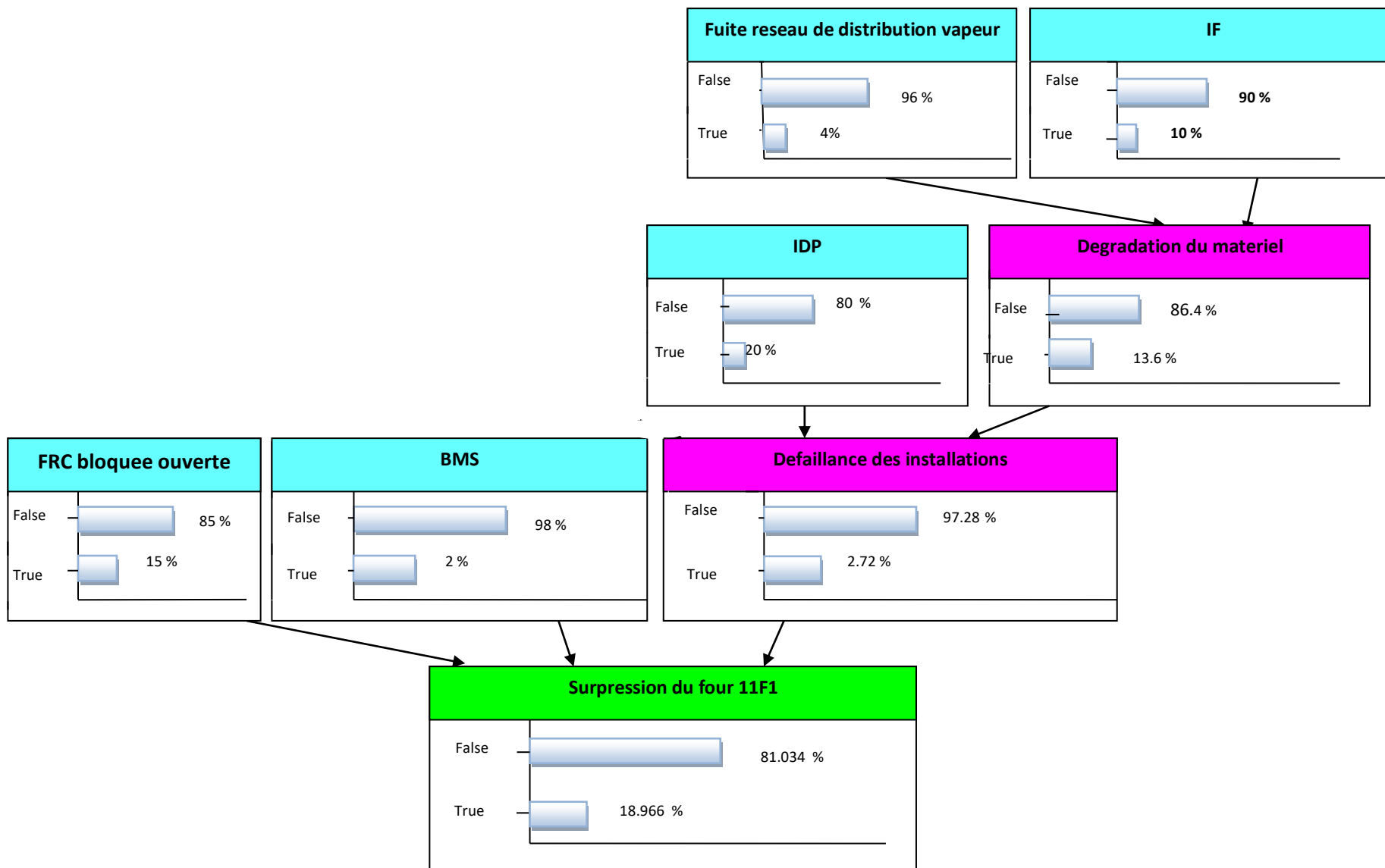


Figure IV.27: Simulation à priori de la suppression du four 11-F1

IV.4.1.1.4 Simulation du retour de flammes

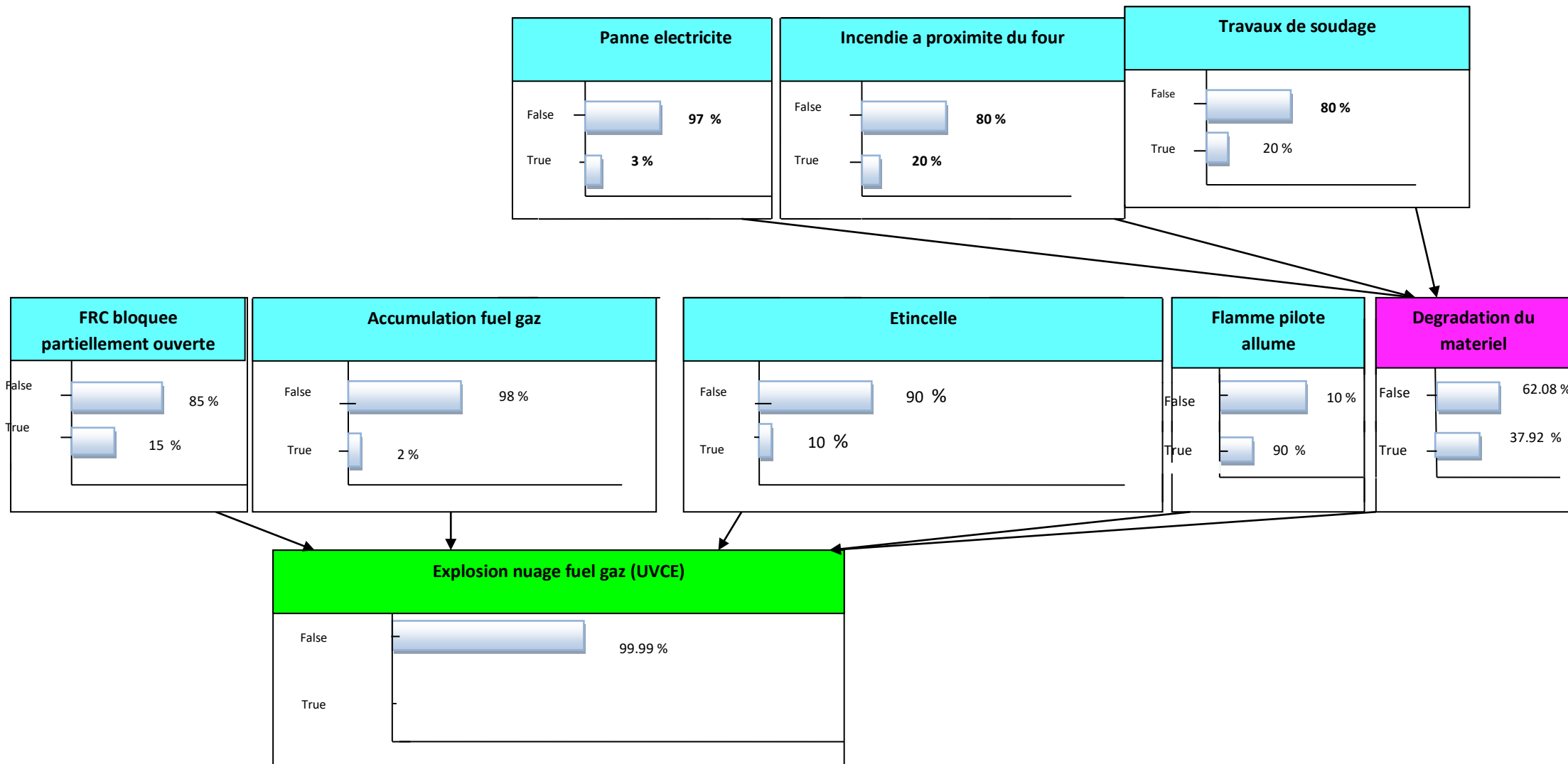


Figure IV.28: Simulation à priori du retour de flammes

IV.4.1.2 Interprétation des résultats :

La probabilité d'avoir :

- 1) l'explosion d'un des tubes de pétrole brut est égale à 0.688 %.
- 2) l'explosion d'un nuage de fuel gaz à l'intérieur de la chambre de combustion est égale à 1.666 %.
- 3) la surpression du four 11-F1 est égale à 18.966 %.
- 4) le retour de flamme à l'entrée des brûleurs est à égale à 0.01 %.

IV.4.2 Simulation des défiabilités totales des maillons faibles du système :

Dans cette partie, nous allons voir l'influence des principales causes des quatre types d'accident étudiés et montrer dans quelles proportions augmentent ces risques d'explosion et retour de flamme quand les défiabilités de ces événements de base sont portés à 1.

IV.4.2.1 Simulation des scénarios :

