0REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE LENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de **T**echnologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : Hygiène et sécurité industrielle

Spécialité : Hygiène et sécurité industrielle

Prévention de risque par la méthode ADD(arbre de défaillance) , étude de cas

---

Présentée par

YAICHE Imed Eddine

CHEDDANI Mohammed

Proposé et Dirigé par

Promoteur : Mr. SARRAI Abdelaziz

Promotrice : Mme. AIFA Sarah

Promotion 2023

Remerciements

Au terme de cette mémoire, je tiens à remercier, tout naturellement en premier lieu, ***Dieu Le Tout Puissant ALLAH*** *qui m'a donné la force, le courage et la patience de bien mener ce travail.*
Tous nos remerciements et remerciements au promoteur ***Mr. SARRAI Abdelaziz*** *et* ***Mme. AIFA Sarah*** *pour leur aide, leur soutien et leur motivation, grâce auxquels nous avons pu terminer la thèse de fin d'études.*

Je voudrais remercier tous les travailleurs du département d'hygiène sécurité de l'environnement de l'entreprise HAYAT, Et un merci spécial aux ingénieurs ***DEHILIS Toufik****,* ***Mohamed Hadj Mohamed, MADJEN Amine,*** *pour être resté avec nous tout au long de la période formation, ils n'ont pas hésité à nous aider.*

Je tiens à remercier tous les enseignants, en particulier ***BOUKORT Hocine****, et les étudiants de la branche Hygiène et sécurité du travail pour les belles journées que nous avons passées.*

Je remercie tous ***les travailleurs de la bibliothèque*** *pour tous leurs efforts pour nous aider dans ce travail.*

Dédicace

A mes parents, *Ceux qui m'ont soutenu et encourage durant ces années d'études y trouveront peut-être le témoignage de ma profonde gratitude envers eux.*

A mes frères, *ceux qui ont partagés avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail. Ils m'ont chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours.*

A ma famille, *mes proches et à ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité.*

A tous mes amis, *qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de succès. A tous ceux que j'aime.*

À mon ami et frère*, que ma mère n'avait pas, YAICHE Imad Eddine des années que nous avons passées ensemble et nous avons divisé tout ce qui est beau, et je lui souhaite une vie heureuse.*

Merci

Mohamed. CH

Dédicace

Je dédie ce travail à mon cher père . اللهم إرحمه و أسكنه فسيح جناتك

Tu as joué un rôle majeur dans mon encouragement et mon inspiration tout au long de ma vie. Tu m'as appris les valeurs de la patience et de l'effort dans tout ce que je fais. Je ne peux pas exprimer suffisamment ma gratitude pour tout l'amour et le soutien que tu m'as apportés.

Je dédie ce travail à ma chère mère qui m'a aidé par ses prières à accomplir cette tâche. Elle a été une source de soutien et d'encouragement. Grâce à elle, j'ai pu réaliser ce que je suis aujourd'hui.

À mes frères, Mohammed, Diaa, Nadir, Ibrahim Taki Eddine, je leur souhaite tout le succès et la réussite dans leur vie.

À la famille YAICHE en particulier à Mohammed et Omar et Ayman.

Et à la famille MAAMRI en particulier à Jamal, Mohammed et Ahmed. Un grand merci et une grande appréciation pour leur soutien moral.

À mes camarades d'études, SELMI Ahmed, BENSAADA Lounis, OUSSALEM Yazid ZERHOUNI Khaled, KHILIFI Mohammed. Je les remercie pour les beaux jours que nous avons vécus ensemble tout au long de notre parcours scolaire.

À mon binôme CHEDDANI Mohammed, un grand merci et une grande appréciation pour ce que tu as apporté.

À mes chers amis Mustafa, Djamel, Akram, Karim, Sid Ahmed, Badreddine,Farouk, Taki, Yakoub, Adel, Ramzi. Je leur souhaite tout le succès dans leur vie.

YAICHE Imad Eddine

ملخص:

تلعب شبكة الحماية من الحرائق دورًا مهمًا للغاية عند الاستجابة للحرائق التي تحدث في البيئة الصناعية. يجب ضمان موثوقيتها وتوافرها من خلال عمليات الفحص المنتظمة والدراسات الوقائية باستخدام طرق تحليل المخاطر مثل شجرة الأعطال.

في هذا العمل درسنا مدى موثوقية وتوافر شبكات مكافحة الحريق التابعة لشركة الحياة من خلال طريقة تحليل شجرة الفشل.

الكلمات الدالة:

المخاطر ، إضافة ، الوقاية ، شبكة الحماية من الحرائق.

Abstract:

The fire protection network plays a very important role when responding to fires that occurin the industrial environment. Its reliability and availability must be ensured by regular checks and by preventive studies using risk analysis methods such as the Fault Tree.

In this work, we studied the reliability and the availability of anti fire networks of the company El Hayat by the method of analysis Tree of failure.

Keywords:

Risk, ADD, prevention, fire protection network.

Résumé :

Le réseau anti-incendie joue un rôle très important au moment de l'intervention contre les incendies qui surviennent dans le milieu industriel. Il faut assurer sa fiabilité et sa disponibilité par les contrôles réguliers et par les études préventives en utilisant les méthodes d'analyse de risque tel que et Arbre Des Défaillances.

Dans ce travail, nous avons étudié la fiabilité et la disponibilité de réseaux anti incendie de la société el Hayat par la méthode d’analyse Arbre de défaillance.

Mots clés :

Risque, ADD, prévention, réseau anti- incendie.

Sommaire :

Remerciements.....

Dédicace.....

Résumé.....

Liste des abréviations.....

Liste des tableaux.....

Liste des figures.....

Introduction générale 1

CHAPITRE I : Généralité sur les risques incendies et les méthodes d'analyse des risques .3

Introduction 3

1. Notions de base et définitions 3

1.1 QHSSE 3

1.2 Danger Vs Risque 3

1.3 Maitrise des risques 4

2. Section1 : Généralité sur les risques incendies 6

2.1 Définition de l'incendie 6

2.2 Classement des feux 7

2.3 Modes de propagation 8

2.4 Les causes de l'incendie 9

2.5 Les sources d'incendie 9

2.6 Moyens de prévention d'incendie 10

3. SECTION2 : Généralité sur les méthodes d'analyse des risques 11

3.1 Gestion des risques 11

3.2 Le processus d'analyse et d'évaluation des risques 11

3.3 Analyse des risques 12

3.3.1 Définition de l'analyse des risques 12

3.3.2 Les avantages de l'analyse des risques 13
3.3.3 La formalisation des étapes de l'analyse des risques.....13
3.3.4 Classification des méthodes d'analyse des risques 13
3.3.5 Les méthodes d'analyse des risques..... 16
3.3.6 Critères de choix pour les principales méthodes d'analyse des risques.....21
CHAPITRE II : Présentation de la méthode arbre de défaillance 23
Introduction..... 23
1. Historique et domaine d'application 23
2. Définition..... 23
3. Principe de l'ADD 23
4. Caractéristiques de l'ADD 24
5. Les objectifs de l'analyse par arbre des défaillances 25
6. Définition des événements 25
6.1 Événement redouté 25
6.2 Événements intermédiaires 26
6.3 Événements élémentaires..... 26
7. Les Symbole et les portes logiques de l'arbre de défaillances 26
8. Construction de l'arbre de défaillances..... 27
8.1 Démarche à suivre 27
9. Les résultats d'analyse 28
10. Les avantages et les limites 31
11. Les outils informatiques pour résoudre les arbres des défaillances..... 31
12. Logiciel de réalisation..... 32
Chapitre III : Présentation entreprise Hayat et organisation générale d'un réseau anti incendie 37

Parti 1 37
1. Présentation 37
2. Localisation 37
3. Mission 38
4. Activités 38
5. Produites 39
6. Distribution 39
7. Objectifs 40
8. Aspect législatif HSE 40
8.1 Les normes et référentiels des systèmes de gestion HSE 40
8.2 Les normes principales de l'entreprise HAYAT 40
Parti 2 41
9. Généralités sur le réseau anti-incendie 41
9.1 Système de détection 41
9.2 Les différents types de détecteurs d'incendie 41
9.3 Les différents types des systèmes de détection 42
9.4 Composition du réseau d'eau d'incendie 44
9.5 Description du réseau anti-incendie 45
Système de pompage 45
9.7 Couverture totale de la surface à protéger 46
9.8 Séquence de démarrage des pompes 46
Part 3 48
10. Réseau anti incendie d'entreprise HAYAT 48
10.1 Nomenclateur des accessoires kits anti-incendie 48

10.2 Les équipements Réseau anti incendie d'entreprise HAYAT 49
CHAPITRE IV : Application méthode ADD sur le réseau anti incendie 55
1. Fonctionnement de système anti-incendie l'entreprise HAYAT 55
2. Construction de l'arbre de défaillance 56
3. Traitement qualitatif du système 60
3.1 Codage de l'arbre de défaillance 60
3.2 L'évènement redouté (ER) 61
3.3 Réduction de l'équation booléenne 61
3.4 Ordres des Coupes Minimales 67
4. Traitement quantitatif 70
4.1 Quantification des probabilités des évènements de base 70
Conclusion 73
Conclusion général 74
Bibliographie : .....
Annxe :.....

Liste des abréviations

ADD : Arbre de défaillance

ADE : Arbre d'événement

AFNOR : Association française de normalisation.

AMDEC : Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leurs criticités

APR : Analyse Préliminaire des Risques

HAZOP : Hazards and Operability Study

HSI : Hygiène et sécurité industrielle

ISO : International Organization for Standardization (Organisation internationale de normalisation)

EPI : Equipement de Protection Individuelle

EPC : Equipements de Protection Collectifs

LOPA : Layer Of Protection Analysis

MOSAR : Méthode Organisée Systémique d'Analyse de Risques

NFPA : National Fire Protection Association

QRA : L'analyse quantitative des risques (anglais Quantitative Risk Assessment)

QHSE : Qualité Hygiène Sécurité Environnement

R.I.A : robinet d'incendie armé

SDI : système de détection incendie

SSI : système de sécurité incendie

Liste des tableaux

Tableau 1 : Représente les class des feux.....8

Tableau 2 : Les avantages et les inconvénients des méthodes quantitatives et Qualitatives. 15

Tableau 3 : Critères de choix pour les principales méthodes d'analyse des risques. 21

Tableau 04 : Les Symbole et les porte logiques de l'arbre de défaillances. 26

Tableau 5 : Quelques règles d'optimisation permettant de réduire l'arbre en faisant appliquer l'algèbre booléen.....28

Tableau 6 : Les avantages et les limites.....31

Tableau 7 : Codes des évènements..... 60

Tableau 8 : Probabilités des évènements de base..... 70

Tableau 9 : Probabilités d'apparition des évènements de base.....71

Liste des figures

Figure1 : Le trengle de feu. 6

Figure 2 : Principales causes des incendies en France 9

Figure 3 : L'appréciation des risques dans le processus global de gestion des risques (Adapté de la norme ISO 31000) 12

Figure 4 : La différence entre les méthodes inductives vs déductives. 14

Figure 5 : exemple de la méthode Nœud Papillon. 18

Figure 6 : Arbre de défaillance 24

Figure 7 : Démarche à suivre pour construire un arbre de défaillances 27

Figure 8 : Equation de résultat qualitatif de la méthode. 28

Figure 9 : Utilisation de l'algèbre booléenne permet de réduire l'arbre à une expression logique 29

Figure 10 : l'image satellite de localisation de l'usine SARL HAYATE DHC 38

Figure 11 : détecteur ionique 41

Figure 12 : détecteur de chaleur 41

Figure 13 : détecteur de fumée optique 41

Figure14 : détecteur thermo-vélocimétrique. 42

Figure15 : détecteur optique de flammes. 42

Figure16 : détecteur de gaz 42

Figure17 : Système de détection conventionnel. 43

Figure18 : Système de détection adressable 44

Figure 19 : Installation système de pompage eau incendie. 47

Figure 20 : schéma Réseau anti incendie d'entreprise HAYAT. 48

Figure 21 : Réservoir d'eau. 49

Figure 22 : pompe jockey 49

Figure 23 : Armoire électrique de pompe jockey 50

Figure 24 : Vannes 50

Figure 25 : Clapet anti-retour. 50

Figure 26 : Manomètre 51

Figure 27 : Pressostat 51

Figure 28 : Pompe électrique 51

Figure 29 : Armoire électrique de pompe électrique 52

Figure 30 : Pompe diesel 52

Figure 31 : Armoire électrique de pompe diesel 52

Figure 32 : Réservoir gasoil 53

Figure 33 : Soupape de décharge 53

Figure 34 : Poteau d'incendie 53

Figure 35 : Robinet incendie armé 53

Figure 36 : Probabilités d'apparition des évènements de base 72

Introduction générale

Les incendies représentent une menace pour les personnes, les biens et l'environnement. C'est pourquoi il est essentiel de prendre en compte les risques d'incendie dans tous les types de bâtiments et installations. Les généralités sur les risques d'incendie incluent l'identification des causes possibles d'incendie, l'estimation des conséquences potentielles, ainsi que la prévention et la réduction des risques.

Les méthodes d'analyse des risques permettent d'évaluer les risques d'incendie d'un bâtiment ou d'une installation en identifiant les sources potentielles d'incendie, les zones de propagation du feu, les matériaux combustibles et les moyens de lutte contre l'incendie. Les méthodes couramment utilisées pour l'analyse des risques d'incendie exemple : AMDEC, Arbre de défaillance.

En utilisant ces méthodes d'analyse des risques, il est possible de concevoir des mesures préventives et de protection contre les incendies, d'améliorer la sécurité des personnes et des biens, et de minimiser les conséquences d'un incendie éventuel.

Dans ce travail de mémoire de fin d'étude, nous avons étudié le système anti incendie d la société el Hayet en utilisant la méthode Arbre de défaillance. L'objectif est de déterminer la fiabilité, la disponibilité de ce système en cas d'accident et d'étudier la possibilité d'anticiper et de prévenir toute les défaillances menaçants sa performance.
Dans cette recherche, nous voulons répondre aux questions suivantes :

1. Quel est le point faible du système de protection incendie de Hayat ?

2. La méthode de l'arbre de défaillance est-elle appropriée pour détecter les faiblesses du système ?

Notre travail est structuré autour de quatre chapitres comme suivant :

Chapitre I : Intitulé **"Généralité sur les risques incendies et les méthodes d'analyse des risques "**.

Chapitre II : Intitulé **" Présentation de la méthode arbre de défaillance"**.

Chapitre III : Intitulé **" présentation de l'entreprise HAYAT et organisation générale de réseau anti incendie"**.

Chapitre IV : Intitulé **"Application de méthode ADD sur le réseau anti-incendie de la société el Hayat "**.

CHAPITRE I : Généralité sur les risques incendies et les méthodes d'analyse des risques

Introduction :

Le premier chapitre traite des concepts couramment utilisés dans le domaine de la santé, de la sécurité et de l'environnement, à savoir : danger, risque et prévention.

Nous avons également parlé du risque d'incendie et quelles sont les méthodes courantes d'analyse des risques.

1. Notions de base et définitions :

1.1 QHSSE :

1.1.1 Qualité : Selon ISO 9001 : «aptitude d'un ensemble de caractéristiques intrinsèques d'un objet (produit, service,...) à satisfaire des exigences».

Selon l'AFNOR : «un produit ou service de qualité est un produit dont les caractéristiques lui permettent de satisfaire les besoins exprimés ou implicites des consommateurs». [1]

1.1.2 Hygiène : Le mot hygiène vient de HYGIA, déesse grec de la Santé. C'est l'ensemble des actions qui permettent d'avoir une bonne santé.

1.1.3 Sécurité : La sécurité concerne l'ensemble des risques dont la cause est accidentelle et donc par définition involontaire. Elle couvre deux grands secteurs :

- ***** Sécurité personnelle.
- ***** Sécurité procédé.

1.1.4 Sureté : La sûreté relève d'actes de malveillance envers des personnes, des biens, des bâtiments ou encore des informations, il y a donc une intention de nuire.

1.1.5 Environnement : la protection de l'environnement est une mesure conçue pour éviter de nuire à l'environnement. Ces dommages peuvent concerner l'air, l'eau ou la terre, entraînant des problèmes pour la vie végétale, les animaux, l'eau et la qualité de l'air. [1]

1.2 Danger Vs Risque :

1.2.1 Notion de danger :

Un danger est une propriété ou une capacité d'un objet, d'une personne, d'un Processus, pouvant entraîner des conséquences néfastes, aussi appelés dommages. Un danger est donc une source possible d'accident. [2]

Selon la norme iso 45001, Les dangers peuvent inclure les sources susceptibles de causer un dommage ou des situations dangereuses, ou des circonstances d'exposition potentielle conduisant à des traumatismes et pathologies. [3]

1.2.2 Notion de risque :

Le risque est la probabilité que les conséquences néfastes, les dommages, se matérialisent effectivement. Un danger ne devient un risque que lorsqu'il y a exposition et donc, possibilité de conséquences néfastes. [4]

Selon la norme AFNOR, Le risque est la combinaison de deux éléments : la probabilité d'occurrence d'un événement ou d'une combinaison d'événements conduisant à une situation dangereuse, ou la fréquence de tels événements et les conséquences de cette situation dangereuse. [5]

On peut matérialiser cette combinaison et les définitions précédentes par la formule :

Risque (R) = Probabilité (P) × Gravité (G)

1.2.2.1 Probabilité : Le niveau de probabilité d'un risque est Déterminé par estimation de sa fréquence d'occurrence. [1]

1.2.2.2 Gravité : Le niveau de gravité d'un risque est déterminé par l'évaluation des dommages potentiels aux personnes et des dégâts aux équipements.

1.3 Maitrise des risques :

1.3.1 Prévention : La prévention des accidents est la technique d'anticipation et de contrôle des événements de sorte que les accidents soient évités et que les conséquences dommageables qui en résultent ne se produisent pas en réduisant la probabilité d'occurrence d'un phénomène. (Diminuer la probabilité d'occurrence de risque). [1]

1.3.2 Les 9 principes de la prévention :

Ces 9 principes sont élaborés afin de guider à chaque instant les actions de celles et de ceux qui s'impliquent dans la lutte contre les risques professionnels.

1 .Éviter les risques ;

2 .Évaluer les risques qui ne peuvent pas être évités ;

3 .Combattre les risques à la source ;

4 .Adapter le travail à l'homme ;

5 .Tenir compte de l'évolution de la technique ;

6 .Remplacer ce qui est dangereux par ce qui ne l'est pas ou par ce qui l'est moins ;

7 .Planifier la prévention ;

8 .Prendre des mesures de protection collective ;

9 .Donner les instructions appropriées aux travailleurs. [1]

1.3.3 Protection : Mesures visant à limiter l'étendue ou la gravité des conséquences d'un accident en protégeant les personnes. (Diminuer la gravité des conséquences de risque). [1]
Il existe 2 types de protections :

1.3.3.1 Un Equipement de Protection Individuelle (E.P.I.) : est un dispositif ou un moyen destiné à être porté ou être tenu par une personne en vue de la protéger contre un ou plusieurs risques susceptibles de menacer sa santé ainsi que sa sécurité. Les EPI vont du casque aux chaussures de sécurité en passant par les lunettes, les masques de protection respiratoire, les bouchons d'oreille, les gants, …

1.3.3.2 Les Equipements de Protection Collectifs (E.P.C) : Sont tous les dispositifs ou les moyens visant à protéger un groupe des personnes contre un ou plusieurs risques susceptibles de menacer sa santé ainsi que sa sécurité. Comme par exemples les garde-corps, système de ventilation, l'isolation … [1]

N.B : il faut toujours prioriser les EPC aux EPI.