IV.4.2.1.1 Simulation de l'explosion du tube de pétrole brut

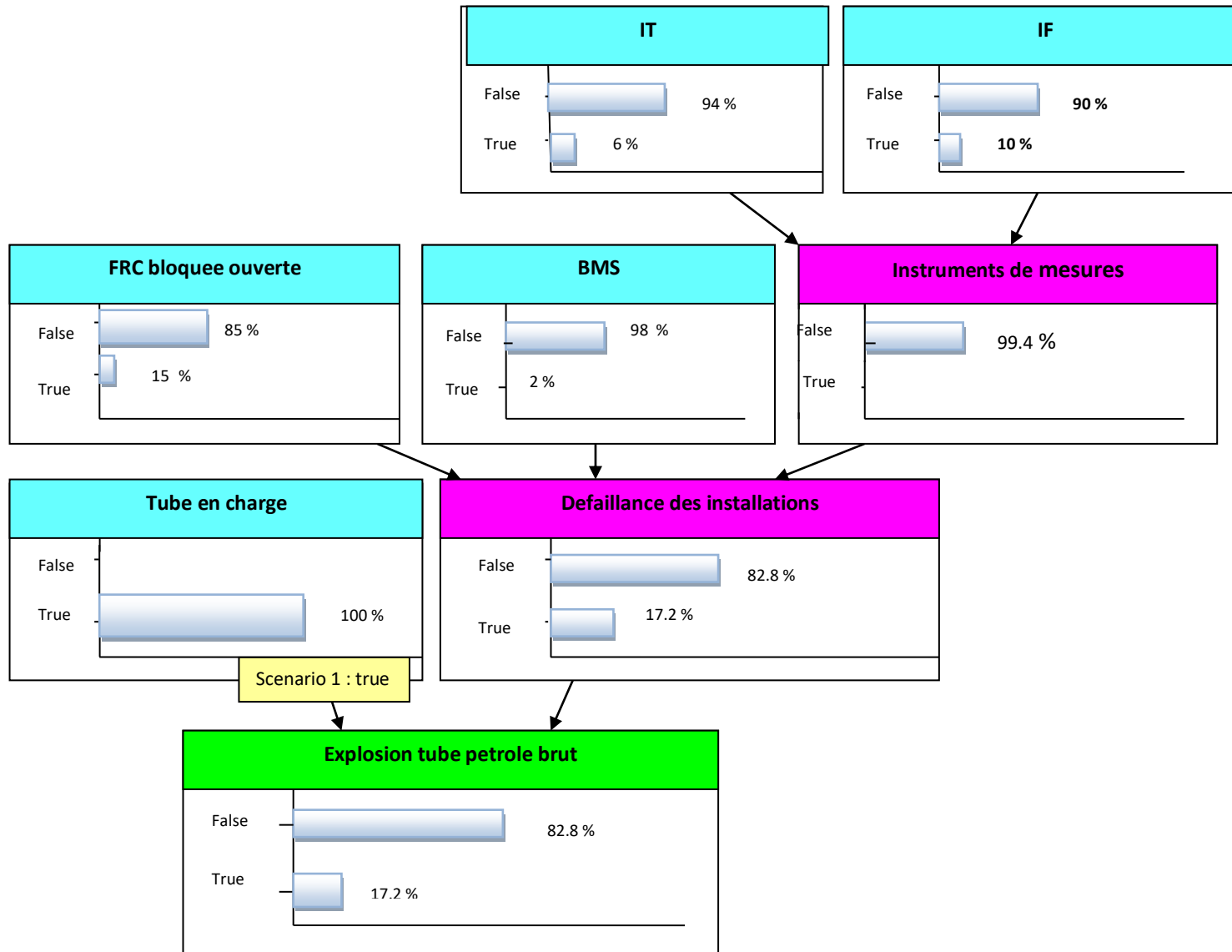


Figure IV.29: Simulation à postériori de l'explosion du tube de pétrole brut

IV.4.2.1.2 Simulation de l'explosion du nuage de fuel gaz

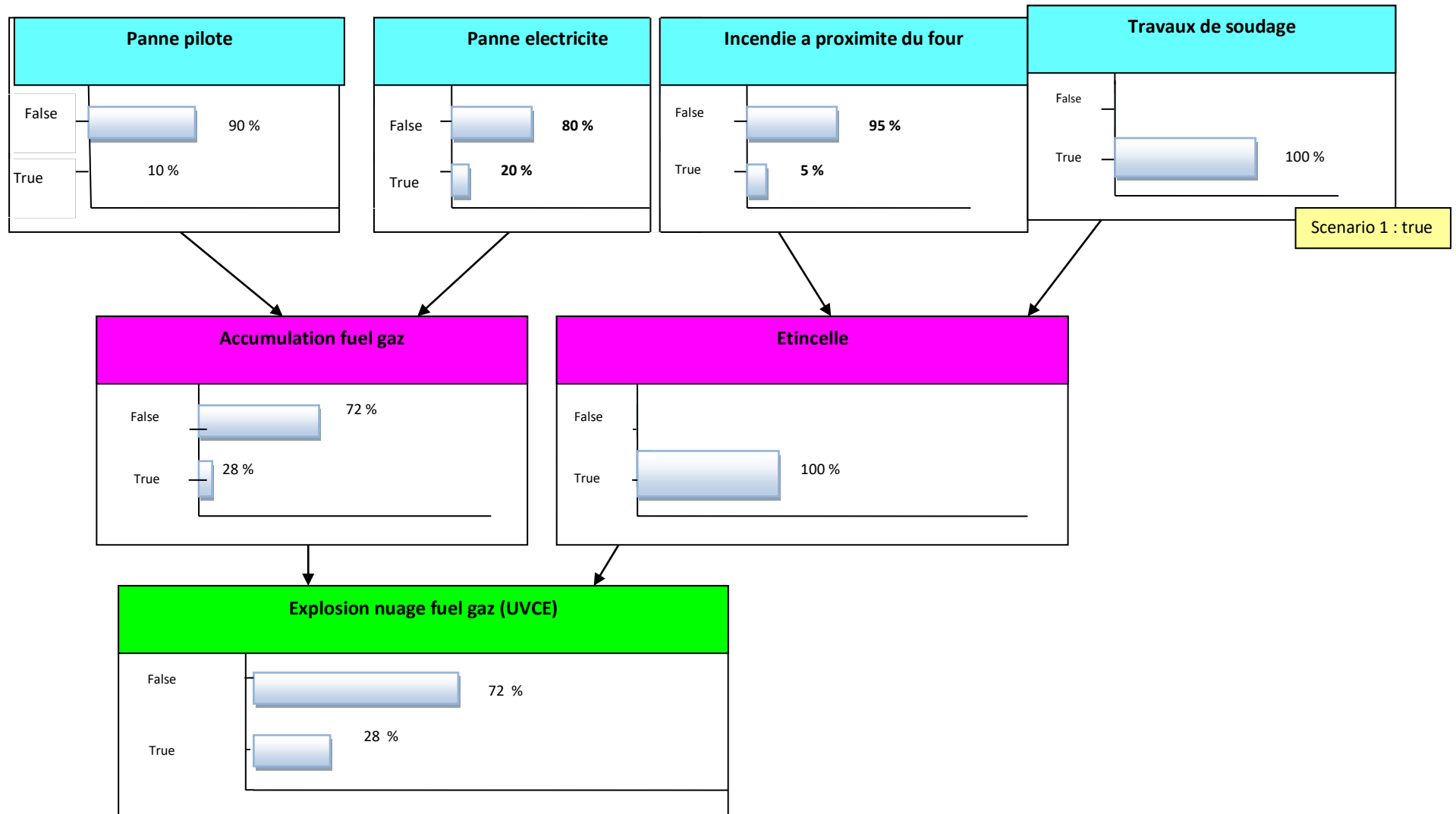


Figure IV.30: Simulation à postériori de l'explosion d'un nuage de fuel gaz

IV.4.2.1.3 Simulation de la suppression du four 11-F1

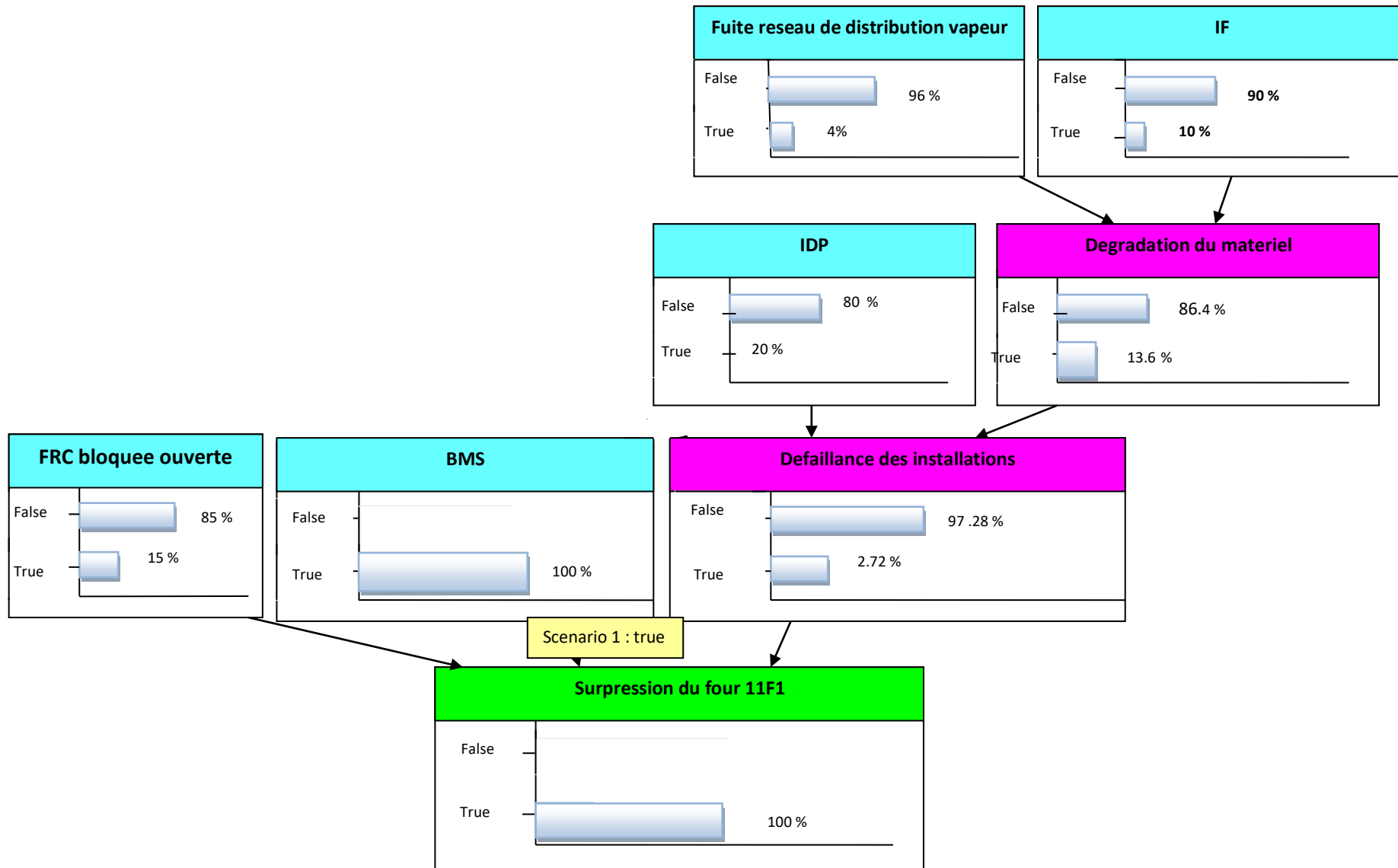


Figure IV.31: Simulation à postériori de la suppression du four 11-F1

IV.4.2.1.4 Simulation du retour de flammes

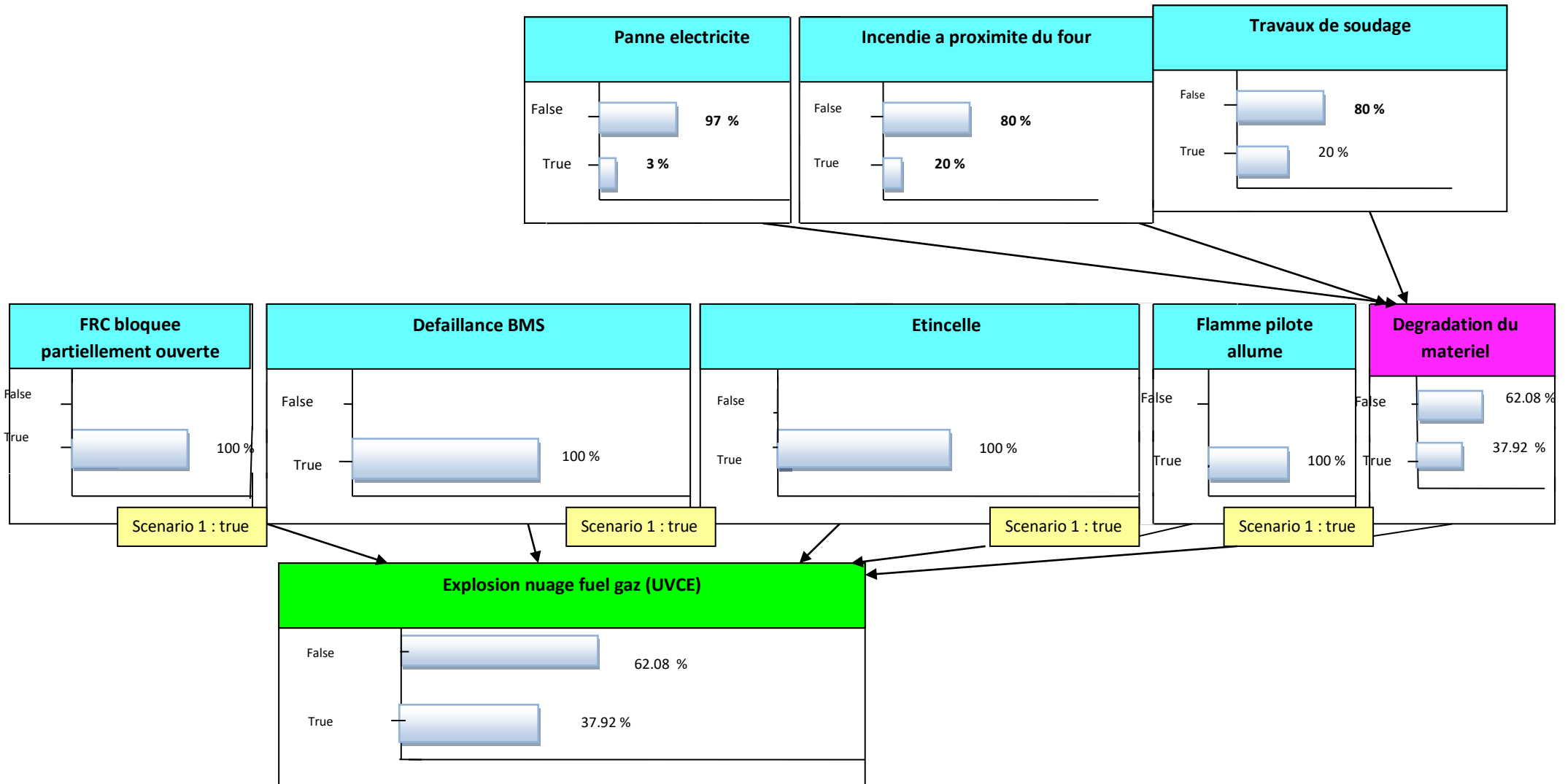


Figure IV.32: Simulation à postériori du retour de flammes à l'entrée des bruleurs

IV.4.2.2 Interprétation des résultats :

La probabilité pour que :

- 1) le tube de pétrole brut qui en charge cause son explosion est de 17.2 %.
- 2) les travaux dangereux causent l'explosion d'un nuage de fuel gaz à l'intérieur du four 11-F1 est de 28 %.
- 3) La défaillance du BMS cause la surpression du four 11-F1 est de 100 %.
- 4) La combinaison des événements « FRC bloqué ouverte », « défaillance du BMS », « défaillance de IF » et « flamme du pilote allumé » cause le retour de flamme à l'entrée des brûleurs est de 37.92 %.

IV.5 Matrice d'évaluation des risques :

Après analyse des scénarios « le retour de flamme » et « l'explosion du tube de pétrole brut » mentionnée dans la partie de l'analyse des accidents et retour d'expérience nous plaçons les quatre scénarios étudiés précédemment dans la grille de criticité-probabilité-gravité conformément aux critères d'évaluation des niveaux de probabilité - gravité utilisés au quotidien dans l'industrie présentés dans l'annexe VI.

		Probabilité d'occurrence (sens croissant de E vers A)				
		E	D	C	B	A
Gravité des conséquences sur les personnes exposées aux risques à l'intérieur de l'établissement	Désastreux (G5)					
	Catastrophique (G4)				Retour de flamme	
	Important (G3)		Explosion du nuage fuel gaz (UVCE)	Explosion du tube de pétrole brut		
	Sérieux (G2)					
	Modéré (G1)					Surpression du four 11-F1

Figure IV.33: Matrice d'évaluation des risques

Synthèse et évaluation :

Après diagnostic des résultats obtenus à l'aide du logiciel Arbre Analyste et à fin d'éviter :

- 1) L'explosion des tubes de pétrole brut à l'intérieur de la chambre de combustion du four 11-F1, il faut prévoir deux vannes de sectionnement en parallèle pour couper la charge en cas d'anomalie.
- 2) L'explosion d'un nuage de fuel gaz, il faut limiter les travaux de soudage sur le four 11-F1 et sensibiliser le personnel de façon à ce que lorsqu'ils sont fait, il est tenu en compte de la présence ou non d'une atmosphère explosible, car ils restent les causes non marginales d'accidents.
- 3) La surpression du four 11-F1, il est important de maintenir le niveau de fiabilité du BMS car c'est le composant le plus intéressant sur lequel il faut faire la maintenance préventive en plus de la maintenance corrective, car la maintenance corrective en elle même ne suffit pas puisque son poids influe énormément sur la défaillance du système et contribue à varier le risque de surpression associé au four 11-F1 dans d'importantes proportions.