1.3.4 Intervention : une activité qui vise à réduire la gravité des conséquences d'un accident. (Diminuer la gravité des conséquences de risque). [1]

2. Section1 : Généralité sur les risques incendies

2.1 Définition de l'incendie :

L'incendie est une combustion qui se développe sans contrôle dans le temps et dans L'espace. Pour qu'un incendie survienne, 3 conditions doivent être réunies : la présence d'un combustible, celle d'un comburant (en général, l'oxygène de l'air) et celle d'une source d'inflammation (étincelle, flamme, chaleur…). [6]

Alors l'absence d'un des 3 éléments du triangle empêche le déclenchement de la combustion. C'est ce que l'on appelle le (triangle du feu).

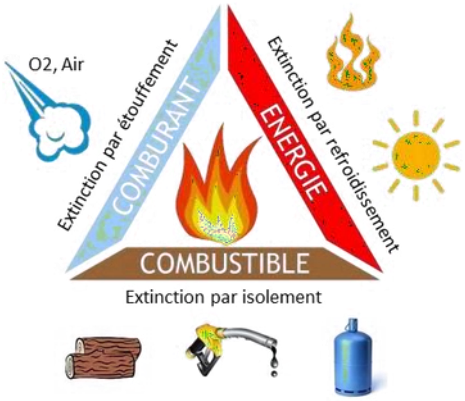


Figure1: Le trengle de feu [7]

2.1.1 Définition de la combustion :

La combustion peut être définie comme la réaction chimique d'oxydoréduction qui a lieu lors de la combinaison entre l'oxygène (oxydant), une matière combustible (réducteur). Cette réaction est globalement exothermique, c'est-à-dire qu'elle se produit avec un dégagement de chaleur. La combustion peut être complète si la totalité du combustible est oxydée. A contrario elle est incomplète s'il y a présence de combustible dans les fumées. [8]

2.1.1.1 La combustion peut être :

Lente : est une réaction se réalisant à des températures peu élevées.

Rapide ou vive : il y a 2 types :

- Déflagration : réaction de type explosif dont la vitesse de l'onde de choc est subsonique (inferieure à la vitesse de son).

- Détonation : réaction de type explosif dont la vitesse de l'onde de choc est supersonique (supérieur à la vitesse de son).

2.1.1.2 Le comburant :

C'est l'oxygène contenu dans l'air qui va permettre à la flamme de se développer.

2.1.1.3 L'énergie d'activation :

C'est la source de chaleur qui fait démarrer la combustion : flamme, électricité, chaleur, échauffement, frottements mécaniques …..). [8]

2.1.1.4 Le combustible :

Les combustibles sont multiples (gaz, pétrole, bois, charbon, ...) mais ils ont un point commun : celui de contenir principalement des hydrocarbures, c'est-à-dire des combinaisons multiples de carbones et d'hydrogènes. La composition des combustibles peut être représentée par la formule générique : C Hy Ox

Toute substance susceptible de brûler, c'est-à-dire pouvant être partiellement ou totalement détruite par le feu, est considérée comme combustible.

2.2 Classement des feux :

Sont classés en cinq catégories selon le type de combustible. La classification sert également de base pour identifier les moyens d'extinction des différents types d'incendie :

2.2.1 Système Européen de classification des feux :

- **Classe A :** Ce sont les feux impliquant des matériaux solides, normalement de nature organique, comme le papier, le bois, le charbon et les fibres naturelles. Ces incendies produisent généralement des braises brûlantes.
- **Classe B :** Il s'agit d'incendies impliquant des liquides inflammables ou des solides liquéfiés, tels que l'essence, l'huile, la graisse, les graisses et la peinture.
- **Classe C :** Il s'agit d'incendies impliquant des gaz ou des gaz liquéfiés, tels que le méthane, le propane et le gaz de ville.
- **Classe D :** Ce sont les feux où le combustible est un métal tel que l'aluminium, le sodium, le potassium ou le magnésium.
- **Classe F :** Il s'agit des feux alimentés par des graisses de cuisson, telles que les graisses de friture.
- **Feux à risque électrique :** Il est impératif de débrancher au préalable l'alimentation électrique. Le feu peut alors être traité selon la classification du type de feu comme indiqué ci- dessus. Pour les incendies impliquant des équipements électriques sous tension où l'alimentation électrique ne peut pas être isolée et il

existe un risque de choc électrique, l'agent extincteur doit être non conducteur, tel que le CO2, les liquides en vaporisation et la poudre sèche. [8]

2.2.2 Système Américain de classification des feux :

- **Classe A :** Combustibles ordinaires Comprend les combustibles ordinaires tels que le bois, le papier, le tissu et la plupart des types de déchets.
- **Classe B :** Liquides et gaz inflammables. Ce sont des feux dont le combustible est un liquide ou un gaz inflammable ou combustible. Le système des États-Unis désigne tous ces feux de "classe B".
- **Classe C :** Feux d'origine électrique sont des feux impliquant des équipements électriques potentiellement sous tension.
- **Classe D :** Métaux ces feux sont constitués de métaux combustibles tels que le magnésium, le potassium, le titane et le magnésium.
- **Classe K :** Huiles et graisses de cuisson (feux de cuisine) Les feux de classe K impliquent des huiles de cuisson insaturées dans des appareils de cuisson bien isolés situés dans des cuisines commerciales. [8]

Tableau 1 : Représente les class des feux [8]

Américain	**Européen\Australien**	**Source**
Classe A	Classe A	Combustibles ordinaires
Classe B	Classe B	Liquides inflammables
	Classe C	Gaz inflammables
Classe C	(Anciennement Classe E)	Appareils électriques sous Tension
Classe D	Classe D	Métaux combustibles
Classe K	Classe F	Huile et graisse (cuisson)

2.3 Modes de propagation :

L'incendie se propage de plusieurs manières selon les circonstances du moment du sinistre, à cet effet on peut citer les différents modes de propagation repris ci-après [8] :

- Par rayonnement ;
- Par conduction ;
- Par convection ;

2.4 Les causes de l'incendie :

On peut constater à travers la lecture du graphe ci-dessous que la première cause de l'incendie est la défaillance matérielle à raison de 20%, suivi des défauts de maitrise des procédés à raison de 16%, suivi des anomalies d'organisation et des défaillances humaines à raison de 13% chacune, suivi des interventions insuffisantes avec 9% et des défaillances d'utilitépour8%. [8]

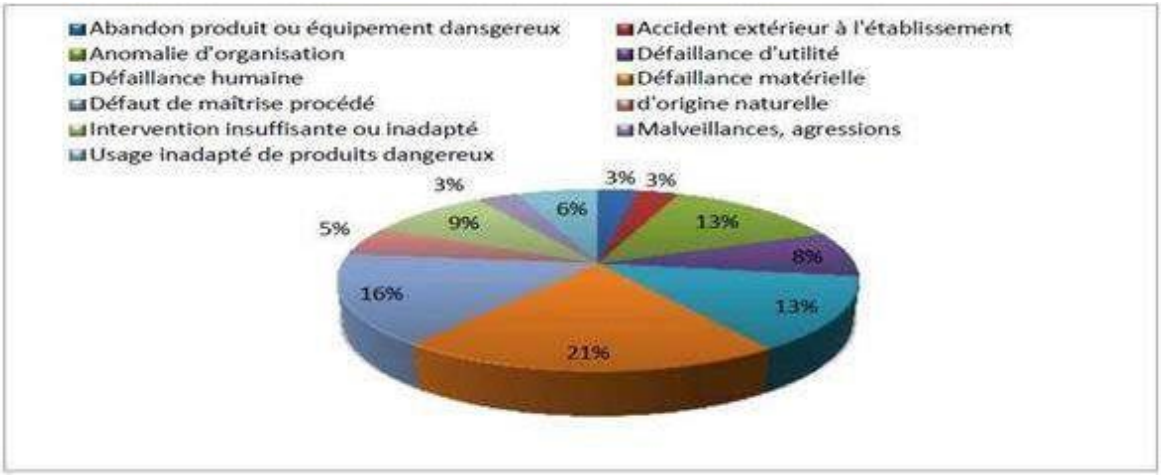


Figure 2 : Principales causes des incendies en France [8]

2.5 Les sources d'incendie :

Les sources d'inflammations à identifier sont d'origines diverses [7] :

2.5.1 Thermiques :

Surfaces chaudes, appareils de chauffage, flammes nues, travaux par points chauds…etc. Les travaux par points chauds (soudage au chalumeau, oxycoupage…) sont des sources majeures de sinistres : ils sont responsables d'environ un incendie sur trois ;

2.5.2 Electriques :

Etincelles, échauffement…

La vétusté, le caractère improvisé ou la surcharge de certaines installations entraînent des échauffements à l'origine de bon nombre de départs d'incendies (environ un incendie sur trois).

2.5.3 Electrostatiques :

Décharges par étincelles…

L'électricité statique peut être à l'origine d'étincelles suffisamment énergétiques pour être une source d'inflammation ;

2.5.4 Mécaniques :

Etincelles d'origine mécanique, échauffement…

Les échauffements et les étincelles d'origine mécanique, résultant de friction, de choc et d'abrasion, ou de défaillances (roulements, paliers…) peuvent être à l'origine de températures très élevées et/ou de projections de particules incandescentes ;

2.5.5 Climatiques :

Foudre, soleil…

Un impact de foudre peut constituer une source d'inflammation directe ou à distance en induisant des surtensions ou des échauffements dans les équipements ;

2.5.6 Chimiques :

Réactions exothermiques, auto-échauffement, emballement de réaction…

Les réactions chimiques peuvent dégager suffisamment de chaleur pour être une source d'inflammation ;

2.5.7 Bactériologiques :

Auto-échauffement…

La fermentation bactérienne peut provoquer un dégagement de chaleur et favoriser les conditions d'amorçage d'un auto-échauffement.

Il faut également noter qu'une explosion peut constituer la source d'inflammation d'un incendie comme un incendie peut être la source d'inflammation d'une atmosphère explosive.

2.6 Moyens de prévention d'incendie :

- Formation, information et instruction du personnel ;
- Remplacement par des produits non dangereux et, si cela n'est possible, par des produits Moins dangereux ;
- Organisation du stockage ;
- Organisation de l'alerte et de l'intervention des secours ;
- Contrôle des équipements et installations ;
- Signalisation et étiquetage appropriés ;
- Affichage des consignes de sécurité et des plans d'évacuation ;
- Installation d'alarmes et de moyens de détection ;
- Installation de moyens d'extinction ;
- Suppression des sources de chaleur à proximité ; [6]

3. SECTION2 : Généralité sur les méthodes d'analyse des risques

3.1 Gestion des risques :

Bien que les termes utilisés pour désigner la gestion des risques puissent varier, le processus de gestion des risques est relativement similaire dans tous les cadres et normes. Il est mis en œuvre par le conseil d'administration, la direction générale, la direction et l'ensemble du personnel de l'organisation. Il est pris en compte lors de l'élaboration de la stratégie et dans toutes les activités de l'organisation.

L'objectif de la gestion des risques est d'identifier les événements potentiels susceptibles d'affecter l'organisation et de gérer les risques dans les limites de son appétence pour le risque. Il vise à fournir une assurance raisonnable quant à la réalisation des objectifs de l'organisation. C'est l'art de protéger l'entreprise contre l'incertitude et cela implique une combinaison de techniques visant à réduire la survenue d'événements aléatoires pouvant compromettre la pérennité de l'entreprise. [9]

3.2 Le processus d'analyse et d'évaluation des risques :

L'analyse et l'évaluation des risques font partie du processus global de gestion des risques qui apparaît à la figure 1 plus bas, tirée de la norme ISO 31000.

La démarche d'appréciation des risques est composée de trois parties à exécuter de manière itérative :

1 L'identification des risques ;

2 L'analyse des risques ;

3 L'évaluation des risques ;

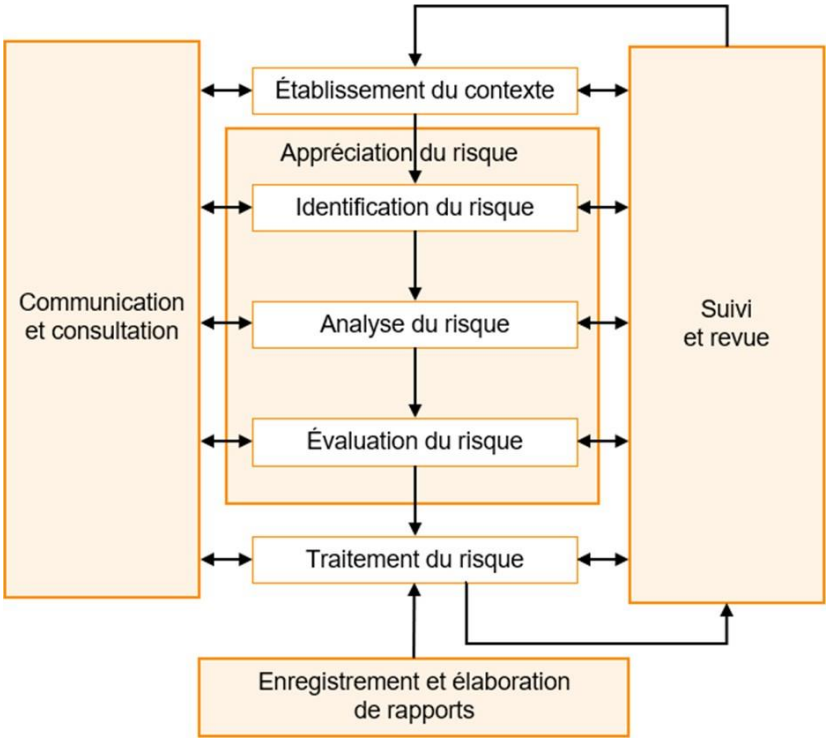


Figure 3 : L'appréciation des risques dans le processus global de gestion des risques (Adapté de la norme ISO 31000) [10]

Cette démarche d'identification, d'analyse et d'évaluation des risques s'inscrit comme étant la pierre angulaire du processus global de gestion des risques ; sans une bonne connaissance des risques, il est difficile de mettre en œuvre des mesures adéquates afin d'éviter leur occurrence ou bien de gérer les effets lorsque ceux-ci se matérialisent (traitement des risques). [10]

3.3 Analyse des risques :

3.3.1 Définition de l'analyse des risques :

L'analyse des risques est la pratique d'évaluation et de gestion des incertitudes afin de réduire leur impact potentiel sur un projet. L'analyse des risques peut être utilisée dans une variété de contextes différents, mais elle est le plus souvent appliquée aux décisions commerciales et d'investissement. Les techniques d'analyse des risques aident les organisations à prendre des décisions plus éclairées en tenant compte de l'impact potentiel des incertitudes.

Il existe deux principaux types d'analyse des risques : quantitative et qualitative. L'analyse quantitative des risques utilise des méthodes mathématiques et statistiques pour calculer la probabilité et l'impact potentiel des risques. L'analyse qualitative des risques utilise le jugement d'experts pour évaluer la probabilité et l'impact potentiel des risques. [11]

Selon la norme ISO, L'analyse du risque est définie comme l'utilisation des informations disponibles pour identifier les phénomènes dangereux et estimer le risque.

L'analyse des risques consiste à les identifier et à comprendre les mécanismes conduisant à leur concrétisation dans le but de réduire leur probabilité d'occurrence et / ou leur gravité. [12]

3.3.2 Les avantages de l'analyse des risques :

Le principal avantage de l'analyse des risques est qu'elle peut aider les organisations à prendre des décisions plus éclairées. L'analyse des risques prend en compte l'impact potentiel des incertitudes, ce qui permet aux organisations de mieux s'y préparer. De plus, l'analyse des risques peut aider à réduire les conséquences des risques. [11]

3.3.3 La formalisation des étapes de l'analyse des risques :

A priori toutes les analyses des risques visent à identifier les risques présentés par un système en vue de pouvoir ensuite agir pour en réduire la gravité et la probabilité. Ces objectifs se traduisent dans les méthodes d'analyse de risques par des étapes plus ou moins formalisées visant :

1- la définition du système auquel la méthode va être appliquée ;
2- l'identification des risques ;
3- l'identification des mécanismes générateurs de risques ;
4- l'évaluation des scénarios de réalisation de ces risques ;
5- la hiérarchisation de ces mêmes scénarios ;
6- l'identification des solutions ;

Toutes les méthodes d'analyse contiennent implicitement l'ensemble de ces étapes (exceptée pour certaines l'étape 5 de hiérarchisation). Notre choix de méthode sera tourné vers une méthode où, si possible, la plupart de ces étapes sont décrites précisément dans leurs buts et dans leur mise en œuvre. [13]

3.3.4 Classification des méthodes d'analyse des risques :

Les méthodes d'analyse des risques se divisent en trois classes à savoir :

3.3.4.1 Inductive / Déductive :

3.3.4.1.1 Approche inductive :

Une défaillance ou une combinaison des défaillances est à l'origine de l'analyses, il s'agit alors d'identifier les conséquences de cette ou ces défaillances, ces approches partent donc des causes pour en déduire les conséquences. [14]

3.3.4.1.2 Approche déductive :

Le système est supposé défaillant et l'analyse porte sur l'identification des causes susceptibles de conduire à cet état. On part alors des effets pour remontrer aux causes. [14]

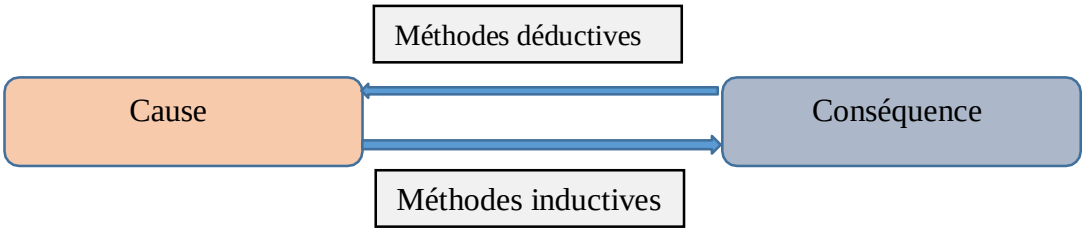


Figure 4 : La différence entre les méthodes inductives vs déductives [14]

3.3.4.2 Qualitative / Quantitative :

3.3.4.2.1 Approches qualitatives :

L'analyse qualitative du risque consiste en une évaluation du profil de risque des équipements sur la base des estimations qualitatives du dommage global et des conséquences associées. Dans cette approche, il est nécessaire de définir des règles qualitatives pour indiquer le niveau du risque en fonction du niveau d'endommagement et des conséquences. Ces méthodes sont généralement associées à des politiques d'inspection bien définies par équipement et des politiques de maintenance limitant les niveaux de dégradations tolérés.

3.3.4.2.2 Approches quantitatives :

L'approche est dite « quantitative » lorsque des démarches spécifiques sont élaborées pour la quantification de la probabilité de défaillance ou des conséquences. La probabilité et les conséquences de la défaillance sont estimées par des approches quantitatives plus ou moins précises afin de permettre l'évaluation du risque ; on' appuie généralement sur une matrice de criticité pour situer le risque. [14]

3.3.4.2.3 Méthode semi-quantitative :

En plus des méthodes mentionnées ci-dessus, une approche semi-quantitative peut être adoptée pour l'évaluation des risques industriels. L'évaluation semi-quantitative des risques est utile pour définir une démarche structurée pour le classement des risques selon leur probabilité, leur impact et leur criticité, d'une part, et pour classer les actions de réduction des risques selon leur niveau d'efficacité, d'autre part. [14]

Tableau 2 : Les avantages et les inconvénients des méthodes quantitatives et qualitatives [15]

	Les méthodes quantitatives	**Les méthodes qualitatives**
Avantages	-Elles permettent de définir des conséquences des incidents survenus de manière quantitative, ça facilite la maitrise des couts et des avantages lors de la sélection des protections ; -Elles donnent une image plus précise du risque.	-Elles permettent de mettre on ordre les risques en fonction des propriétés ; -Elles permettent de déterminer les zones de plus grand risque dans une courte période et sans grandes dépenses ; -L'analyse est relativement facile et pas couteuse.
Inconvénients	-Les résultats de l'analyse ne sont pas toujours exacts et peuvent être confus ; -Méthodes habituelles doivent être enrichies par description qualitative (sous la forme commentaire, interprétation) ; -Analyse réalisée par l'application de ses méthodes est généralement plus couteuse, exigeant une plus grande expérience et des outils avancée.	-Elles ne permettent pas la détermination des probabilités et des résultats à l'aide de mesure numérique ; -L'analyse du cout/bénéfice et plus Difficiles lors de la sélection des protections Résultat obtenue ont un caractère général.

3.3.4.3 Statiques/dynamiques

3.3.4.3.1 Approches statiques :

Elles permettent d'analyser le système d'un point de vue structurel sans tenir compte des évolutions au cours du temps et s'appuient sur un modèle mathématique booléen du

système qui fournit, par exemple, les combinaisons de défaillances entraînant le dysfonctionnement du système mais sans représenter les interrelations temporelles qui l'affectent.

3.3.4.2.2 Approches dynamiques :

Les méthodes dynamiques permettent la prise en compte des aspects comportemental et temporel. La mise en œuvre de ces méthodes rend indispensables des décompositions hiérarchiques matérielles ou fonctionnelles du système. [16]

3.3.5 Les méthodes d'analyse des risques :

3.3.5.1 Les méthodes classiques d'analyse les risques :

Les principales méthodes d'analyse les risques :

- ❖ L'analyse préliminaire des risques (APR).
- ❖ L'analyse des modes de défaillance de leur effet et de leur criticité (AMDEC).
- ❖ L'analyse des risques sur schémas type HAZOP.
- ❖ L'analyse par arbres des défaillances (ADD).
- ❖ L'analyse par arbres d'évènements (ADE).
- ❖La méthode Nœud Papillon.
- ❖ L'analyse par La méthode WHAT-IF.

3.3.5.1.1 Analyse préliminaire des risques (APR)

3.3.5.1.1.1 Historique et définition :

L'Analyse Préliminaires des Risques (Dangers) a été développée au début des années 1960 dans les domaines aéronautiques et militaires. Elle est utilisée depuis dans de nombreuses autres industries. L'Union des Industries Chimiques (UIC) recommande son utilisation en France depuis le début des années 1980.

L'Analyse Préliminaire des Risques (APR) est une méthode d'usage très général couramment utilisée pour l'identification des risques au stade préliminaire de la conception d'une installation ou d'un projet. En conséquence, cette méthode ne nécessite généralement pas une connaissance approfondie et détaillée de l'installation étudiée. [17]

3.3.5.1.2 L'analyse des modes de défaillance de leur effet et de leur criticité (AMDEC)

3.3.5.1.2.1 Historique et domaine d'application :

L'Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets (AMDE) a été employée pour la première fois dans le domaine de l'industrie aéronautique durant les années 1960. Son Utilisation s'est depuis largement répandue à d'autres secteurs d'activités tels que l'industrie chimique, pétrolière ou le nucléaire. De fait, elle est essentiellement adaptée à l'étude des défaillances de matériaux et d'équipements et peut s'appliquer aussi bien à des systèmes de technologies différentes (systèmes électriques, mécaniques, hydrauliques…) qu'à des systèmes alliant plusieurs techniques. [17]

3.3.5.1.3 La méthode HAZOP

3.3.5.1.3.1 Définition :

La méthode HAZOP (Hazard and operability studies) est un outil formalisé, systémique et semi-empirique, développé il y a de longues décennies maintenant, pour analyser les risques potentiels associés à l'exploitation d'une installation industrielle. De simple technique, la méthode HAZOP est devenue une pratique d'identification des dangers et des problèmes d'exploitabilité, adoptée par de nombreuses industries « à risques ». Mise en pratique à l'origine en industrie pétrolière et chimique, elle a ainsi été adoptée depuis dans des industries où les dangers sont d'une autre nature : le nucléaire, l'alimentaire et les transports. [18]

3.3.5.1.4 La méthode arbre de défaillance

3.3.5.1.4.1 Principe de l'ADD :

Un arbre de défaillance représente de façon synthétique l'ensemble des combinaisons d'événements qui, dans certaines conditions produisent un événement donné, point de départ de l'étude. Construire un arbre de défaillance revient à répondre à la question « comment tel événement peut-il arriver ? », ou encore « quels sont tous les enchaînements possibles qui peuvent aboutir à cet événement ? ».[17]

3.3.5.1.5 La méthode arbre d'événement

3.3.5.1.5.1 Description de l'analyse par arbre d'événement :

L'arbre d'événements illustre graphiquement les conséquences potentielles d'un accident qui résulte d'un événement initiateur (une défaillance spécifique d'un équipement ou une erreur humaine). Une analyse par arbre d'événements (AAE) prend en compte la réaction des systèmes de sécurité et des opérateurs à l'événement initiateur lors de l'évaluation des

conséquences potentielles de l'accident. Les résultats de l'AAE sont des séquences accidentelles ; c'est-à-dire un ensemble de défaillance ou d'erreurs qui conduisent à l'accident. Ces résultats décrivent les conséquences potentielles en termes de séquence d'événements (succès ou défaillance des fonctions de sécurité) qui font suite à un événement initiateur. Une analyse par arbre d'événements est bien adaptée pour étudier des procédés complexes qui ont plusieurs barrières de protection ou procédures d'urgence en place pour réagir à un événement initiateur spécifique. [17]

3.3.5.1.6 La méthode Nœud Papillon

3.3.5.1.6.1 Définition :

Le nœud papillon utilisé dans de nombreux secteurs industriels a été développé par la compagnie Shell. L'approche est de type dit arborescente ce qui permet de visualiser en un coup d'œil les causes possibles d'un accident, ses conséquences et les barrières mises en place. L'accident non désiré (au centre) peut être le résultat de plusieurs causes possibles telles que la perte de confinement d'une substance toxique, une explosion, une rupture de canalisation, un emballement de réaction, une brèche dans un réservoir, une décomposition d'une substance, etc. Cet outil permet d'illustrer le résultat d'une analyse de risque détaillée (de type AMDEC, HAZOP ou What-if par exemple) donc plus complexe qu'une analyse préliminaire de risques.

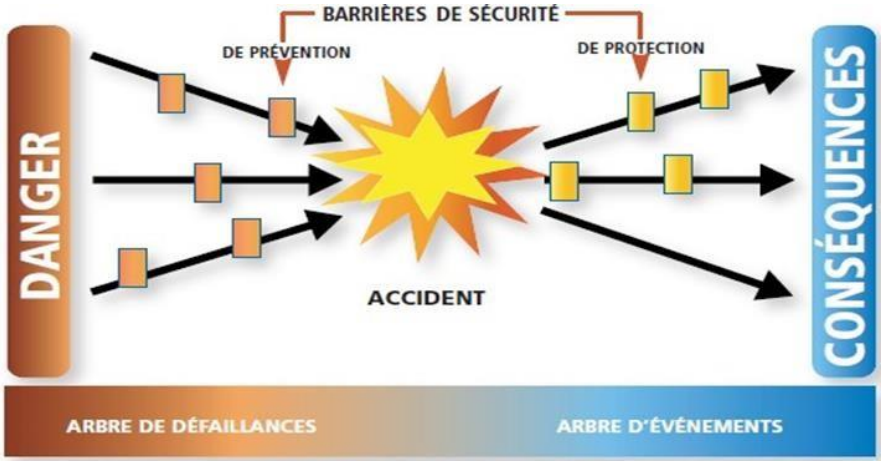


Figure 5 : exemple de la méthode Nœud Papillon [17]

La partie gauche du nœud représente l'identification des dangers, des causes possibles d'accident et des divers enchaînements ou combinaisons (flèches noires) pouvant engendrer l'accident non désiré. Entre ces causes possibles et l'accident, des barrières dites de prévention (rectangles orange) doivent être installées.

La partie droite du nœud représente les conséquences possibles de l'accident. Par exemple, lors de la rupture d'une canalisation ou d'une brèche dans un réservoir, il peut en résulter la formation d'une flaque ou d'un nuage. Entre cet accident et les récepteurs, des barrières de protection doivent être installées pour réduire les effets sur ces récepteurs.

Donc, le nœud papillon reflète les scénarios d'accident qui peuvent survenir et les mesures prises pour les prévenir ou en réduire la probabilité ainsi que celles prises pour en réduire les conséquences. On parle de barrières de prévention et de barrières de protection. Les barrières de protection abaissent le niveau de gravité des conséquences et celles de prévention abaissent la probabilité. À l'aide d'une matrice (du type utilisé dans une analyse préliminaire des risques) où on établit notre zone d'acceptabilité, l'effet des barrières est visible et peut rendre tolérable une situation qui était au départ inacceptable. [17]

3.3.5.1.7 La méthode WHAT-IF

3.3.5.1.7.1 Définition :

La méthode dite « What if » est une méthode dérivée de l'HAZOP. Elle suit donc globalement la même procédure. Cependant la méthode « What-if » prévoit une analyse moins profonde des événements, se contentant d'en considérer les conséquences sans en examiner les causes. Elle prévoit en revanche les actions d'amélioration à entreprendre.

Une autre différence concerne la génération des dérives des paramètres de fonctionnement. Ces dérives ne sont plus dans ce cas envisagées en tant que combinaison d'un mot clé et d'un paramètre, mais fondées sur une succession de questions de la forme : « QUE (What) passe-t-il SI (IF) tel paramètre ou le comportement de tel composant est différent de celui normalement attendu ? ». L'identification des paramètres ou des composants objet des questions est libre et ne repose pas comme dans l'Hazop sur des listes guides à utiliser systématiquement. Il apparaît ainsi que l'efficacité de la méthode « What if » est encore plus dépendante de l'expérience des personnes réunies au sein du groupe de travail.

Cette méthode paraît donc moins fastidieuse à mener que l'HAZOP mais est réservée à une équipe expérimentée et demeure limitée en termes de profondeur d'analyse, en particulier des causes de dérives. Elle s'apparente plus à une méthode de brainstorming. [19]

3.3.5.2 Les méthodes intégrées d'analyse des risques :

3.3.5.2.1 La méthode ARAMIS :

3.3.5.2.1.1 Historique et définition :

ARAMIS est un projet européen de recherche réalisé dans le cadre du 5eme PCRD entre janvier 2002 et décembre 2004. ARAMIS signifie A Risk Assessment Méthodologie for Industries. L'objectif du projet était de développer une nouvelle méthodologie d'évaluation des risques répondant aux exigences de la directive Seveso II et constituant une solution alternative aux approches purement déterministes ou purement probabilistes de l'évaluation des risques alors en vigueur en Europe.

A l'origine du projet il y avait le constat, renforcé par l'accident de Toulouse en décembre 2001, que les méthodes d'évaluation des risques disponibles n'étaient plus adaptées aux exigences de la directive et aux attentes qui émergeaient au niveau des décideurs publics et des populations. [19]

3.3.5.2.2 La méthode QRA

3.3.5.2.2.1 Définition :

L'analyse quantitative des risques [Bedford 2001], en anglais Quantitative Risk Assessment (QRA), est une méthode dont l'objectif est d'évaluer la probabilité de dommages causés par un accident potentiel. Cette méthode, initialement développée dans le domaine des transports et dans le nucléaire a été progressivement adapté à l'industrie des procédés, notamment dans les pays du nord de l'Europe. La particularité des méthodes de QRA tient dans la façon d'exprimer et de représenter les résultats de l'analyse de risques. On calcule généralement d'une part la probabilité qu'un individu, à un emplacement donné, meure des effets de l'accident, qualifié de risque individuel et, d'autre part, la fraction de la population susceptible de mourir des effets de l'accident et la fréquence associée, qualifiées de risque sociétal. Il est à noter que le QRA ne prend donc souvent en compte que les effets létaux sur les personnes. Ces résultats sont généralement représentés sous forme de courbe fréquence/gravité (ou courbe F/N) pour le risque sociétal ou de courbes iso risque pour le risque individuel. [19]

3.3.5.2.3 La méthode MOSAR

3.3.5.2.3.1 Définition :

La méthode MOSAR [PERILHON 2003], Méthode Organisée Systémique d'Analyse de Risques, développée au CEA, est une méthode intégrée qui permet d'analyser les risques sur un site de manière progressive. Cette méthode repose sur le modèle MADS (Méthodologie d'Analyse du Dysfonctionnement des Systèmes). Celui-ci représente le processus de danger, c'est à dire la libération d'un flux de danger par un système source sous l'effet d'un événement

initiateur interne ou externe et l'impact de ce flux sur une cible, qui peut elle-même devenir système source de danger pour un processus équivalent. La méthode MOSAR met particulièrement l'accent sur l'enchaînement des processus de danger entre systèmes composant une installation et est donc particulièrement adaptée à l'étude des synergies d'accident ou des effets domino. [19]

3.3.5.2.4 La méthode LOPA

3.3.5.2.4.1 Définition :

La méthode LOPA [CCPS 2001] a été développée à la fin des années 1990 par le CCPS (Center for Chemical Process Safety). LOPA signifie Layer Of Protection Analysis (Analyse des niveaux de protection). C'est une méthode orientée barrière au même titre qu'ARAMIS. Les premières étapes sont d'ailleurs assez comparables à celles de la méthode ARAMIS, en termes de principes généraux, même si de nombreuses différences subsistent au niveau des détails des deux méthodes. En revanche, LOPA ne prévoit pas de représentation cartographique de la sévérité et de la vulnérabilité. [19]

3.3.6 Critères de choix pour les principales méthodes d'analyse des risques :

Méthodes	Approche	Défaillances envisagées	Niveau de détail	Domaines d'application privilégiés
APR	Inductive	Indépendantes	+	Installations les moins complexes Etape préliminaire d'analyse
HAZOP	Inductive	Indépendantes	++	Systèmes thermo-hydrauliques
What-if	Inductive	Indépendantes	++	Systèmes thermo-hydrauliques
AMDEC	Inductive	Indépendantes	++	Sous-ensembles techniques bien délimités
Arbre d'évènements	Inductive	Combinées	+++	Défaillances préalablement identifiées
Arbre des défaillances	Déductive	Combinées	+++	Evènements redoutés ou indésirables préalablementidentifiés

Nœud papillon	Inductive Déductive	Combinées	+++	Scénarios d'accidents jugés les plus critiques

Tableau 3 : Critères de choix pour les principales méthodes d'analyse des risques [19]

CHAPITRE II : Présentation de la méthode arbre de défaillance

Introduction :

Contrairement à l'analyse des modes de défaillances, l'arbre de défaillances est une méthode déductive (déductif : procédant d'un raisonnement logique rigoureux). Elle permet de savoir comment un système peut être indisponible. Il s'agit de représenter les différentes évènements et leurs liaisons par des portes de logique (fonction ET ou fonction OU selon que la défaillance du matériel se produit lorsque les évènements se réalisent ensemble ou séparément). [20]

1. Historique et domaine d'application :

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

Visant à déterminer l'enchaînement et les combinaisons d'évènements pouvant conduire à un événement redouté pris comme référence, l'analyse par arbre des défaillances est maintenant appliquée dans de nombreux domaines tels que l'aéronautique, le nucléaire, l'industrie chimique.

Elle est également utilisée pour analyser a posteriori les causes d'accidents qui se sont produits. Dans ces cas, l'événement redouté final est généralement connu car observé. On parle alors d'analyse par arbre des causes, l'objectif principal étant de déterminer les causes réelles qui ont conduit à l'accident. [19]

2. Définition :

L'arbre de défaillances est une représentation graphique de type arbre généalogique. Il représente une démarche d'analyse d'événement. L'arbre de défaillances est construit en recherchant l'ensemble des événements élémentaires, ou les combinaisons d'événements, qui conduisent à un événement redouté (E.R.). [20]

3. Principe de l'ADD :

Cette méthode déductive (de l'effet vers ses causes) a pour objet la recherche de toutes les combinaisons de défaillances élémentaires pouvant aboutir à un évènement redouté, parfois identifié par une AMDEC. A partir de cet « évènement sommet », on construit une arborescence (schéma graphique en forme d'arbre inversé) représentant l'enchaînement logique des « évènements intermédiaires » jusqu'à la mise en cause des « évènements élémentaires » (défaillance d'un composant). Cela par utilisation du symbolisme logique de l'algèbre de Boole. Il est ainsi possible d'identifier toutes les défaillances élémentaires

pouvant conduire à l'évènement redouté, puis de quantifier celui-ci par son taux de défaillance λ obtenu à partir des taux de défaillances λi de chaque composant mis en cause. Ce type d'analyse permet, dans le domaine de la maintenance :

- d'améliorer la conception ;
- de faire un diagnostic rapide ;
- de prévoir une meilleure logistique. [20]

4. Caractéristiques de l'ADD :

L'arbre des défaillances est :

- Une méthodologie déductive qui parts des conséquences pour en déduire les causes. Elle répond aux questions suivantes :
- Pourquoi un certain évènement se produit ?
- Quelles sont les causes et leurs relations mutuelles ?
- Une méthode statique (qui permet d'analyser le disfonctionnement du système dans une précise phase/ configuration opérationnelle) :

Plusieurs arbres doivent être utilisés pour étudier le système dans des conditions différentes (i.e., démarrage, état stable, fermeture, etc.)

En particulier l'arbre des défaillances :

Permet une analyse qualitative pour identifier les faiblesses du système et une analyse quantitative pour estimer la probabilité de défaillance du système. [8]

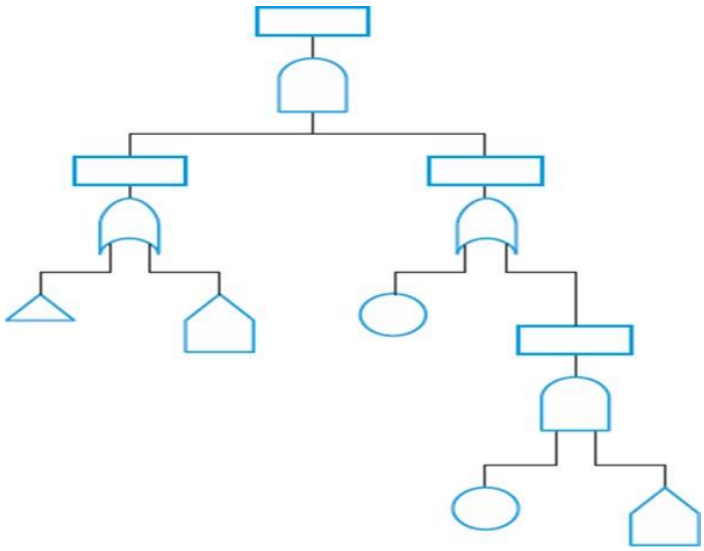


Figure 6 : Arbre de défaillance [8]

5. Les objectifs de l'analyse par arbre des défaillances :

L'objectif est de suivre une logique déductive en partant d'un événement redouté pour déterminer de manière exhaustive (exhaustif : sujet traité à fond) l'ensemble de ses causes jusqu'aux plus élémentaires. Les objectifs sont résumés en quatre points :

- La recherche des événements élémentaires, ou leurs combinaisons qui conduisent à un E.R.
- La représentation graphique des liaisons entre les événements. Remarquons qu'il existe une représentation de la logique de défaillance du système pour chaque E.R. Ce qui implique qu'il y aura autant d'arbres de défaillances à construire que d 'E.R. retenus.
- Analyse qualitative : cette analyse permet de déterminer les faiblesses du système. Elle est faite dans le but de proposer des modifications afin d'améliorer la fiabilité du système. La recherche des éléments les plus critiques est faite en déterminant les chemins qui conduisent à un E.R. Ces chemins critiques représentent des scénarios qui sont analysés en fonction des différentes modifications qu'il est possible d'apporter au système.
- Enfin, il est possible d'évaluer la probabilité d'apparition de l'E.R. connaissant la probabilité des événements élémentaires. C'est l'analyse quantitative qui permet de déterminer d'une manière quantitative les caractéristiques de fiabilité du système étudié.