4) Le retour de flamme, nous recommandons vivement l'installation de deux « coupes feux », reliés chacun à un débitmètre à l'entrée des brûleurs, en cas où l'un sera en panne l'autre prendra la relève.

Après simulation par utilisation du logiciel AgenaRisk, nous pouvons déduire que :

1) il y'a plus de chances d'avoir le scénario « surpression du four 11-F1 » que les autres scénarios.

2) malgré que la probabilité de l'événement de base « Défaillance du BMS » est très faible, lorsqu'il apparaît, son apparition se traduit par une forte augmentation du risque et rend impossible l'ensemble des barrières, car il est sûr qu'il entraînera la surpression du four 11-F1 (probabilité de la surpression du four 11-F1 = 100 %).

La matrice de criticité nous révèle que le scénario « retour de flamme » situés dans la zone rouge de risque élevé inacceptable nécessitent la prise de mesures urgentes pour réduire ces risques à un niveau acceptable. Quand aux scénarios « explosion du tube de pétrole brut », « explosion du nuage de fuel gaz » et « surpression du four 11-F1 » situés dans la zone ALARP (niveau le plus faible qu'il soit raisonnablement pratique d'atteindre), ils nécessitent la mise en place de mesures réduisant le niveau de probabilité ou de gravité, sinon des mesures de prévention doivent être mises en place à fin de maintenir ces risques à ce niveau.

Par ailleurs, les interventions de maintenance corrective et préventive sur le BMS, la FRC, le IF et le pilote sont prioritaires par rapport à ceux qui sont sur le tube de pétrole brut et les travaux de soudage, puisque les risques de retour de flamme et de surpression du four sont plus élevés que les risques d'explosion du tube de pétrole brut et d'explosion d'un nuage de fuel gaz.

CONCLUSION GENERALE

Selon les résultats sur la fiabilité du four 11-F1 par comparaison entre le graphe obtenu suite aux données théoriques expérimentales et le graphe obtenu suite aux données pratiques réelles sur terrain (avis des experts du site), notre cas d'étude ne rentre pas dans le modèle théorique expérimentale proposé puisqu'il y'a un écart entre le modèle étudié et le modèle théorique suite à plusieurs facteurs d'où la manière d'utilisation des équipements du four 11-F1, l'environnement où on trouve ces équipements et la politique de maintenance de l'entreprise influent énormément sur la décroissance de la fiabilité.

Il faut prendre en considération que le four 11-F1 a été construit en 1973, par conséquent il n'est pas neuf, et depuis, il n'a ni été rénové, ni des tests réguliers et une maintenance préventive systématique sur ses équipements et instruments de mesures ont été établis, sauf dans le cas de l'accident du retour de flamme en 2010 où la vanne automatique d'entrée du naphta lourd FRC a été remplacée par une autre par la suite. En plus, les maintenances correctives ne sont pas mentionnées dans l'historique des archives.

Et si nous voulons que la fiabilité du four 11-F1 soit normale et soit vraiment ce que nous attendons, il faut appliquer les normes API, les normes européennes et les normes ISO, établir des tests périodiques et une maintenance préventive systématique sur les équipements et les instruments les plus sensibles cités précédemment à fin d'éviter la survenue des quatre types de scénarios possibles de cinétique rapide et suite à cette action nous allons remarquer que les nouveaux taux de défaillance et de probabilités pratiques réelles sont inférieurs aux initiaux.

Cependant la mise à jour des données théoriques et expérimentales de la base de données Ourida et du site de l'IFP training nécessite une mise à jour des résultats des taux de défaillance, de MTTR selon ces recommandations, mais pour en sortir avec des nouvelles données théoriques il faut établir beaucoup d'essais sur un ensemble d'équipements.

ANNEXE I

DEFINITIONS PRINCIPALES :

Accident majeur :

C'est un événement tel qu'une émission, un incendie ou une explosion d'importance majeure résultant de développements incontrôlés survenus au cours de l'exploitation, entraînant pour la santé humaine ou pour l'environnement, à l'intérieur ou à l'extérieur de l'établissement, un danger grave immédiat ou différé, et faisant intervenir une ou plusieurs substances ou des préparations dangereuses.

Point éclair :

C'est la température la plus basse à laquelle un corps combustible émet suffisamment de vapeurs pour former, avec l'air ambiant, un mélange gazeux qui s'enflamme sous l'effet d'une source d'inflammation.

Température d'Auto-inflammation :

C'est la température à partir de laquelle une substance s'enflamme spontanément en l'absence de source d'inflammation.

UVCE :

Explosion confinée d'un nuage de gaz, c'est l'explosion d'un nuage de gaz ou de vapeurs combustibles.

Coupe minimale :

Coupe minimale ou chemin critique, c'est la plus petite combinaison d'événements entraînant à l'événement indésirable, c'est-à-dire, si un des événements d'une coupe minimale ne se produit pas, l'événement indésirable ne se réalise pas.

Les coupes minimales d'ordre minimal représentent en effet les maillons faibles du système