L'objectif est en particulier de définir la probabilité d'occurrence des divers événements analysés. Les calculs reposent sur : les équations logiques tirées de la structure de l'arbre de défaillances et des probabilités d'occurrence des événements élémentaires. [20]

6. Définition des événements :

6.1 Événement redouté :

L'événement redouté est l'événement indésirable pour lequel nous faisons l'étude de toutes les causes qui y conduisent. Cet événement est unique pour un arbre de défaillances et se trouve au "sommet" de l'arbre. Avant de commencer la décomposition qui permet d'explorer toutes les combinaisons d'événements conduisant à l'événement redouté, il faut définir avec précision cet événement ainsi que le contexte de son apparition. L'événement redouté est représenté par un rectangle au sommet de l'arbre.

6.2 Événements intermédiaires :

Les événements intermédiaires sont des événements à définir comme l'événement redouté. La différence avec l'événement redouté est qu'ils sont des causes pour d'autres événements. Par exemple c'est la combinaison d'événements intermédiaires qui conduit à l'événement redouté. Un événement intermédiaire est représenté par un rectangle comme l'événement redouté.

6.3 Événements élémentaires :

Les événements élémentaires sont des événements correspondants au niveau le plus détaillé de l'analyse du système. Dans un arbre de défaillances, ils représentent les défaillances des composants qui constituent le système étudié. Pour fixer le niveau de détail de notre étude, nous considérons en général que les événements élémentaire coïncident avec la défaillance des composants qui sont réparables ou interchangeables. Les événements élémentaires sont représentés par des cercles. [20]

7. Les Symbole et les porte logiques de l'arbre de défaillances :

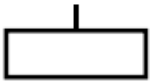
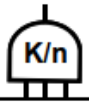
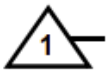
Evénement / report	Dénomination	Portes	Dénomination
	Evénement de base		Porte « ET »
	Pseudo-événement de base		Porte « OU »
	Evénement maison		Porte « OU exclusif »
	Evénement-sommet ou événement intermédiaire		Porte « combinaison »
	Report (sortie) Le sous-arbre situé sous ce « drapeau » est à dupliquer …		Porte « NON-OU »
	Report (entrée) …à l'endroit indiqué par ce second drapeau		Porte « NON-ET »

Tableau 04 : Les Symbole et les porte logiques de l'arbre de défaillances. [21]

8. Construction de l'arbre de défaillances :

La construction de l'arbre de défaillances repose sur l'étude des événements entraînants un événement redouté. Les deux étapes suivantes sont réalisées successivement en partant de l'E.R. et en allant vers les événements élémentaires.

a) Dans un premier temps définir l'événement redouté (l'événement intermédiaire, ou l'événement élémentaire) analysé en spécifiant précisément ce qu'il représente et dans quel contexte il peut apparaître.
b) Puis dans un deuxième temps représenter graphiquement les relations de cause à effet par des portes logiques (ET, OU) qui permettent de spécifier le type de combinaison entre les événements intermédiaires qui conduisent à l'événement analysé.

Pour pouvoir appliquer cette méthode il est nécessaire de :

- Vérifier que le système a un fonctionnement cohérent.
- Connaître la décomposition fonctionnelle du système.
- Définir les limites du système (le degré de finesse de notre étude dépend des objectifs).
- Connaître la mission du système et son environnement pour déterminer le ou les événements redoutés qui est nécessaire à étudier.
- Connaître les modes de défaillance des composants c'est par exemple en s'appuyant sur une analyse de type AMDEC que les branches de l'arbre pourront être construites. [20]

8.1 Démarche à suivre :

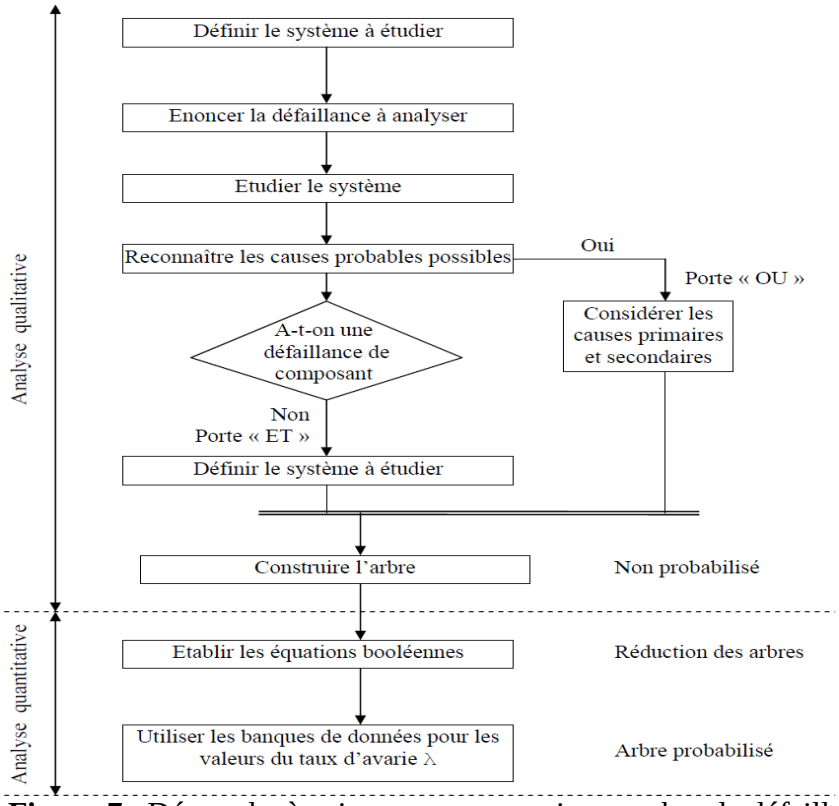


Figure 7 : Démarche à suivre pour construire un arbre de défaillances.

9. Les résultats d'analyse :

L'arbre des défaillances produit deux types de résultats :

9.1 Les Résultats qualitatifs :

Les résultats qualitatifs s'obtiennent en réduisant l'arbre à une expression algébrique selon les règles de l'algèbre booléenne pour décrire l'événement en termes de Coupes Minimales.

- Les Coupes Minimales sont toutes les combinaisons minimales (intersection) d'évènements élémentaires à l'origine de l'évènement Top ;
- La Coupe Minimale de 1ier ordre signifie que La Coupe Minimale contient un seul évènement ;
- Le Coupe Minimale of 2ieme ordre signifie que Le Coupes Minimale est l'intersection de deux évènements i, Etc. [8]

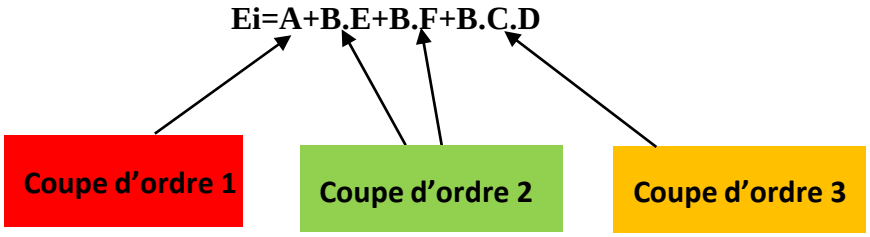


Figure 8 : Equation de résultat qualitatif de la méthode

N.B : La présence possible d'un ou plusieurs coupes minimales d'ordre 1 montre la faiblesse du système parce qu'une seule défaillance peut conduire à la défaillance du système.

9.1.1 Loi de simplification de l'arbre de défaillance :

Propriétés	Produit (Porte logique ET)	Somme (Porte logique Ou)
Commutativité	A. B = B. A	A+B = B+A
Idempotence	A. A = A	A+A =A
Absorption	A. (A+B) = A	A+ A. B = A
Associativité	A. (B.C) =(A.B) .C	A+ (B+C) = (A+B) +C
Distributivité	A. (B+C) = A.B +A.C	A + B.C = (A+B). (A+C)

Tableau 5 : Quelques règles d'optimisation permettant de réduire l'arbre en faisant appliquer l'algèbre booléen [8]

9.1.2 L'utilisation de l'algèbre booléenne permet de réduire l'arbre à une expression logique :

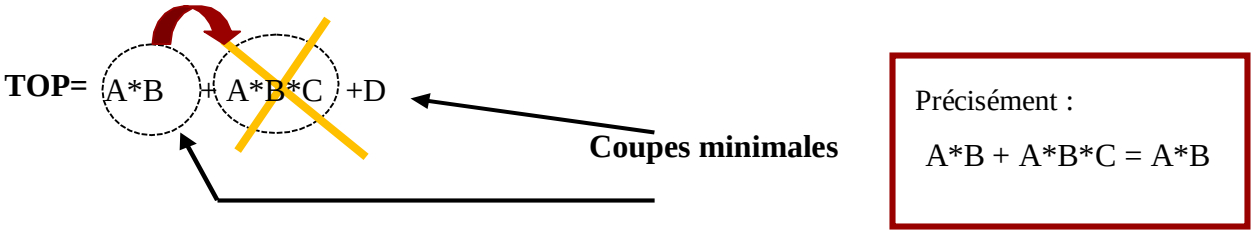


Figure 9 : Utilisation de l'algèbre booléenne permet de réduire l'arbre à une expression logique [8]

9.2 Les résultats quantitatifs :

Les résultats quantitatifs consistent dans l'évaluation de la probabilité de chaque coupe minimale.

Les résultats obtenus sont utilisés pour déterminer la faiblesse du système entre les coupes minimales de même ordre. [8]

Il correspond à l'analyse quantitative. L'utilisation d'un arbre de causes de défaillance pour évaluer la probabilité d'apparition de l'évènement indésiré repose sur les règles classiques de calcul des probabilités composées à évènements indépendants.

•Porte « ET » : probabilité de « A » et « B » = Pr(A) × Pr(B).

•Porte « OU » : probabilité de « A » ou « B » = Pr(A) + Pr(B) – [Pr(A) × Pr(B)]. [20]

9.2.1 Quantification avec des probabilités fixes :

Ce qui fait la puissance des arbres de défaillances, et, plus généralement des« méthodes booléennes »en sûreté de fonctionnement est l'hypothèse d'indépendance globale des évènements. Les principaux traitements que l'on peut faire à partir d'un arbre de défaillances muni de probabilités sont les suivants :

- L'énumération des coupes minimales ou impliquant premiers associés à leurs probabilités. La possibilité de les quantifier permet de ne lister que ceux dont la probabilité dépasse un certain seuil, ce qui est une façon efficace de limiter l'explosion combinatoire à laquelle peut conduire ce type de traitement ;
- Le calcul de la probabilité de l'événement redouté F=1(qui s'identifie avec l'espérance mathématique de F).
- Le calcul de divers facteurs d'importance associés aux événements de base. [22]

9.2.2 Quantification avec des probabilités fonction du temps :

En donnant à la valeur 1 de la variable la signification “le ième composant est défaillant à l’instant t”, on peut réaliser une série de calculs de la probabilité de l’événement de tête de l’arbre à des instants différents. C’est ainsi que l’on peut calculer l’indisponibilité d’un système en fonction du temps .Par exemple , dans le cas très courant où la durée de vie (aléatoire) d’un composant (le temps avant défaillance) est modélisée par une loi exponentielle de paramètre ʎ ,la probabilité que ce composant soit défaillant avant le temps de mission du système (temps pendant lequel l’occurrence de la défaillance peut se produire) est donnée par :

$$P = \lambda - e^{\lambda t}$$

P=ʎ t, (ʎ t)< = 0.1 (1.1)

Cette formule suppose le composant non réparable. Si au contraire il est réparable, et si on suppose que sa durée de réparation suit une loi exponentielle de paramètre, alors sa probabilité d’être défaillant à l’instant t (son indisponibilité) est donnée par la formule :

[(ʎ i)/(ʎ i + µi)][1- e- (ʎi+µi)t] (1.2)

En supposant que tous les composants du système sont ainsi modélisés, on voit qu’il est facile de calculer la probabilité de défaillance du système complet à l’instant t. Le calcul des probabilités de tous les événements de base à l’instant t à l’aide des formules (1.1) ou (1.2) décrites ci-dessus,

Plus généralement, il existe tout un ensemble de formules analytiques permettant de calculer les probabilités de défaillance des composants en fonction du temps. Ces formules permettent de prendre en compte des hypothèses telles que la possibilité de réparer le composant, de le tester périodiquement, et aussi différents types de lois de probabilité pour les durées de vie des composants. Par exemple, on utilise généralement des lois de Wei bull pour modéliser les durées de vie de composants soumis à un phénomène de vieillissement. Il est important de noter que la technique décrite ci-dessus permet de faire seulement des calculs de disponibilité et pas de fiabilité du système. Toutefois, il se trouve que ces deux notions se confondent pour un système cohérent dont aucun composant n’est réparable. [22] Dans ce cas, que ce soit au niveau d’un composant ou au niveau du système tout entier, toute panne est définitive, et la probabilité d’être en panne à l’instant t (indisponibilité) est égale à la probabilité d’être tombé en panne avant t (dé fiabilité).Lorsqu’on a affaire à un système comportant des composants réparables, un calcul de fiabilité reste possible, mais au prix d’une approximation. Le principe de ce calcul consiste à estimer le taux de défaillance du

système à différents instants compris entre 0 et t, puis à calculer la fiabilité R(t) à l'instant t par la formule d'intégration du taux de défaillance ci-dessous :

$$\mathbf{R(t)} = \boldsymbol{e}^{-\int -\boldsymbol{\lambda t}}$$

L'approximation faite est double : d'une part, dans l'estimation du taux de défaillance, pour lequel il n'existe pas de formule exacte, et d'autre part dans l'intégration numérique de ce taux sur l'intervalle [0, t]. [22]

10. Les avantages et les limites :

Avantages	Faiblesses
La modélisation se fait d'une manière simple et systématique, utilisant operateurs simples et pas nombreux.	Dans le cas de gros arbres, il est possible d'oublier des évènements,surtout pour des systèmes à haut risque qui présentent nombreuses redondances et protections.
Un gros arbre des défaillances peut être décomposé en sous-arbres.	
L'analyse est plutôt simple et ils existent nombreux outilspour aider l'analyste.	La quantité de travail pour construire l'arbre est remarquable.
Les coupes minimales représentent des résultats synthétiquesqui montrent directement les criticités des composants.	Les dépendances ne sont pas prises encompte ainsi que les effets du comportement physique et dynamiquedu système implications.
Si l'arbre est construit correctement, les résultats sont conservatifs.	
L'analyse peut prendre en compte les défaillances multiples etde cause commune.	

Tableau 6 : Les avantages et les limites

11. Les outils informatiques pour résoudre les arbres des défaillances :

Ils existent plusieurs outils pour l'édition et la solution des arbres des défaillances et certains incluent l'analyse des incertitudes dans les évaluations probabilistes.

Les plus utilisés sont les suivants :

- ITEM;
- ISOGRAPH;
- RELEX;

- ASTRA FTA;
- Open FTA (www.openfta.com);
- Logan Fault and Event Tree Analysis;
- Arbre Analyste ;
- GRIF …etc ; [8]

12. Logiciel de réalisation :

12.1 Présentation de logiciel GRIF :

GRIF permet de modéliser un système sous la forme d'un arbre de défaillances, c'est une modélisation simple qui transverse à tous les domaines (aéronautique, automobile, ferroviaire, pétrolier ...) de par sa logique booléenne. Le module GRIF s'appuie sur ALBIZIA, le moteur de calcul par BDD (Binary Decision Diagram) développé par Total Energies. Le point fort d'ALBIZIA est qu'il est capable d'effectuer des calculs analytiques exacts et de fournir rapidement un très grand nombre d'informations sur le système étudié. [23]

12.2 L'utilisation de logiciel :

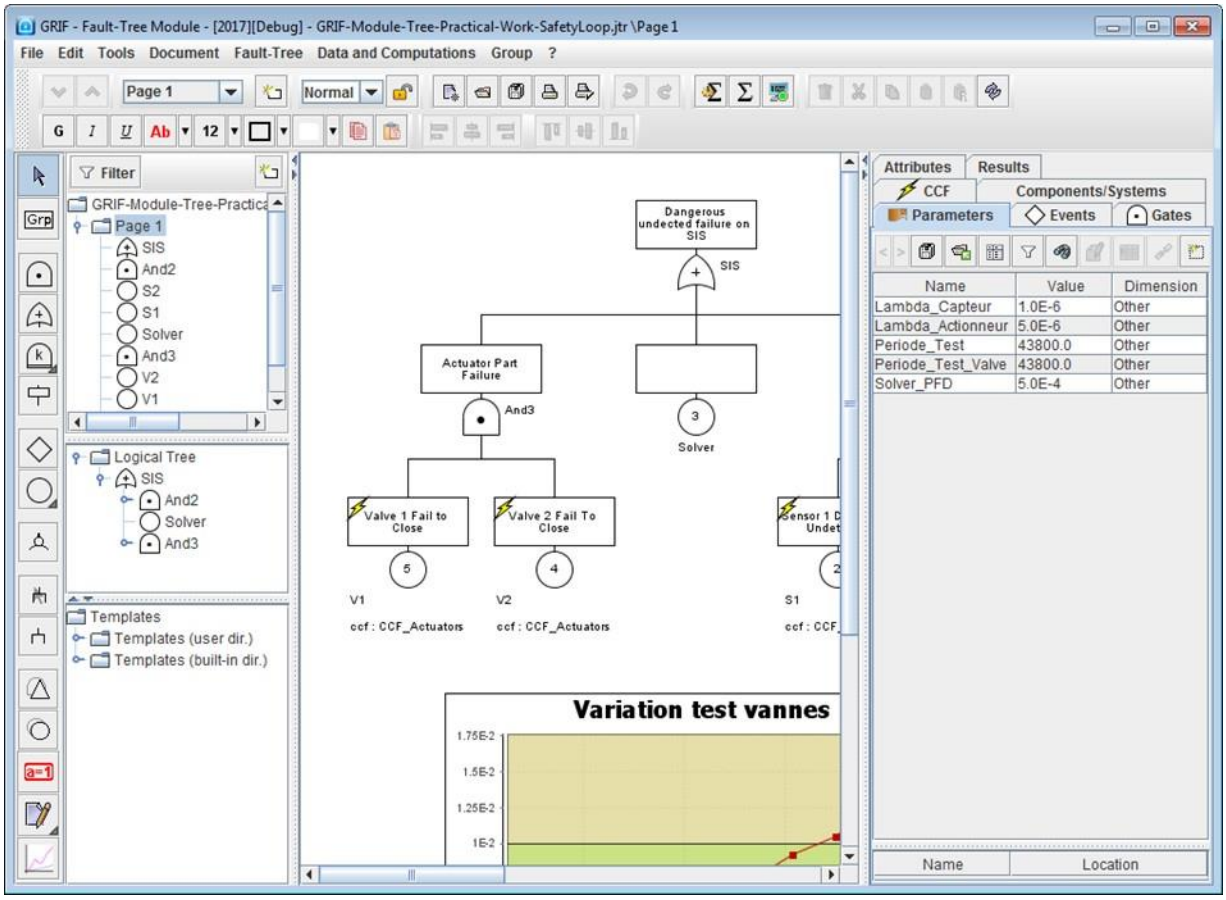


Figure : Logiciel de GRIF

12.3 Barre d'outils verticale :

Chaque modèle utilisé en sûreté de fonctionnement possède sa propre iconographie. L'ensemble de symboles graphiques relatifs aux arbres de défaillances est représenté sur la barre d'icônes placée verticalement à gauche de la fenêtre de saisie.

12.3.1 La barre d'outils verticale comporte les éléments suivants :

Outil de sélection Permet de sélectionner les objets graphiques dans la zone de saisie.



Groupe Permet d'ajouter un groupe (sous-page) aumodèle.



Porte "ET" L'événement de sortie apparaît si tous lesévénements d'entrées apparaissent.



Porte "OU" L'événement de sortie apparaît si au moinsun des événements d'entrées apparaît.



Porte "K sur N" L'événement de sortie apparaît si aumoins k événements d'entrées apparaissent (k < n).



Porte "NOR" L'événement de sortie apparaît si aucundes événements d'entrées n'est apparu.



Porte "NAND" L'événement de sortie apparaît si aumoins un des événements d'entrées n'apparait pas.



Porte "XOR" L'événement de sortie apparaît si un seulévénement d'entrée apparaît.



Porte "Si/Alors/Sinon" L'événement de sortie vaut lavaleur de l'évènement 'alors' si l'évènement 'si' apparaît et vaut la valeur de l'évènement 'sinon' autrement.



Porte "Négation" L'événement de sortie apparaît si l'événement d'entrée n'apparaît pas. L'état logique de lasortie est l'inverse de celui d'entrée.



Porte "Commentaire" Permet d'insérer un commentaire au sein du modèle.



Evénement de base Événement du plus bas niveau pourlequel la probabilité d'apparition ou d'information de fiabilité est disponible.



Evénement élémentaire Le développement de cet événement est terminé. Il correspond à la défaillance d'un système ou d'un équipement qui pourrait être détaillé mais pour lequel on une utilise une loi équivalente.



Evénement à développer Le développement de cet événement n'est pas terminé par manque temporaire d'information. Cet évènement devra être développé ultérieurement.



Evénement "Maison" Événement qui doit se produireavec certitude lors de la production ou de la maintenance. On peut aussi le définir comme un événement non-probabilisé, que l'on doit choisir de mettre à 1 ou à 0 avant tout traitement de l'arbre. Ce type d'événement permet d'avoir plusieurs variantes d'unarbre sur un seul dessin, en modifiant la logique de l'arbre selon la valeur choisie par l'utilisateur.



Lien (un seul) pour créer une connexion (et une seule) entre une entrée (porte) et une sortie (porte ou événement).



Liens (plusieurs) pour créer des connexions entre les entrées (portes) et les sorties (portes et événements).



Renvoi identique Permet de creer un raccourci vers uneautre porte.



Evénement répété Permet de créer un raccourci vers unautre évènement.



Outil champs dynamique Permet de créer des commentaires dynamiques affichant les données du modèle.



Outil commentaire Permet de créer des commentaires statiques.



Outil ligne Permet de créer des lignes ou flèches de tousstyles.



Outil rectangle Permet de créer des zones rectangulaires de couleurs différentes. Ces zones peuvent être ancrées à la page.



Outil polygone Permet de créer des zones en forme depolygone fermé. Ces zones peuvent être ancrées à la page. [23]

Chapitre III : Présentation entreprise Hayat et organisation générale d'un réseau anti incendie

Chapitre III : Présentation entreprise Hayat et organisation générale d'un réseau anti incendie

Parti 1 :

1. Présentation :

Créée en 1937 à partir de fonds entièrement locaux et avec pour investissement de base HAYAT KIMYA, HAYAT HOLDING est présente aujourd'hui dans 5 continents, 70 pays, avec plus de mille produits. HAYAT HOLDING est composée de 15 sociétés dont, pour les plus importantes, HAYAT KIMYA, HAYAT PRODUITS D'ENTRETIEN ET DE SANTE, KASTAMONU ENTEGRE Industrie du Bois, YONGAPAN produits dérivés du bois et LIMAS Exploitation de Port...

HAYAT HOLDING étend son expansion internationale avec des unités de production en Bulgarie, Ukraine, Algérie (2 usines à Blida) et récemment en Iran ainsi que des bureaux de représentation en Russie et Roumanie.

Le succès du groupe à l'international est marqué par des parts de marche très importantes sur toutes ses gammes de produits, mettant en avant un savoir-faire mondial, des atouts qualité-prix concurrentiels et des réseaux de distribution performant (2ème place sur les couches bébé et serviettes hygiéniques en Turquie, sur les liquides vaisselle en Bulgarie, sur les couches bébé en Bosnie-Herzégovine et sur les serviettes hygiéniques et couches bébé en Moldavie).

SARL HAYAT DHC Algérie, fondée en 2005 dans la wilaya de Blida est présent dans le secteur des produits d'entretien ménager avec ses marques BINGO et TEST ; les couches bébé et lingettes avec MOLFIX et BEBEM, les serviettes hygiéniques avec MOLPED et les mouchoirs humides avec PAPIA.

2. Localisation :

Le siège social de Hayat DHC est situé à l'extension Soummam (ex enahdha) lots n°5 Bire Khadem, Alger 16330, DZ.









Figure 10 : l'image satellite de localisation de l'usine SARL HAYATE DHC

3. Mission :

"Proposer au consommateur des produits de haute qualité à des prix abordables".

Afin de garantir la satisfaction absolue du consommateur, Hayat Holding développe ses produits en utilisant la dernière technologie avec des normes de qualité et d'hygiène au plus haut niveau tout en respectant l'environnement.

4. Activités :

L'activité de la Sarl HAYAT DHC Algérie, filiale de HAYAT HOLDING se résume en deux domaines d'activité stratégiques :

1/ la production de deux marques importantes dans le secteur de l'entretien ménager : BINGO & TEST avec une large gamme de produits.

2/ la production de couches bébé et lingettes sous la marque MOLFIX et BEBEM ainsi que les serviettes hygiéniques MOLPED et les mouchoirs humides PAPIA dans le secteur de l'hygiène corporelle.

5. Produites :

Les détergents :

- **BINGO :** poudre à lessive pour lavage à main et machine & l'adoucissant Bingo Soft.
- **TEST :** poudre à lessive pour lavage à main et machine, liquide vaisselle, savon de beauté et de Marseille, lave surfaces, eau de javel, lave vitre et poudre à récurer. Les produits d'hygiène corporelle :
- **MOLFIX :** Les couches bébé et lingettes MOLFIX.
- **BEBEM :** Les couches bébé et lingettes BEBEM.
- **MOLPED :** Les serviettes hygiéniques Classique et Ultra ainsi que les protège-slips MOLPED.
- **PAPIA :** Les mouchoirs humides PAPIA.

	CATEGORY	PRODUCT
HYGIENE	Baby Diaper (couche)	New Born
	MOLFIX & BEBEM couches bébé et lingettes	Mini
		Midi
		Maxi
		Junior
		Extra Large
	MOLPED Les serviettes hygiéniques Classique et Ultra ainsi que les protège-slips	Long
		Normal
DETERGENT	BINGO poudre à lessive pour lavage à main et machine & l'adoucissant Bingo Soft & TEST poudre à lessive pour lavage à main et machine, liquide vaisselle, savon de beauté et de Marseille, lave surfaces, eau de javel, lave vitre et poudre à récurer	Matic (Powder & Liquid)
		Multi-Usage
		Fresh
		Soap
		Soft
		Bleach
		Dish Wash Liquid

Tableau : Les Produites de société el Hayat

6. Distribution :

Les produits de la Sarl HAYAT DHC Algérie existent sur tout le territoire national à travers 4 régions d'implantation de vente : le centre, l'Est, l'Ouest et le Sud.

7. Objectifs :

A court terme, HAYAT Algérie a pour objectif de conquérir les plus grosses parts de marché et de se faire, grâce à ses atouts différentiels, une place de leader en Algérie.

Autre objectif important de la stratégie de Hayat Algérie :

Dans le secteur de l'entretien er, apporter un standing haut de gamme qui stimulera davantage la concurrence sur le marché Algérien et offrira au consommateur un bon niveau de qualité.

Dans celui de l'hygiène corporelle, augmenter le taux d'utilisation en Algérie des couches bébé et serviettes hygiéniques en offrant à la majorité les garanties de qualité et d'accessibilité des prix.

Pour ce faire, Hayat Algérie a élaboré une stratégie de communication intense qui s'appuie sur un éventail de supports marketing exhaustif.

8. Aspect législatif HSE :

8.1 Les normes et référentiels des systèmes de gestion HSE :

Les systèmes de gestion HSE reposent souvent sur des normes et référentiels qui varient selon les pays, certains d'entre elle sont reconnus sur le plan international tel qu'ISO 14001 (gestion de l'environnement), OSHAS 18001 (gestion de la santé et sécurité au travail). D'autre part, il y a aussi des référentiels comme ILO OSH 2001 ou encore Manuel d'amélioration de la sécurité pour les entreprises (MASE) pour gestion Santé-Sécurité au travail, Eco-Management and Audit Schème (EMAS).Comme tous les systèmes de gestion durable, le système de gestion d'INJELEC sur les normes et référentiels reconnus au niveau international que sont l'ISO 14001 pour l'environnement et l'OHSAS 18001 pour la santé-sécurité au travail. A préciser que tous deux sont des démarches volontaires dont la réussite dépend grandement de l'engagement de la direction, elles sont bâties sur un principe dit d'amélioration continue.

8.2 Les normes principales de l'entreprise HAYAT :

ISO9001 : Cette norme définit des exigences pour la mise en place d'un système de management de la qualité pour les organismes souhaitant améliorer en permanence la satisfaction de leur client et fournir des produits et services conformes.

ISO14001 : définit une série d'exigences que doit satisfaire le système de management environnemental d'une organisation pour que celle-ci puisse être certifiée par un organisme extérieur et pour une durée limitée.

ISO45001 : est un modèle de système de gestion de la santé et de la sécurité au travail.

Parti 2 :

9. Généralités sur le réseau anti-incendie :

9.1 Système de détection :

Un système de détection incendie (SDI) est une unité faisant partie du système de sécurité incendie (SSI), dont l'objectif est de déceler de façon aussi précoce que possible la naissance d'un feu. [24]

9.2 Les différents types de détecteurs d'incendie :

Un détecteur d'incendie est un appareil électronique qui analyse l'air au niveau du plafond. Dès qu'il perçoit un incendie, il émet une alarme sonore ou un signal vers l'automate programmable.

9.2.1 Détecteur ionique :

Ce détecteur contient un élément radioactif (toutefois de très faible valeur unitaire) qui Charge l'air compris entre 2 électrodes. Cela crée un courant détectable. Quand la fumée Pénètre dans le détecteur, elle perturbe le courant et fait sonner l'alarme.



Figure 11 : détecteur ionique

9.2.2 Détecteur de chaleur :

Dans certaines pièces humides ou poussiéreuses, un détecteur de fumée peut ne pas Fonctionner correctement. Le détecteur de chaleur déclenche son alarme dès que là Température de la pièce atteint entre 54° et 62°C.



Figure 12 : détecteur de chaleur

9.2.3 Détecteur de fumée optique :

Une source lumineuse éclaire une chambre de Détection obscure. Cette chambre contient aussi Une cellule photoélectrique qui transforme la Lumière en un faible courant électrique. Lorsque Les particules de fumée pénètrent dans la chambre De détection, la lumière est réfléchie sur la Surface des particules de fumée et entre en

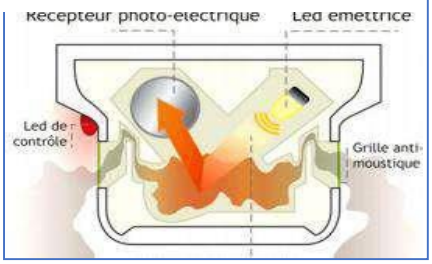


Figure 13 : détecteur de fumée optique

Contact avec la cellule, ce qui déclenche l'alarme.

9.2.4 Détecteur thermo-vélocimétrique :

Il détecte la vitesse d'élévation de la température.



Figure14 : détecteur thermo-vélocimétrique

9.2.5 Détecteur optique de flammes :

Il détecte les flammes grâce à une cellule sensible
Aux rayonnements infrarouges (IR) où
Ultraviolets (UV).
La sélection des détecteurs, les principes des
Opérations, la qualité et la localisation
Sont considérés en fonction du matériel combustible
Et/ou inflammable prédominant,
La typologie d'incendie qui peut se vérifier et la présence du gaz inflammable à l'intérieur
Des bâtiments.



Figure15 : détecteur optique de flammes

9.2.6 Détecteurs de gaz combustible :

Un détecteur de gaz permet de déceler une concentration anormale de gaz dans une pièce. Il est recommandé d'en installer dans sa maison bien que cela ne soit pas obligatoire. [24]



Figure16 : détecteur de gaz

9.3 Les différents types des systèmes de détection :

Il existe deux types de systèmes dans les systèmes de détection d'incendie. Dans cet article, nous examinerons les différences entre les systèmes qui sont divisés en systèmes adressables et conventionnels.

9.3.1 Système conventionnel :

Dans les systèmes conventionnels, les dispositifs d'entrée tels que les détecteurs et les boutons sont connectés aux lignes de zone. Une résistance de fin de ligne est connectée à la fin de la ligne. En cas d'incendie, la résistance équivalente de la ligne de zone diminue en raison de l'activation de la résistance d'alarme du détecteur ou du bouton d'alarme incendie déclenché,

Un signal d'incendie est envoyé depuis la ligne de zone en raison de l'augmentation du courant. Pour cette raison, la source d'incendie peut être déterminée localement dans les systèmes conventionnels. Étant donné que la source de l'alarme incendie peut-être déterminée au niveau zonal, il n'est pas recommandé pour une utilisation dans des immeubles de grande hauteur ou des projets avec des compartiments séparés tels que les hôtels et les hôpitaux. [24]

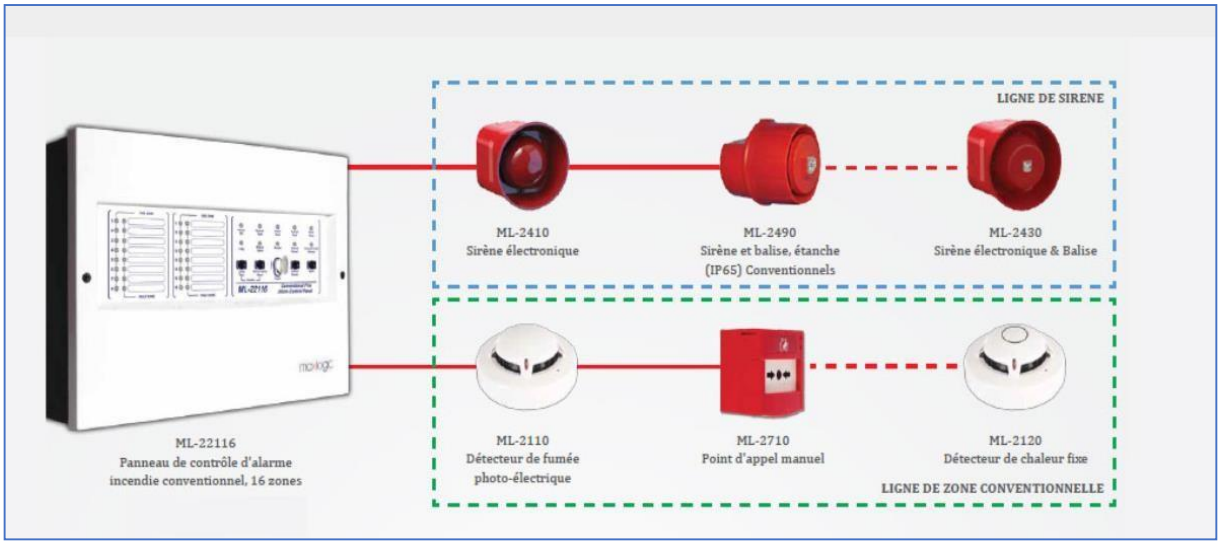


Figure17 : Système de détection conventionnel

9.3.2 Système adressable :

Les systèmes de détection d'incendie adressables peuvent être intégrés à d'autres systèmes mécaniques et peuvent effectuer des opérations de surveillance et de contrôle dans le cadre de scénarios d'incendie préprogrammés. Malheureusement, un tel procédé n'est pas possible pour les systèmes conventionnels. Uniquement en cas d'incendie et de défaut, les
relais de défaut et d'incendie et les sorties sirène de la centrale d'alarme incendie peuvent être déclenchés.

De plus, contrairement au système conventionnel, les systèmes adressables peuvent être facilement surveillés avec un logiciel de surveillance et de contrôle à distance. Comme la communication peut être établie avec le protocole de communication TCP / IP, il n'y a aucune restriction de distance entre l'ordinateur sur lequel le logiciel est installé et la centrale d'alarme incendie adressée. De cette manière, les systèmes situés à des points distants les uns des autres peuvent être surveillés et contrôlés à partir d'un seul point.

Par exemple, considérons un projet universitaire avec des facultés dans différents districts. Toutes les facultés peuvent être surveillées avec un logiciel installé dans le bâtiment du Rectorat. Les événements d'incendie et de défaut survenant dans les systèmes adressables peuvent être surveillés point par point. [24]

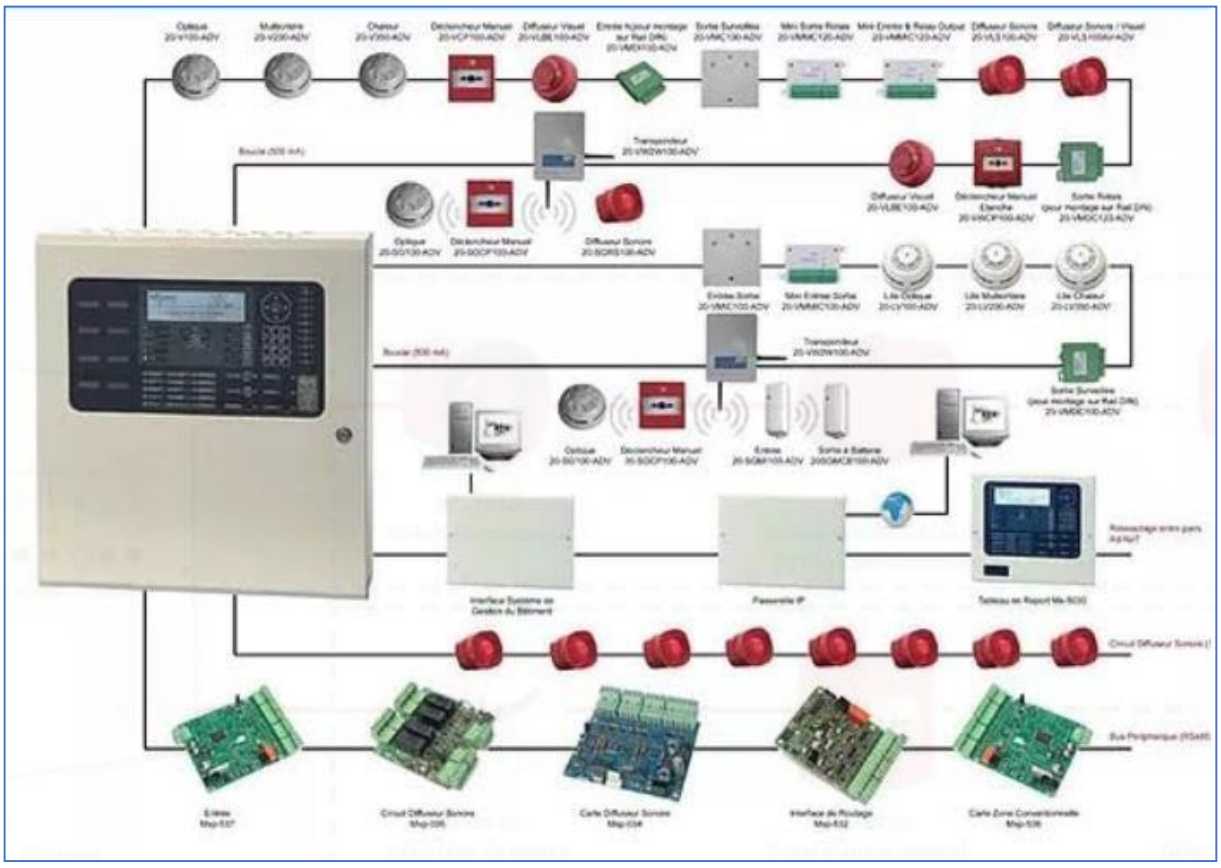


Figure18 : Système de détection adressable

Le réseau d'eau d'incendie est un moyen de protection contre l'incendie et ses conséquences. Il a pour but de sauvegarder des vies humaines et des biens (constructions, installations Industrielles, machines, équipements etc.…)

Il doit faire l'objet d'une étude normalisée.