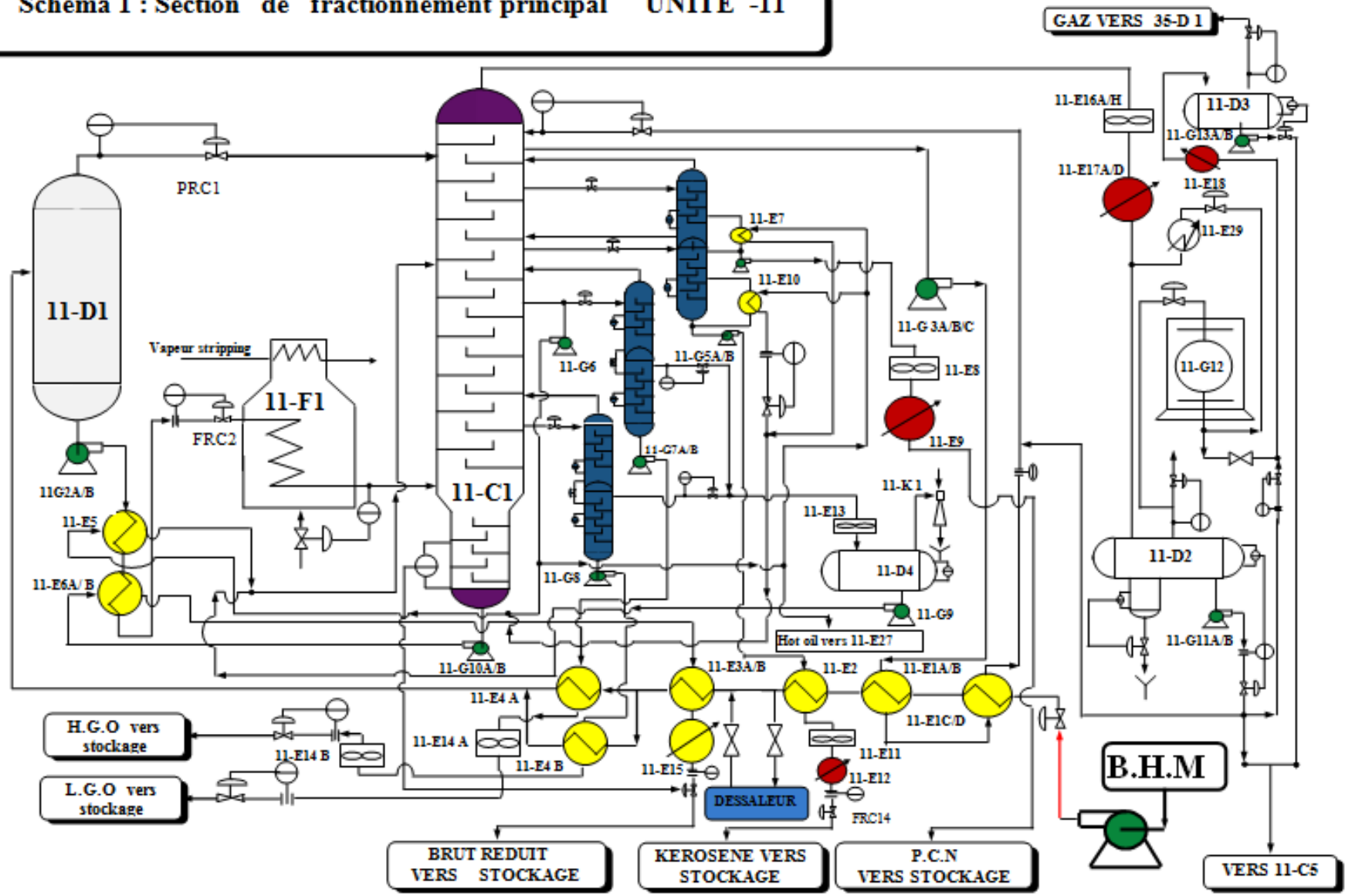
ANNEXE II



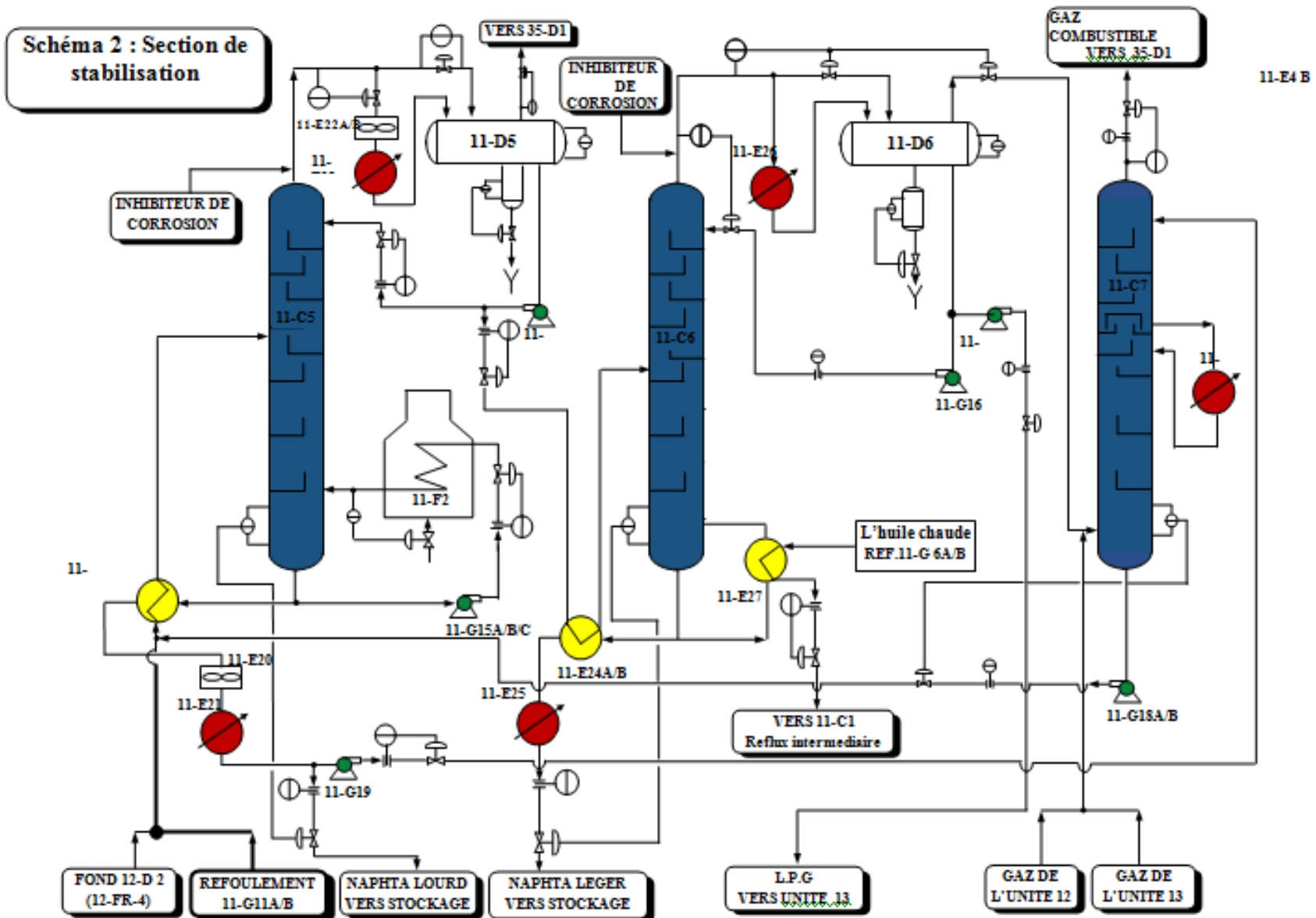
PHOTO BASE DE SONATRACH A HAUD EL HAMRA, 23 DECEMBRE 2010