9.4 Composition du réseau d'eau d'incendie :

Le réseau d'eau d'incendie doit être obligatoirement composé des éléments suivants :

- Une réserve d'eau
- Un système de pompage
- Un système de tuyauterie
- Accessoires de tuyauterie
- Des poteaux d'incendie

- Connections d'annexes (piquages)
- Des vannes de sectionnement

9.5 Description du réseau anti-incendie :

La grande variété et l'intensité des feux possibles dans les installations de traitement des Hydrocarbures impliquent que la détermination du moyen de protection et donc du besoin en Eau associée n'est pas une science exacte. Par conséquent nous avons recourt aux normes Suivantes :

- NFPA (National Fier Protection Association) ;
- BS (British Standard). [24]

Dans notre étude, nous allons nous référencier aux normes américaines NFPA.

9.5.1 Définition de la norme NFPA :

NFPA (Association nationale de protection contre l'incendie), a été fondée est née aux États-Unis en 1896, cette organisation à composition international établit et met à jour la Protection incendie et les mesures de prévention. [24]

9.6 Système de pompage :

9.6.1 Généralités :

Les équipements de pompage ont pour but de fournir automatiquement de l'eau sous pression Dans une installation de lutte contre l'incendie.

L'eau est considérée comme agent extincteur du feu et agit par refroidissement sur le foyer en Combustion.

Afin d'obtenir un maximum d'effet d'absorption de chaleur, l'eau est utilisée par divers Moyens tels que les arroseurs (sprinklers) les rideaux d'eau et les poteaux d'incendie etc.

Tous ces systèmes demandent de l'eau sous pression d'un réseau pressurisé en permanence. Devant l'éventualité d'un incendie, il se produit une demande d'eau, soit par l'ouverture d'un Poteau d'incendie, soit automatiquement par les arroseurs installés, l'équipement de pompage Doit fournir le débit et la pression nécessaires en mettant en service sa pompe principale, en Alimentant ainsi tous les points requis.

9.6.2 Unité de pompage :

L'unité des pompes doit être mitoyenne à la réserve d'eau. Elle doit abriter tous les moyens nécessaires pour le pompage de l'eau vers le réseau d'eau d'incendie.

Elle doit renfermer tous les appareils et accessoires électriques indispensables à la commande automatique et manuelle des pompes d'incendie. L'énergie de secours doit y exister aussi.

9.6.3 Pompes principales :

Ces pompes doivent fournir le débit et la pression requis par l'installation de lutte contre L'incendie.

Leur démarrage est manuel ou automatique par chute de pression importante dans le réseau (Ouverture de poteau d'incendie), l'arrêt est uniquement manuel.

D'une manière générale, et dans la mesure du possible un réseau d'eau d'incendie doit,

Nous avons deux types de pompes électriques et l'autre est diesel.

9.6.4 Pompes auxiliaires :

Connues sous le nom de « JOCKEY PUMPS », il y a un dans le réseau incendie ceux sont des petites pompes, entraînées Électriquement, avec démarrage et arrêt automatique, dont la fonction est de maintenir Constamment le réseau pressurisé, en compensant ainsi les possibles pertes pouvant avoir lieu Dans l'installation. [24]

9.7 Couverture totale de la surface à protéger :

Cette condition définit l'étendue du réseau.

- Elle est réalisée par un certain nombre de poteaux d'incendie.
- Ce nombre est défini par la règle de traçage des cercles ayant un rayon bien défini.
- Pendant le tracé des cercles, il faut s'assurer qu'il n'existe pas de zones d'ombre.
- Selon l'application de cette règle, la distance minimale entre deux prises d'eau sera égale à 50 m.
- La distance entre les façades de constructions et le poteau d'incendie ne doit pas être inférieur à 10m.
- Dans la mesure du possible, les mailles doivent être équidistantes pour un bon équilibre de pression. [24]

9.8 Séquence de démarrage des pompes :

La séquence de démarrage des pompes est généralement la suivante :

- Le réseau est maintenu sous pression par la pompe Jockey à 6 bars
- P1 taré à 6 bars sur le réseau capte une baisse de pression, non maintenue par la pompe jockey. La pompe principale 1 démarre.

- P2 taré à 8 bars (temporisation) sur le réseau capte une baisse de pression, non maintenue par la pompe principale P1. La pompe principale 2 démarre.

La pression du réseau monte à sa pression de fonctionnement (8 bars). Quand toutes les pompes ont accompli leur premier cycle de démarrage, et si la pression du réseau est toujours insuffisante, alors la séquence entière est répétée, pour les pompes ne fonctionnant pas encore.

Le nombre de tentatives de démarrage pour chaque pompe par cycle est limité dans le temps. Néanmoins, la pression peut continuer à baisser dans le réseau pour différentes raisons : - Montée en puissance des consommateurs

- Non démarrage d'une des pompes
- Rupture du réseau dans ce dernier cas, les vannes de sectionnement doivent être manœuvrées le plus rapidement possible. [24]



Figure 19 : Installation système anti incendie d'entreprise HAYAT

Part 3 :

10. Réseau anti incendie d'entreprise HAYAT :

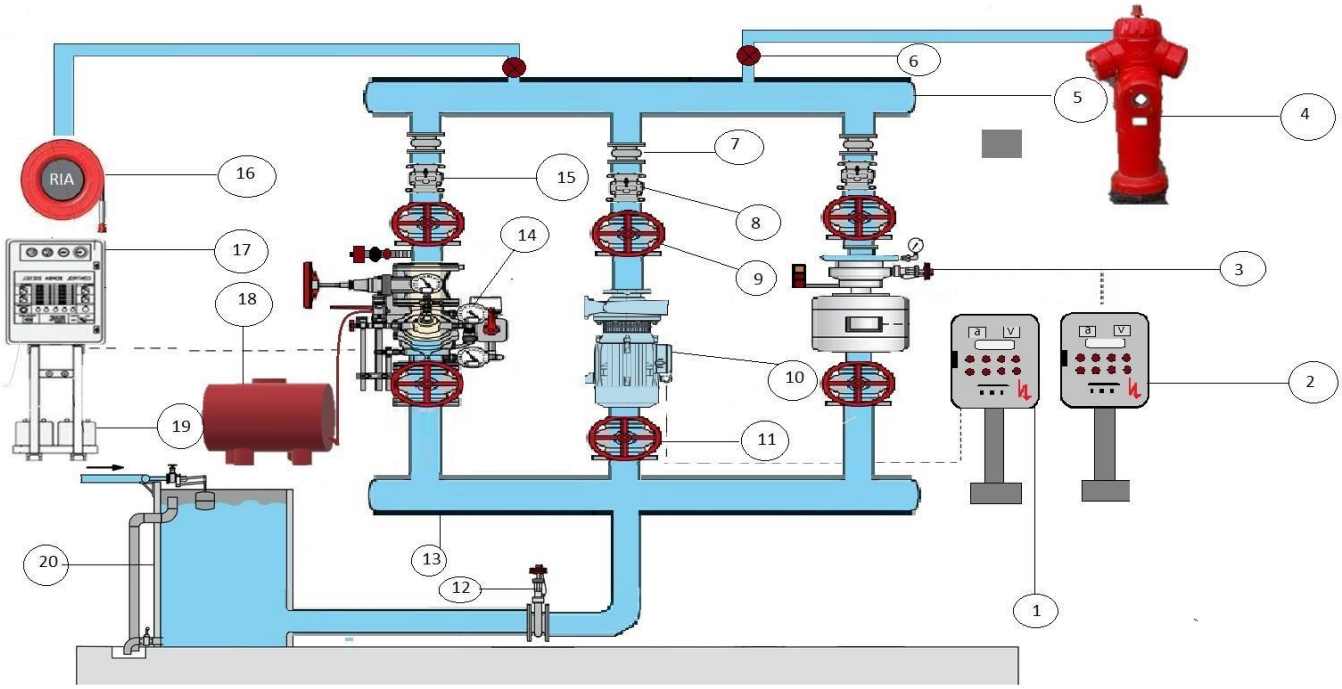


Figure 20 : schéma Réseau anti incendie d'entreprise HAYAT

10.1 Nomenclateur des accessoires kits anti-incendie :

1. Armoires de commande des deux pompes auxiliaire jockey ;
2. Armoires de commande pompes principale électrique complète ;
3. Soupape de sécurité ;
4. Poteau d'incendie ;
5. Collecteur de refoulement ;
6. Vanne de refoulement de collecteur ;
7. Joint ;

8.15. Clapet anti-retour ;

9. Vanne refoulement pour la chaque pompe ;
10. Pompe auxiliaire jockey ;
11. Vanne d'aspiration pour chaque pompe ;
12. Vanne ;
13. Collecteur d'aspiration ;

14. manomètre ;

16. Ria ;

17. Armoires de commande pompes principale diesel complète ;

18. Réservoir gasoil pour moteur diesel ;

19. Double batterie ;

20. Réservoir d'eau ;

10.2 Les équipements Réseau anti incendie d'entreprise HAYAT :

✓ Réservoir d'eau :

La capacité du réservoir est estimée à 725000 l. Il peut fournir de l'eau pour un système complet pendant une période de 8 heures sans interruption.



Figure 21 : Réservoir d'eau

✓ pompe Jockey :

Le réseau est maintenu sous pression par la pompe Jockey à 6 bars (débit d'environ 30m3/h). Rôle Maintien de la pression dans le réseau.



Figure 22 : pompe jockey

- ✓ **Armoires électrique :**

  Rôle : Armoires Commande électrique



Figure 23 : Armoire électrique de pompe jockey

- ✓ **les vannes :** (une dans le collecteur refoulement et l'autre dans le collecteur aspiration) ; Rôle :-Isolé les pompes ;
  -réglages des paramètres hydrauliques ;



Figure 24 : Vannes

- ✓ **Clapet anti-retour :** Rôle :-protéger la pompe ;
  -pour garder la pression ;
  -pour assurer l'écoulement d'eau dans un seul sens ;



Figure 25 : Clapet anti-retour

- ✓ **Manomètre dans le collecteur refoulement :**

  Rôle : Mesurer la pression de réseau



Figure 26 : Manomètre

- ✓ **Pressostat** :(marge supérieur Maximin 11bar.-marge inferieur minium 6 bar) ;
  Rôle : Donner l'ordre de démarrage ou l'arrêt des pompes



Figure 27 : Pressostat

- ✓ **Electropompe :**
  Electropompe de pression 8 bar et débit 457m3 \h : elle s'allume après que la 1ère pompes 'éteint (Pompe jockey) :



Figure 28 : Pompe électrique

- ✓ **Armoire électrique de pompe électrique :**



Figure 29 : Armoire électrique de pompe électrique

- ✓ **Pompe diesel :**

Pompe diesel de pression 8 bar et débit 457 m3\h : elle est souvent utilisée en cas de secourt (coupure d'électricité, masse électrique…)



Figure 30 : Pompe diesel

- ✓ **Armoire électrique de pompe diesel :**



Figure 31 : Armoire électrique de pompe diesel

- ✓ **Réservoir gasoil :**



Figure 32 : Réservoir gasoil

- ✓ **Soupape de décharge :** pour rôle de vidé le réseau en cas où la pression très dépassée



Figure 33 : Soupape de décharge

- ✓ **Poteau incendie :** 40 m3\h (- la distance entre deux poteaux est 50m, 2 poteauxincendie couvre 80 m3\h*2 =160m3\h).

  Comme l'on a déjà dit ci-dessus, les bouches d'incendie ont été disposées, l'une par rapport à l'autre, avec un espacement de 40 m de manière à garantir une protection complète sur tout le périmètre. Celles-ci ont été réalisées en acier au carbone, et elles sont en mesure de fonctionner à la pression de service de 10 bars.



Figure 34: Poteau d'incendie

- ✓ **RIA :**

40m3/h, Le rôle d'une installation des RIA est de permettre une première intervention d'urgence dans la lutte contre l'incendie, en attendant que des moyens plus puissants soient mis en œuvre.



Figure 35 : Robinet incendie armé

CHAPITRE IV : Application de la méthode ADD sur le réseau anti incendie

1. Fonctionnement de système anti-incendie l'entreprise HAYAT :

Le réservoir de la société el Hayet à une capacité de 725 000 litres, il distribue l'eau au collecteur d'aspiration connecté à trois pompes : une pompe principale électrique, une pompe jockey et une pompe principale de carburant.

Lorsqu'une chute de pression inférieure à 6 bars est détectée par le manomètre, le pressostat active automatiquement la pompe jockey, qui augmente la pression au niveau requis.

En cas de demande accrue en eau pour faire fonctionner un grand nombre d'équipements d'extinction d'incendie, le système peut nécessiter une pression élevée pouvant atteindre 8 bars. Lorsque la pompe jockey n'est pas en mesure de fournir cette pression, la pompe principale électrique est activée pour fournir la pression supplémentaire requise. Cela permet de faire fonctionner un grand nombre d'équipements d'extinction d'incendie et de garantir la disponibilité de la pression nécessaire pour les gérer efficacement.

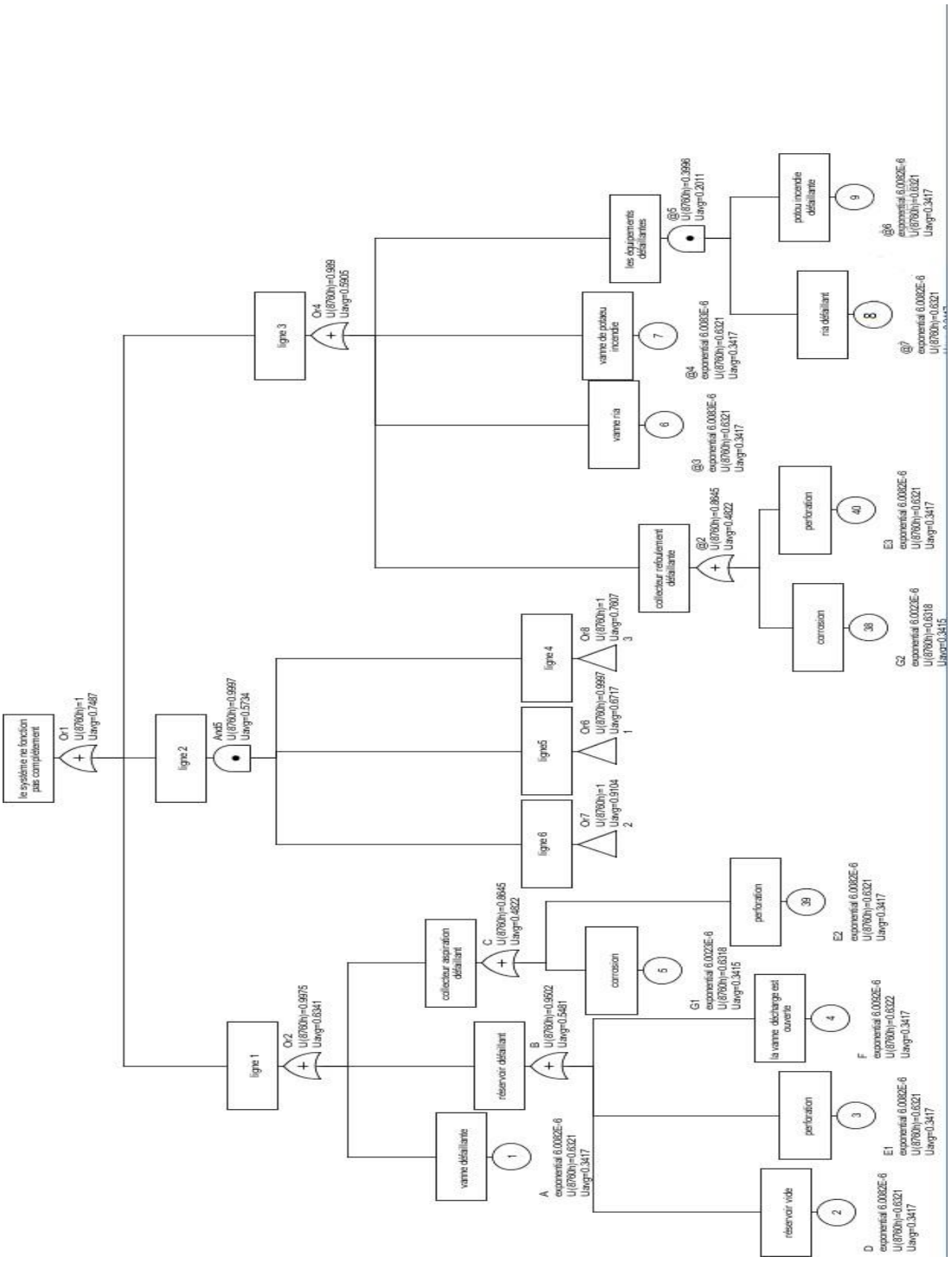
La pompe principale de carburant est une pompe supplémentaire installée dans le système pour fournir une pression supplémentaire lorsque la pompe principale électrique et la pompe jockey ne peuvent pas répondre à la demande ou en cas de panne de la pompe électrique. La pression requise dans ce cas peut atteindre 10 bars.