ANNEXE III

Schéma 1 : Section de fractionnement principal UNITE -11



ANNEXE III



ANNEXE IV

Paramètres / Evenement -s	Tube en charge	BMS	IT	IF	Panne pilote	Panne électrique	Incendie à proximité du four	Travaux de soudage	IDP	Fuite réseaux de distribution vapeur	Fuite conduites fuel gaz	Pompes P1	Pompe P2	FRC bloqué ouverte	FRC bloqué partiellement ouverte	Flamme pilote allumé
γ (taux de défaillance à la sollicitation)	1.1/h	.	.	.	1.14* 10 ⁻⁴	2.28* 10 ⁻⁴ /h	6* 10 ⁻⁶ /h	6* 10 ⁻⁶ /h	.	1* 10 ⁻⁷ /h	1* 10 ⁻⁸ /h	1.27* 10 ⁻⁶ /h	1.14* 10 ⁻⁵ /h	22.45* 10 ⁻⁶ /h	39* 10 ⁻⁶ /h	9.99 *10 ⁻² /h
λ (taux de défaillance)	.	1.19* 10 ⁻⁵ /h	8* 10 ⁻⁵ /h	3.4* 10 ⁻⁵ /h	.	.	.	.	5.71* 10 ⁻⁵ /h	.	.	1.27* 10 ⁻⁶ /h	1.14* 10 ⁻⁵ /h	22.45* 10 ⁻⁶ /h	39* 10 ⁻⁶ /h	.
μ (taux de réparation)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.9* 10 ⁻² /h	1.9* 10 ⁻² /h	2.68* 10 ⁻² /h	4.48* 10 ⁻² /h	.

TAUX DE DÉFAILLANCE THÉORIQUES DES ÉQUIPEMENTS

ANNEXE IV

Paramètres / Événement-s	Tube en charge	BMS	IT	IF	Panne pilote	Panne électrique	Incendie à proximité du four	Travaux de soudage	IDP	Fuite réseaux de distribution vapeur	Fuite conduites fuel gaz	Pompes P1	Pompe P2	FRC bloqué ouvert-e	FRC bloqué partiellement ouverte	Flamme pilote allumé
γ (taux de défaillance à la sollicitation)	9.99 *10 ⁻² /h	.	.	.	1.14*10 ⁻⁴	2.28*10 ⁻⁴ /h	1.24*10 ⁻⁵ /h	2.28*10 ⁻⁴ /h	.	1.14*10 ⁻⁴ /h	1.14*10 ⁻⁵ /h	1.14*10 ⁻⁵ /h	1.14*10 ⁻⁵ /h	5.71*10 ⁻⁵ /h	5.71*10 ⁻⁵ /h	9.99 *10 ⁻² /h
λ (taux de défaillance)	.	2.28*10 ⁻⁴ /h	5.71*10 ⁻⁵ /h	5.71*10 ⁻⁵ /h	.	.	.	.	5.71*10 ⁻⁵ /h	.	.	1.14*10 ⁻⁵ /h	1.14*10 ⁻⁵ /h	5.71*10 ⁻⁵ /h	5.71*10 ⁻⁵ /h	.
μ (taux de réparation)	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.28*10 ⁻⁴ /h	2.28*10 ⁻⁴ /h	2.28*10 ⁻⁴ /h	2.85*10 ⁻⁵ /h	.

TAUX DE DÉFAILLANCE PRATIQUES DES ÉQUIPEMENTS

ANNEXE V

Probabilité / Evenement-s	Tube en charge	BMS	IT	IF	Panne pilote	Panne électrique	Incendie à proximité du four	Travaux de soudage	IDP	Fuite réseaux de distribution vapeur	Fuite conduites fuel gaz	Pompes P1	Pompe P2	FRC bloqué ouverte	FRC bloqué partiellement ouverte	Flamme pilote allumé
P (probabilité d'occurrence)	96 %	2 %	6 %	10 %	10 %	20 %	5 %	1 %	20 %	4 %	3 %	20 %	20 %	15 %	15 %	90 %

PROBABILITÉ DE DÉFAILLANCE DES ÉQUIPEMENTS

ANNEXE VI

Niveau de probabilité	Définition
1	Ne s'est jamais produit dans la profession
2	S'est déjà produit dans la profession
3	S'est déjà produit dans la société d'appartenance du site
4	S'est déjà produit sur le site
5	S'est produit plusieurs fois sur le site

NIVEAUX DE PROBABILITÉS UTILISÉS AU QUOTIDIEN DANS L'INDUSTRIE

ANNEXE VI

Niveau de Gravité	Conséquences			
	Sécurité et santé des Personnes	Environnement	Économie de l'entreprise	Réputation vis a vis du public
1 (Pas de conséquence)	<ul style="list-style-type: none"> Pas de blessure Pas d'atteinte à la santé 	<ul style="list-style-type: none"> Effet restant confiné dans l'enceinte de l'usine 	<ul style="list-style-type: none"> Pas d'interruption de la mission de production Impact économique < 7500 Euros 	<ul style="list-style-type: none"> Impact limité à la communication dans l'usine Quelques tiers peuvent être au courant
2 (Conséquences Mineures)	<ul style="list-style-type: none"> Accident de personne sans arrêt de travail. Atteinte à la santé réversible 	<ul style="list-style-type: none"> Effet mineur et passager correspondant à un dépassement isolé des normes de rejets Plainte isolée d'un riverain 	<ul style="list-style-type: none"> Interruption de la mission pour une durée < 24 heures Impact économique < 75 000 Euros 	<ul style="list-style-type: none"> Impact limité à quelques tiers proche de l'usine Impact médiatique local sans articles dans la presse
3 (Conséquences modérées)	<ul style="list-style-type: none"> Accident avec arrêt de travail et invalidité momentanée ou définitive. Atteinte à la santé avec perte de capacité ou déclaration de maladie professionnelle 	<ul style="list-style-type: none"> Effet limité à l'environnement de l'usine du à des produits de toxicité connue Plusieurs plaintes de riverains 	<ul style="list-style-type: none"> Arrêt partiel des installations pour une durée > 24 heures mais pouvant être redémarrées par les moyens du site Impact économique < 750 000 Euros 	<ul style="list-style-type: none"> Les habitants des localités voisines sont informées Information écrite dans la presse locale ou communiqués par les radios locales et ou la TV régionale
4 (Conséquences graves)	<ul style="list-style-type: none"> Décès ou incapacité permanente limités au personnel de l'usine Maladie professionnelle grave limité au personnel de l'usine 	<ul style="list-style-type: none"> Atteinte sévère à l'environnement nécessitant la mise en œuvre du POI pour éviter la propagation des effets à l'extérieur 	<ul style="list-style-type: none"> Interruption de longue durée des installations (> à 2 semaines) Impact économique < 7 500 000 Euros 	<ul style="list-style-type: none"> L'ensemble du pays est informé Information écrite dans la presse nationale et communiqués important sur les chaînes nationales de TV Mobilisation de mouvements écologistes
5 (Conséquences très graves)	<ul style="list-style-type: none"> Plusieurs décès ou incapacités permanentes à l'intérieur et à l'extérieur de l'usine 	<ul style="list-style-type: none"> Atteinte sévère au système écologique de la région Intoxication des populations environnantes nécessitant la mise en œuvre du PPI 	<ul style="list-style-type: none"> Destruction complète d'installation avec potentielle fermeture du site ou licenciements Impact économiques 7 500 000 Euros Destruction d'habitations ou de bâtiments à l'extérieur de l'usine 	<ul style="list-style-type: none"> Information écrite dans les presses internationales Image négative véhiculée par les informations télévisées internationales Impact sur l'ensemble de la profession