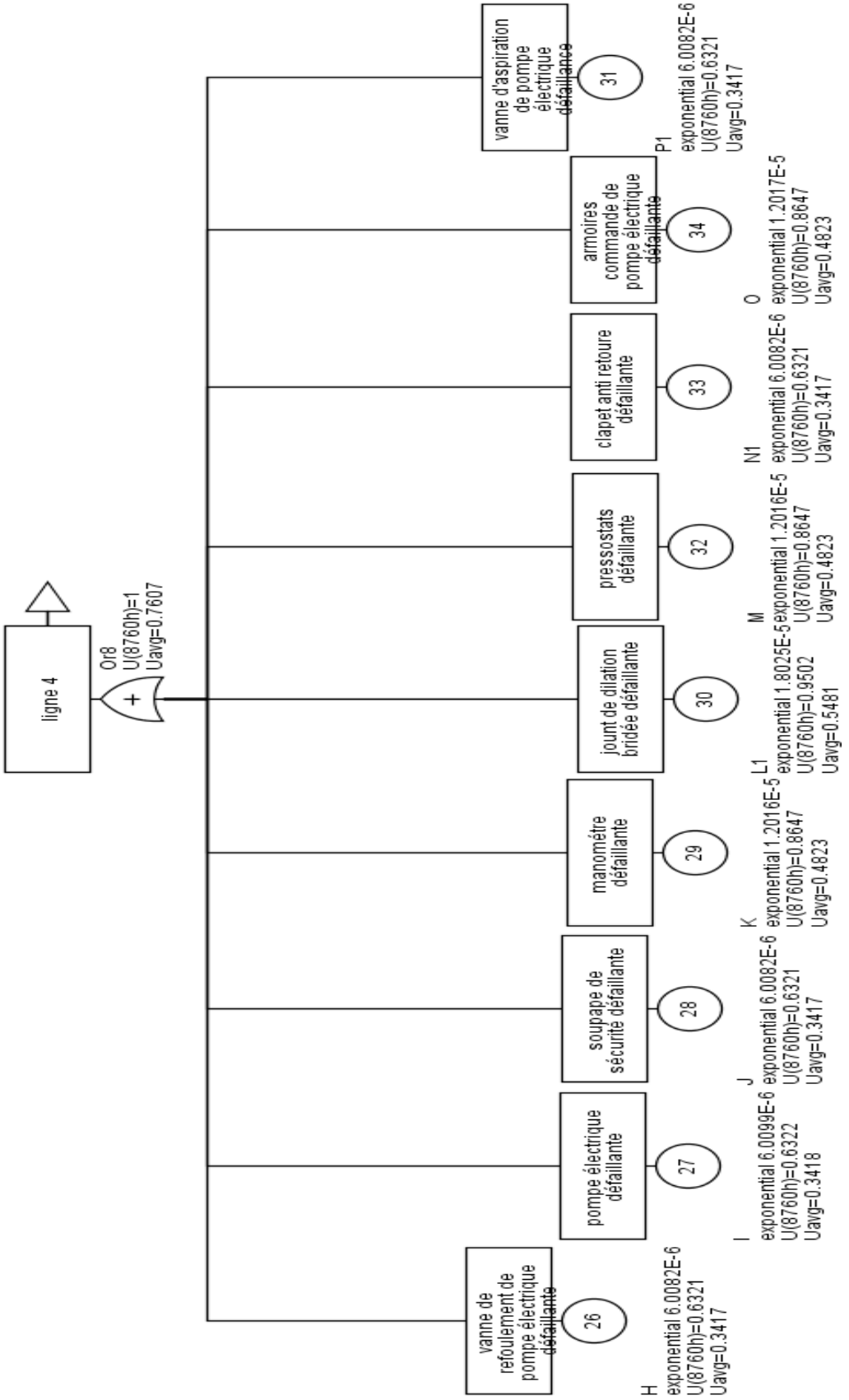
La soupape est automatiquement ouverte pour permettre l'écoulement du liquide ou du gaz libéré hors du système. Lorsque la pression est rétablie jusqu'à la limite de sécurité, le clapet se ferme automatiquement pour rétablir le fonctionnement normal du système.

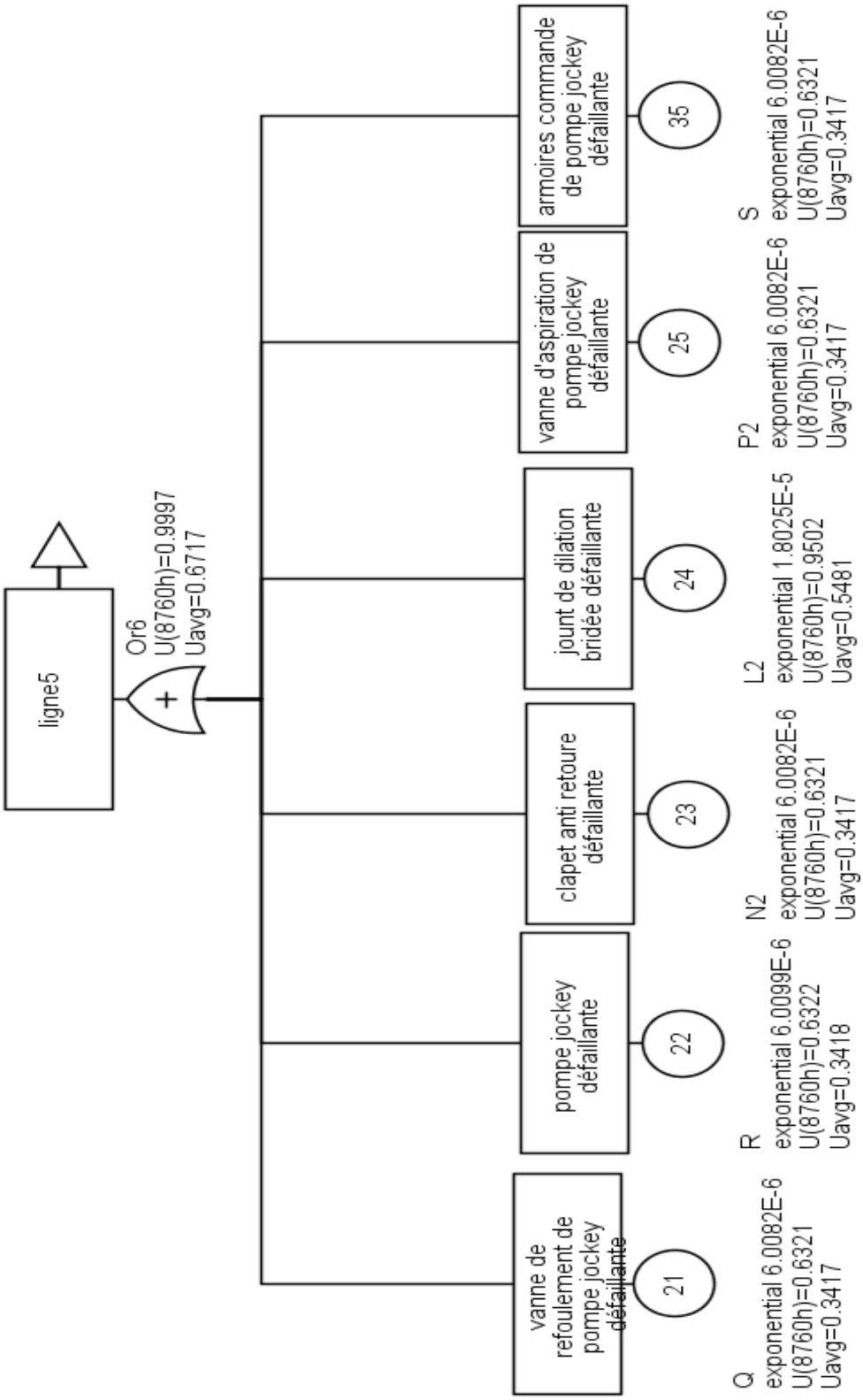
Une fois que l'eau qui sort des pompes se rassemble dans le collecteur principal, elle est dirigée vers des tuyaux spécifiques à l'aide de vannes de contrôle. Ces tuyaux sont utilisés pour acheminer rapidement et efficacement l'eau vers les équipements d'extinction d'incendie afin de faire face à tout incendie éventuel.

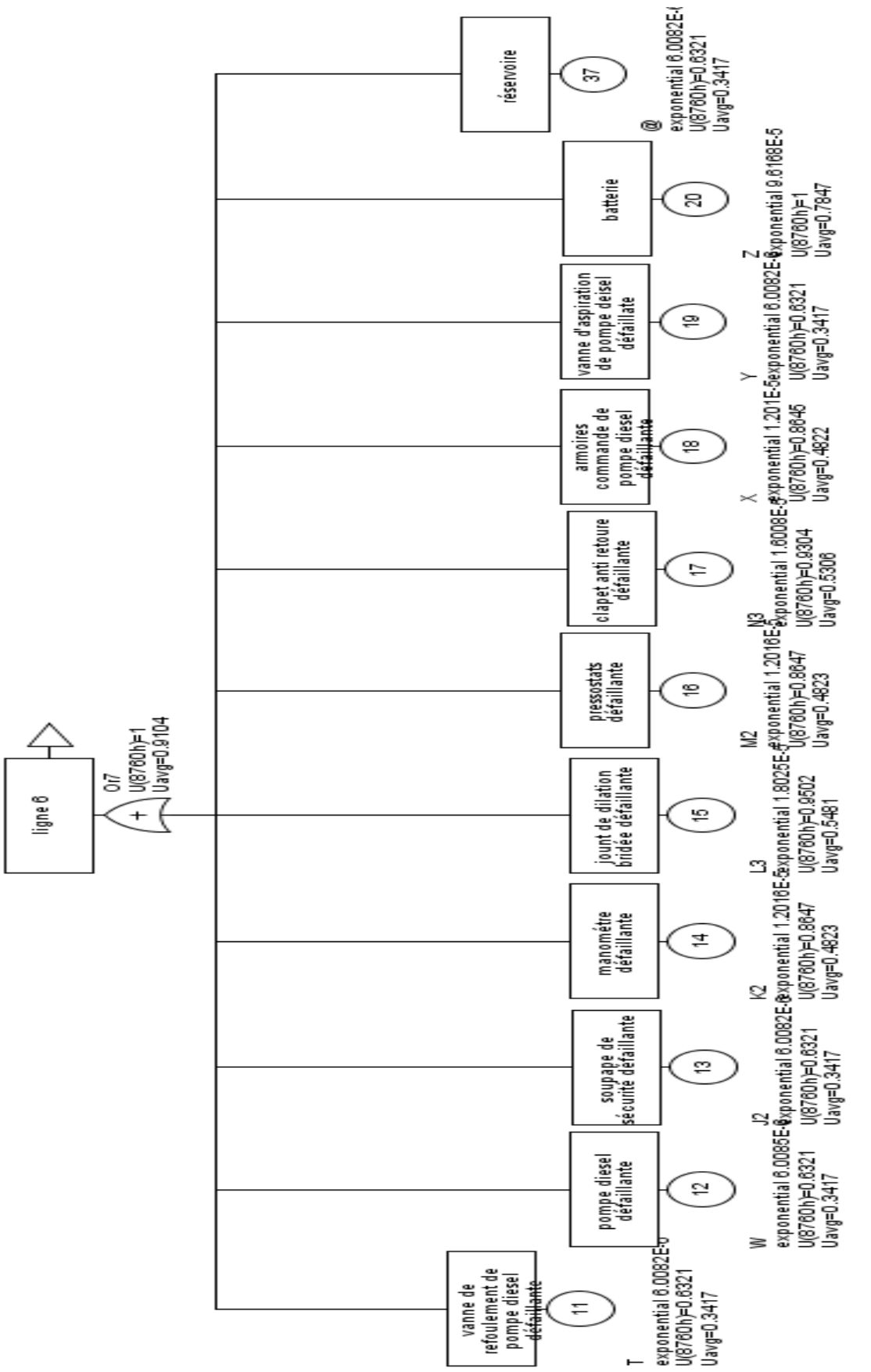
Les tuyaux sont conçus avec une taille appropriée et des spécifications de débit spécifiques pour assurer une distribution adéquate et efficace de l'eau vers les équipements d'extinction d'incendie. L'eau est dirigée à travers ces tuyaux en utilisant des vannes de contrôle qui peuvent être ouvertes et fermées automatiquement ou manuellement pour permettre le débit d'eau lorsque nécessaire.

2. Construction de l'arbre de défaillance :




ligne 4
Or8
U(8760h)=1
Uavg=0.7607
vanne de refoulement de pompe électrique défaillante
26
H
exponential 6.0082E-6
U(8760h)=0.6321
Uavg=0.3417
pompe électrique défaillante
27
I
exponential 6.0099E-6
U(8760h)=0.6322
Uavg=0.3418
soupape de sécurité défaillante
28
J
exponential 6.0082E-6
U(8760h)=0.6321
Uavg=0.3417
manomètre défaillante
29
K
exponential 1.2016E-5
U(8760h)=0.8647
Uavg=0.4823
jount de dilation bridée défaillante
30
L1
exponential 1.8025E-5
U(8760h)=0.9502
Uavg=0.5481
pressostats défaillante
32
M
exponential 1.2016E-5
U(8760h)=0.8647
Uavg=0.4823
clapet anti retoure défaillante
33
N1
exponential 6.0082E-6
U(8760h)=0.6321
Uavg=0.3417
armoires commande de pompe électrique défaillante
34
O
exponential 1.2017E-5
U(8760h)=0.8647
Uavg=0.4823
vanne d'aspiration de pompe électrique défaillante
31
P1
exponential 6.0082E-6
U(8760h)=0.6321
Uavg=0.3417


ligne5
Or6
U(8760h)=0.9997
Uavg=0.6717
vanne de refoulement de pompe jockey défaillante
21
Q
exponential 6.0082E-6
U(8760h)=0.6321
Uavg=0.3417
pompe jockey défaillante
22
R
exponential 6.0099E-6
U(8760h)=0.6322
Uavg=0.3418
clapet anti retoure défaillante
23
N2
exponential 6.0082E-6
U(8760h)=0.6321
Uavg=0.3417
jount de dilation bridée défaillante
24
L2
exponential 1.8025E-5
U(8760h)=0.9502
Uavg=0.5481
vanne d'aspiration de pompe jockey défaillante
25
P2
exponential 6.0082E-6
U(8760h)=0.6321
Uavg=0.3417
armoires commande de pompe jockey défaillante
35
S
exponential 6.0082E-6
U(8760h)=0.6321
Uavg=0.3417



3. Traitement qualitatif du système :

3.1 Codage de l'arbre de défaillance :

	Codes Evènements	Désignations des Evènements
1	ER	Le système ne fonctionne pas complétement
2	A	Vanne défaillant
3	B	Réservoir défaillant
4	C	Collecteur d'aspiration défaillant
5	D	Réservoir vide
6	E1	Perforation
7	E2	Perforation
8	F	Vanne décharge est ouverture
9	G1	Corrasion
10	G2	Corrasion
11	H	Vanne refoulement de la pompe électrique défaillant
12	I	Pompe principale électrique défaillant
13	J	Soupape de sécurité de pompe électrique défaillant
14	K1	Manomètre de pompe électrique défaillant
15	L1	Joint de dilation bride de pompe électrique défaillant
16	M1	Pressostats de pompe électrique défaillant
17	N1	Clapet anti retour de pompe électrique défaillant
18	O	Armoires de commande pompe électrique défaillant
19	P1	Vanne d'aspiration de la pompe électrique défaillant
20	Q	Vanne refoulement de pompe jockey défaillant
21	R	pompe jockey défaillant
22	N2	Clapet anti retour de pompe jockey défaillant
23	L2	Joint de dilation bride de pompe jockey défaillant
24	S	Armoires de commande pompe jockey défaillant

25	P2	Vanne d'aspiration de la pompe jockey défaillant
26	T	Vanne refoulement de pompe diesel défaillant
27	W	Pompe diesel défaillant
28	J2	Soupape de sécurité de pompe diesel défaillant
29	K2	Manomètre de pompe diesel défaillant
30	L3	Joint de dilation bride de pompe diesel défaillant
31	M2	Pressostats de pompe diesel défaillant
32	N3	Clapet anti retour de pompe diesel défaillant
33	X	Armoires de commande pompe diesel défaillant
34	Y	Vanne d'aspiration de la pompe diesel défaillant
35	Z	Batterie défaillant
36	@	Réservoir diesel vide
37	E3	Perforation
38	@2	Collecteur refoulement défaillant
39	@3	Vanne refoulement de ria défaillant
40	@4	Vanne refoulement de poteau d'incendie défaillant
41	@5	Les équipements
42	@6	poteau d'incendie défaillant
43	@7	Ria défaillant

Tableau 7 : Codes des évènements

3.2 L'évènement redouté (ER)

ER=linge1+linge2 +linge3

3.3 Réduction de l'équation booléenne

Linge1 =A+B+C

B=D+E+F

C=G+E1

Linge1=A +D+E+F+ G+E1

Linge2=linge4*linge5*linge6

Linge4=H+I+J+K1+L1+M1+N1+O+P1

Linge5=Q+R+N2+L2+S+P2

Linge6=T+W+J2+K2+L3+M2+N3+X+Y+Z+@

Linge2= (H+I+J+K1+L1+M1+N1+O+P1)*(Q+R+N2+L2+S+P2)*
(T+W+J2+K2+L3+M2+N3+X+Y+Z+@)

Linge2= (@.J.S) + (@.J.P2) + (@.J.L2) + (@.J.N2) + (@.J.R) + (@.J.Q) + (J.S.Z) + (J.P2.Z) + (J.L2.Z) + (J.N2.Z) + (J.R.Z) + (J.Q.Z) + (J.S.Z) + (J.P2.Y) + (J.L2.Y) + (J.N2.Y) + (J.R.Y.) + (J.Q.Y)+(J.S.X) + (J.P2.X) + (J.N2.X) + (J.R.X) + (J.Q.X) + (J.N3.S) + (J.N3.P2) + (J.L2.N3) +(J.N2.N3) + (J.N3.R) + (J.N3.Q) + (J.M2.S) + (J.M2.P2) + (J.L2.M2) + (J.M2.R) + (J.M2.Q) + (J.L3.S) + (J.L3.P2) + (J.L2.L3) + (J.L3.N2) + (J.L3.R) + (J.L3.Q) + (J.K2.S) + (J.K2.P2) + (J.K2.L2) + (J.K2.N2) + (J.K2.R) + (J.K2.Q) + (J.J2.S) + (J.J2.P2) + (J.J2.L2) + (J.J2.N2) + (J.J2.R) + (J.J2.Q) + (J.S.W) + (J.P2.W) +(J.L2.W) + (J.N2.W) + (J.R.W) + (J.Q.W) + (J.S.T) + (J.P2.T) + (J.L2.T) + (J.N2.T) + (J.R.T) + (J.Q.T) + (@.P1.s) + (@.P1.P2) + (@.L2.P1) + (@.N2.P1) + (@.P1.R) + (@.P1.Q) + (P1.S.Z) + (P1.P2.Z) + (L2.P1.Z) + (N2.P1.Z) + (P1.R.Z) + (P1.Q.Z) + (P1.S.Y) + (P1.P2.Y) + (L2.P1.Y) + (N2.P1.Y) + (P1.R.Y) + (P1.Q.Y) + (P1.S.X) + (P1.P2.X) + (L2.P1.X) + (N2.P1.X) + (P1.R.X) + (P1.Q.X) + (N3.P1.S) + (N3.P1.P2) + (L2.N3.P1) + (N2.N3.P1) + (N3.P1.R) + (N3.P1.Q) + (M2.P1.S) + (M2.P1.P2) + (L2.M2.P1) + (M2.N2.P1) + (M2.P1.R) + (M2.P1.Q) + (L3.P1.S) + (L3.P1.P2) + (L2.L3.P1) + (L3.N2.P1) + (L3.P1.R) + (L3.P1.Q) + (K2.P1.S) + (K2.P1.P2) + (K2.L2.P1) + (K2.N2.P1) + (K2.P1.R) + (J2.P1.S) + (J2.P1.P2) + (J2.L2.P1) + (J2.N2.P1) + (J2.P1.R) + (J2.P1.Q) + (P1.S.W) + (P1.P2.W) + (L2.P1.W) + (N2.P1.W) + (P1.R.W) + (P1.Q.W) + (P1.S.T) + (P1.P2.T) + (L2.P1.T) + (N2.P1.T) + (P1.R.T) + (P1.Q.T) + (@.O.S) + (@.O.P2) + (@.L2.O) + (@.N2.O) + (@.O.R) + (@.O.Q) + (O.S.Z) + (O.P2.Z) + (L2.O.Z) + (N2.O.Z) + (O.R.Z.) + (O.Q.Z) + (O.S.Y) + (O.P.Y) + (L2.O.Y) + (N2.O.Y) + (O.R.Y.) +(O.Q.Y) + (O.S.X) + (O.P2.X) + (L2.O.X) + (N2.O.X) + (O.R.X) + (O.Q.X) + (N3.O.S) + (N3.O.P2.) + (L2.N3.O) + (N2.N3.O) + (N3.O.R) + (N3.O.Q) + (M2.O.S) + (M2.O.P2) + (L2.M2.O) + (M2.N2.O) + (M2.O.R) + (M2.O.Q) + (L3.O.S) + (L3.O.P2) + (L2.L3.O) L3.N2.O) + (L3.O.R) + (L3.O.K) + (K2.O.S) + (K2.O.P2) + (K2.L2.O) + (K2.N2.O) + (K2.O.R) +(K2.O.Q) + (J2.O.S.) + (J2.O.P2) +