EXEMPLE DE CRITERES D'EVALUATION DU NIVEAU DE GRAVITE UTILISE AU QUOTIDIEN DANS L'INDUSTRIE

REFERENCES BIBLIOGRAPHYQUES

[1] : TOUAHAR Bachir. Modélisation et Simulation Numérique Pour La Dispersion Atmosphérique De Polluants. Mémoire en Hygiène Et Sécurité Industrielle, Institut de et Sécurité Industrielle, Université de BATNA - HADJ LAKHDAR, 2013. Disponible sur : [file:///C:/Users/Senia%20Info/Downloads/hyg%20TOUAHAR%20BACHIR%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Senia%20Info/Downloads/hyg%20TOUAHAR%20BACHIR%20(1).pdf) (consulté en Juin 2019).

[2] : BENAMAR Ahmed et DIOUANI Otmane. Etude de la performance de la colonne sous vide C101 de la zone 5 de la raffinerie d'ARZEW, Mémoire en Industries pétrochimiques, Institut de Maintenance et Sécurité Industrielle. Université d'Oran 2 - MOHAMED BEN AHMED, 2017.

[3] : Jérôme DAUBECH, Emmanuel LEPRETTE, Christophe PROUST. RAPPORT D'ÉTUDE, Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs, Les explosions non confinées de gaz et de vapeurs - Ω UVCE. Disponible sur : <https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/omega-uvce-final-2-avec-couv-sign-1468920253.pdf> (consulté en Juillet 2019).

[4] : Laure HEUDIER. RAPPORT D'ÉTUDE, Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs, Les éclatements de capacités, phénoménologie et modélisation des effets - Ω 15. Disponible sur : <https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/omega15-eclatement-reservoir-125630-04945b-2-1389868766.pdf> (consulté en Juillet 2019).

[5] : Briqueterie LAMOUR. ETUDES DE DANGERS. Disponible sur : <http://www.nord.gouv.fr/content/download/5884/35705/file/3%20ETUDE%20DANGERS%20Briqueterie%20Lamour%20Roucourt.pdf> (consulté en Juin 2019).

[6] : NOURI Abdelfattah. Extraction des aromatiques, étude d'un échangeur 200-E2. Mémoire en Génie des procédés, Université d'EL-OUED, 2014. Disponible sur : <https://docplayer.fr/34126820-Memoire-de-fin-d-etudes-master.html> (consulté en Juin 2019).

[7] : Kribi Souhila, Ledrux Yann. Chapitre B1-P1 : Topping. Etude de dangers de la raffinerie d'Arzew, Sonatrach/Activité Aval/Division raffinage EDD et AE. Bertin TECHNOLOGIES.

[8] : SINTEF Industrial Management. OREDA Offshore Reliability Data Handbook 4th Edition. Base de données 2002.

[9] : Ingénieurs en Sécurité Industrielle. Risk Management (Management des Risques SHE) SÉCURITÉ DES SYSTÈMES - ANALYSE DE RISQUES ÉVALUATION D'UN NIVEAU DE RISQUE. ENSPM Formation Industrie - IFP Training, 14 Septembre 2005.

[10] : Cdang. Effet de souffle. WIKIPÉDIA. Disponible sur <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Effet_de_souffle&action=info> (consulté en Juillet 2019).

[11] : Arbre Analyste Capitaliser et standardiser les modélisations par arbres de défaillances. Disponible sur <<https://www.arbre-analyste.fr/doc/doku.php/accueil>> (consulté en Juillet 2019).

[12] : National Oceanic And Atmospheric Administration, U.S. Environmental Protection Agency. The CAMEO Software Suite ALOHA Example Scenarios. Disponible sur : <https://response.restoration.noaa.gov/sites/default/files/ALOHA_Examples.pdf> (consulté en Juillet 2019).

[13] : Wassila. Présentation de la raffinerie d'Arzew, Mémoire en Sécurité Industrielle Préventive, Raffinerie d'Arzew, 2017.

[14] : MAKHLOUF Karim. Rapport UFR Gaz Refining & Petrochemistry. Ecole de Boumerdès, Mars 2013.

[15] : media etudiant. Rapport de stage .net Conseils et exemples de rapports de stages gratuits. Disponible sur <<http://rapport-de-stage.net/annexes-bibliographie.php>> (consulté en Juillet 2019).

[16] : Algeria - Watch. Explosion à la raffinerie de Skikda. Informations sur la situation des droits humains en Algérie. Disponible sur <<https://algeria-watch.org/?p=10240>> (consulté en Juin 2019).

[17] : Raouf BENGRIPI PRODUCTION DES CARBURANTS. ACTIVITE AVAL Raffinerie d'Arzew RA1Z, 2015.

[18] : Pouvoir calorifique. WIKIPÉDIA. Disponible sur : <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Pouvoir_calorifique&action=info> (consulté en Juin 2019).

[19] : Vidéo. Renard Fenec, 20 Janvier 2013, 3:59.

[20] : MERAHBAOUI FAIZA. Étude de dangers et simulation d'emballage thermique sur un réacteur de synthèse d'ammoniac, Mémoire en Sécurité Industrielle Prévention/ Intervention, Institut de Maintenance et Sécurité Industrielle. Université d'Oran 2 MOHAMED BEN AHMED, 2011.

[21] : Glosbe. ALARP en français. Glosble – le dictionnaire multilingue en ligne. Disponible sur : <<https://fr.glosbe.com/fr/fr/ALARP>> (consulté en Juillet 219).

[22] : ALARP. WIKIPEDIA. Disponible sur : <<https://en.wikipedia.org/wiki/ALARP>> (consulté en Juillet 2019).

[23] : HAZOP. WIKIPEDIA. Disponible sur : <<https://fr.wikipedia.org/wiki/HAZOP>> (consulté en Juillet 2019).