(G2.L2.O) + (J2.N2.O) + (J2.O.R) + (J2.O.Q) + (O.S.W) + (O.P2.W) + (N2.O.W) + (L2.O.W) + (O.R.W) + (O.S.T) + (O.Q.W) + O.P2.T) + (L2.O.T) + (N2.O.T) + (O.R.T) + (O.Q.T) + (@.M.S.) + (@.M.P2) + (@.L2.M) + (@M.N2) + (@.M.R) + (@.M.Q) + (M.S.Z.) + (M.P2.Z) + (L2.M.Z) + (M.N2.Z) + (M.R.Z) + (M.Q.Z) + (M.S.Y) + (M.P2.Y) + (L2.M.Y) + (M.N2.Y) + (M.R.Y) + (M.Q.Y) + (M.S.X) + (M.P2.X) + (L2.M.X) + (M.N2.X) + (M.R.X) + (M.Q.X) + (M.N3.S)+ (M.N3.P2) + (L2.M.N3) + (M.N2.N3) + (M.N3.R) + (M.N3.Q) + (M.M2.S) + (M.M2.P2) + (L2.M.M2) + (M.M2.N2) + (M.M2.R) + (M.M2.Q) + (L3.M.S) + (L3.M.P2) +(L2.L3.M) + (L3.M.N2) + (L3.M.R) + (L3.M.Q) + (K2.M.P2) + (K2.L2.M) + (K2.M.N2) + (K2.M.R) + (K2.M.Q) + (J2.M.S) + (J2.M.P2) + (J2.L2.M) +(J2.M.N2) + (J2.M.R) + (J2.M.Q) + (M.S.W) + (M.P2.W) + (L2.M.W) + (M.N2.W) + (M.R.W) + (M.Q.W) + (M.S.T) + (M.P2.T) + (L2.M.T) + (M.N2.T) + (M.R.T) + (M.Q.T) + (@.L1.S) + (@L1.P2) + (@.L1.L2) + (@.L1.N2)+(@.L1.R) + (@.L1.Q) + (L1.S.Z) + (L1.P2.Z) + (L1.L2.Z) + (L1.N2.Z) + (L1.R.Z) + (L1.Q.Z) + (L1.S.Y) + (L1.P2.Y) + (L1.L2.Y) + (L1.N2.Y) + (L1.R.Y) + (L1.Q.Y) + (L1.S.X) + (L1.P2.X) + (L1.L2.X) + L1.R.X) + (L1.Q.X) + (L1.N3.S) + (L1.N3.P2) + (L1.L2.N3) + (L1.N2.N3) + (L1.N2.Q) + (L1.N3.R) + (L1.M2.S) + (L1.L2.P2) + (L1.L2.M2) + (L1.M2.N2) + (L1.M2.R) + (L1.M2.Q) + (L1.L3.S) + (L1.L3.P2) + (L1.L2.L3) + (L1.L3.N2) + (L1.L3.R) + (L1.L3.Q) + (K2.L1.S) + (K2.L1.P2) + (k2.L1.L2) + (K2.L1.N2) + (k2.L1.R) + (k2.L1.Q) + (J2.L1.S) + (J2.L1.P2) + (J2.L1.P2) + (J2.L1.L2) + (J2.L1.N2) + (J2.L1.R) + (J2.L1,Q) + (L1.S.W.) + (L1.P2.W)+ (L1.L2.W) + (L1.N2.W) + (L1.R.W) + (L1.Q.W) + (L1.S.T) + (L1.P2.T) + (L1.L2.T) + (L1.N2.T) + (L1.R.T) + (L1.Q.T) + (@.K.S) + (@.K.P2) + (@.K.L2) + (@.K.N2) + (@.K.R) + (@.K.Q) + (K.S.Z) + (K.P2.Z) + (K.L2.Z) + (K.N2.Z) + (K.R.Z) + (K.Q.Z) + (K.S.Y) + (K.P2.Y) + (K.L2.Y) + (K.N2.Y) + (K.R.Y) + (K.Q.Y) + (K.S.X) + (K.P2.X) + (K.L2.X) + (K.N2.X) + (K.R.X) + (K.Q.X) + (K.N3.S) + (K.N3.P2) + (K.L2.N3) + (K.N2.N3) + (K.N3.R) + (K.N3.Q) + (K.M2.S) + (K.M2.P2) + (K.L2.M2) + (K.L2.M2) + (K.M2.N2) + (K.M2.R) + (K.M2.Q) + (K.L3.S) + (K.L3.P2) + (K.L2.L3) + (K.L3.N2) + (K.L3.R) + (K.L3.Q) + (K.K2.S) + (K.K2.P2.) + (K.K2.L2) + (K.K2.N2) + (K.K2.R) + (K.K2.Q) + (J2.K.S) + (.J2.K.P2) + (J2.K.L2) + (J2.K.N2) + (J2.K.R.) + (J2.K.Q) + (K.S.W) + (K.P2.W) + (K.L2.W) + (K.N2.W) + (K.R.W) + (K.Q.W) + (K.S.T) + (k.P2.T) + (K.L2.T) + (K.N2.T) + (K.R.T) + (K.Q.T) + (@.I.S) + (@.I.P2) + (@.I.L2) + (@.I.N2) + (@.I.R) + (@.I.Q) + (.I.S.Z) + (I.P2.Z) + (I.L2.Z) + (I.N2.Z) + (I.R.Z) + (I.Q.Z) + (I.S.Y) + (I.P2.Y) + (I.L2.Y) + (I.N2.Y) + (I.R.Y) + (I.Q.Y) + (I.S.X) + (I.P2.X) + (I.L2.X) + (I.N2.X) + (I.R.X) + (I.Q.X) + (I.N3.S) + (I.N3.P2) + (I.L2.N3) + (I.N2.N3) + (I.N3.R) + (I.N3.Q) + (I.M2.S) +

(I.M2.P2) + (I.L2.M2) + (I.M2.N2) + (I.M2.R) + (I+M2.Q) + (I.L3.S) + (I.L3.P2) + (I.L2.L3) + (I.L3.N2) + (I.L3.R) + (I.L3.Q) + (I.K2.S) + (I.K2.P2) + (I.K2.L2) + (I.K2.N2) + (I.K2.R) + (I.K2.Q) + (I.J2.S) + (I.J2.P2) + (I.J2.L2) + (I.J2.N2)+(I.J2.R)+(I.J2.Q)+(I.S.W)+(I.P2.W)+(I.L2.W)+(I.N2.W)+(I.R.W) + (I.Q.W) + (I.S.T) + (I.P2.T) + (I.L2.P) + (I.N2.P) + (I.R.P) + (I.Q.T) + (@.H.S) + (@.H.P2) + (@.H.L2) + (@.H.N2) + (@.H.R) + (@.H.Q) + (H.S.Z) + (H.P2.Z) + (H.L2.Z) + (H.N2.Z) + (H.R.Z) + (H.Q.Z) + (H.S.Y) + (H.P2.Y) + (H.L2.Y) + (H.N2.Y) + (H.R.Y) + (H.Q.Y) + (H.S.X) + (H.P2.X) + (H.L2.X) + (H.N2.X) +(H.R.X) + (H.Q.X) + (H.N3.S) + (H.N3.P2) + (H.L2.N2) + (H.N2.N3) + (H.N3.R) + (H.N3.Q) + (H.M2.S) + (H.M2.P2) + (H.L2.M2) + (H.M2.N2) + (H.M2.R) + (H.M2.Q) + (H.L3.S) + (H.L3.P2) + (H.L2.L3) + (H.L3.N2) + (H.L3.R) + (H.L3.Q) + (H.K2.S) + (H.K2.P2) + (H.K2.L2) + (H.K2.N2) + (H.K2.R) + (H.K2.Q) + (H.J2.S) + (H.J2.P2) + (H.J2.L2) + (H.J2.N2) + (H.J2.R) + (H.J2.Q) + (H.S.W) + (H.P.W) + (H.L2.W) + (H.N2.W)+(H.R.W) + (H.Q.W) + (H.S.T) + (H.P2.T) + (H.L2.T) + (N1.Q.T) + (N1.Q.W) + (N1.Q.J2) + (N1.Q.K2 + (N1.Q.L3) + (N1.Q.m2) +(N1.Q.X) + (N1.Q.Y) + (N1.Q.Z) + (N1.Q.@) + (N1.R.T) + (N1.R.Y) + (N1.R.J2) + (N1.R.K2) + (N1.R.L3) + (N1.R.M2) + (N1.R.N3) + (N1.R.X) + (N1.R.Y) + (N1.R.Z) + (N1.R.@) + (N1.N2.T) + (N1.N2.W) + (N1.N2.J2) + (N1.N2.K2) + (N1.N2.L3) + (N1.N2.M2) + (N1.N2.N3) + (N1.N2.X) + (N1.N2.Y) + (N1.N2.Z) + (N1.N2.@) + (N1.L2.T) + (N1.L2.W) + (N1.L2.J2) + (N1.L2.K2) + (N1.L2.L3) + (N1.L2.M2) + (N1.L2.N3) + (N1.L2.X) + (N1.L2.Y) + (N1.L2.Z) + (N1.L2.@) + (N1.P2.T) + (N1.P2.W) + (N1.P2.J2) + (N1.P2.K2) + (N1.P2.L3) + (N1.P2.M2) + (N1.P2.N3) + (N1.P2.X) + (N1.P2.Y) + (N1.P2.Z) + (N1.P2.@) + (N1.S.T) + (N1.S.W) + (N1.S.J2) + (N1.S.K2) + (N1.S.L3) + (N1.S.M2) + (N1.S.N3) + (N1.S.X) + (N1.S.Y) + (N1.S.Z) + (N1.S.@) +

Linge 3=@2+@3+@4+@5

@2=E2+G1

@5=@6*@7

Linge3 =E2+G1+@3+@4+ (@6*@7)

ER = A +D+E+F+ G+E1+ E2+G1+@3+@4+ (@6*@7) +(@.J.S) + (@.J.P2) + (@.J.L2) + (@.J.N2) + (@.J.R) + (@.J.Q) + (J.S.Z) + (J.P2.Z) + (J.L2.Z) + (J.N2.Z) + (J.R.Z) + (J.Q.Z) + (J.S.Z) + (J.P2.Y) + (J.L2.Y) + (J.N2.Y) + (J.R.Y.) + (J.Q.Y)+(J.S.X) + (J.P2.X) + (J.N2.X) + (J.R.X) + (J.Q.X) + (J.N3.S) + (J.N3.P2) + (J.L2.N3) +(J.N2.N3) + (J.N3.R) + (J.N3.Q) + (J.M2.S) + (J.M2.P2) + (J.L2.M2) + (J.M2.R) + (J.M2.Q) + (J.L3.S) +

(J.L3.P2) + (J.L2.L3) + (J.L3.N2) + (J.L3.R) + (J.L3.Q) + (J.K2.S) + (J.K2.P2) + (J.K2.L2) + (J.K2.N2) + (J.K2.R) + (J.K2.Q) + (J.J2.S) + (J.J2.P2) + (J.J2.L2) + (J.J2.N2) + (J.J2.R) + (J.J2.Q) + (J.S.W) + (J.P2.W) +(J.L2.W) + (J.N2.W) + (J.R.W) + (J.Q.W) + (J.S.T) + (J.P2.T) + (J.L2.T) + (J.N2.T) + (J.R.T) + (J.Q.T) + (@.P1.s) + (@.P1.P2) + (@.L2.P1) + (@.N2.P1) + (@.P1.R) + (@.P1.Q) + (P1.S.Z) + (P1.P2.Z) + (L2.P1.Z) + (N2.P1.Z) + (P1.R.Z) + (P1.Q.Z) + (P1.S.Y) + (P1.P2.Y) + (L2.P1.Y) + (N2.P1.Y) + (P1.R.Y) + (P1.Q.Y) + (P1.S.X) + (P1.P2.X) + (L2.P1.X) + (N2.P1.X) + (P1.R.X) + (P1.Q.X) + (N3.P1.S) + (N3.P1.P2) + (L2.N3.P1) + (N2.N3.P1) + (N3.P1.R) + (N3.P1.Q) + (M2.P1.S) + (M2.P1.P2) + (L2.M2.P1) + (M2.N2.P1) + (M2.P1.R) + (M2.P1.Q) + (L3.P1.S) + (L3.P1.P2) + (L2.L3.P1) + (L3.N2.P1) + (L3.P1.R) + (L3.P1.Q) + (K2.P1.S) + (K2.P1.P2) + (K2.L2.P1) + (K2.N2.P1) + (K2.P1.R) + (J2.P1.S) + (J2.P1.P2) + (J2.L2.P1) + (J2.N2.P1) + (J2.P1.R) + (J2.P1.Q) + (P1.S.W) + (P1.P2.W) + (L2.P1.W) + (N2.P1.W) + (P1.R.W) + (P1.Q.W) + (P1.S.T) + (P1.P2.T) + (L2.P1.T) + (N2.P1.T) + (P1.R.T) + (P1.Q.T) + (@.O.S) + (@.O.P2) + (@.L2.O) + (@.N2.O) + (@.O.R) + (@.O.Q) + (O.S.Z) + (O.P2.Z) + (L2.O.Z) + (N2.O.Z) + (O.R.Z.) + (O.Q.Z) + (O.S.Y) + (O.P.Y) + (L2.O.Y) + (N2.O.Y) + (O.R.Y.) +(O.Q.Y) + (O.S.X) + (O.P2.X) + (L2.O.X) + (N2.O.X) + (O.R.X) + (O.Q.X) + (N3.O.S) + (N3.O.P2.) + (L2.N3.O) + (N2.N3.O) + (N3.O.R) + (N3.O.Q) + (M2.O.S) + (M2.O.P2) + (L2.M2.O) + (M2.N2.O) + (M2.O.R) + (M2.O.Q) + (L3.O.S) + (L3.O.P2) + (L2.L3.O) L3.N2.O) + (L3.O.R) + (L3.O.K) + (K2.O.S) + (K2.O.P2) + (K2.L2.O) + (K2.N2.O) + (K2.O.R) +(K2.O.Q) + (J2.O.S.) + (J2.O.P2) + (G2.L2.O) + (J2.N2.O) + (J2.O.R) + (J2.O.Q) + (O.S.W) + (O.P2.W) + (N2.O.W) + (L2.O.W) + (O.R.W) + (O.S.T) + (O.Q.W) + O.P2.T) + (L2.O.T) + (N2.O.T) + (O.R.T) + (O.Q.T) + (@.M.S.) + (@.M.P2) + (@.L2.M) + (@M.N2) + (@.M.R) + (@.M.Q) + (M.S.Z.) + (M.P2.Z) + (L2.M.Z) + (M.N2.Z) + (M.R.Z) + (M.Q.Z) + (M.S.Y) + (M.P2.Y) + (L2.M.Y) + (M.N2.Y) + (M.R.Y) + (M.Q.Y) + (M.S.X) + (M.P2.X) + (L2.M.X) + (M.N2.X) + (M.R.X) + (M.Q.X) + (M.N3.S)+ (M.N3.P2) + (L2.M.N3) + (M.N2.N3) + (M.N3.R) + (M.N3.Q) + (M.M2.S) + (M.M2.P2) + (L2.M.M2) + (M.M2.N2) + (M.M2.R) + (M.M2.Q) + (L3.M.S) + (L3.M.P2) +(L2.L3.M) + (L3.M.N2) + (L3.M.R) + (L3.M.Q) + (K2.M.P2) + (K2.L2.M) + (K2.M.N2) + (K2.M.R) + (K2.M.Q) + (J2.M.S) + (J2.M.P2) + (J2.L2.M) +(J2.M.N2) + (J2.M.R) + (J2.M.Q) + (M.S.W) + (M.P2.W) + (L2.M.W) + (M.N2.W) + (M.R.W) + (M.Q.W) + (M.S.T) + (M.P2.T) + (L2.M.T) + (M.N2.T) + (M.R.T) + (M.Q.T) + (@.L1.S) + (@L1.P2) + (@.L1.L2) + (@.L1.N2)+(@.L1.R) + (@.L1.Q) + (L1.S.Z) + (L1.P2.Z) + (L1.L2.Z) + (L1.N2.Z) + (L1.R.Z) + (L1.Q.Z) + (L1.S.Y) + (L1.P2.Y) + (L1.L2.Y) + (L1.N2.Y) + (L1.R.Y) + (L1.Q.Y) + (L1.S.X) +

(L1.P2.X) + (L1.L2.X) + L1.R.X) + (L1.Q.X) + (L1.N3.S) + (L1.N3.P2) + (L1.L2.N3) + (L1.N2.N3) + (L1.N2.Q) + (L1.N3.R) + (L1.M2.S) + (L1.L2.P2) + (L1.L2.M2) + (L1.M2.N2) + (L1.M2.R) + (L1.M2.Q) + (L1.L3.S) + (L1.L3.P2) + (L1.L2.L3) + (L1.L3.N2) + (L1.L3.R) + (L1.L3.Q) + (K2.L1.S) + (k2.L1.P2) + (k2.L1.L2) + (K2.L1.N2) + (k2.L1.R) + (k2.L1.Q) + (J2.L1.S) + (J2.L1.P2) + (J2.L1.P2) + (J2.L1.L2) + (J2.L1.N2) + (J2.L1.R) + (J2.L1,Q) + (L1.S.W.) + (L1.P2.W)+ (L1.L2.W) + (L1.N2.W) + (L1.R.W) + (L1.Q.W) + (L1.S.T) + (L1.P2.T) + (L1.L2.T) + (L1.N2.T) + (L1.R.T) + (L1.Q.T) + (@.K.S) + (@.K.P2) + (@.K.L2) + (@.K.N2) + (@.K.R) + (@.K.Q) + (K.S.Z) + (K.P2.Z) + (K.L2.Z) + (K.N2.Z) + (K.R.Z) + (K.Q.Z) + (K.S.Y) + (K.P2.Y) + (K.L2.Y) + (K.N2.Y) + (K.R.Y) + (K.Q.Y) + (K.S.X) + (K.P2.X) + (K.L2.X) + (K.N2.X) + (K.R.X) + (K.Q.X) + (K.N3.S) + (K.N3.P2) + (K.L2.N3) + (K.N2.N3) + (K.N3.R) + (K.N3.Q) + (K.M2.S) + (K.M2.P2) + (K.L2.M2) + (K.L2.M2) + (K.M2.N2) + (K.M2.R) + (K.M2.Q) + (K.L3.S) + (K.L3.P2) + (K.L2.L3) + (K.L3.N2) + (K.L3.R) + (K.L3.Q) + (K.K2.S) + (K.K2.P2.) + (K.K2.L2) + (K.K2.N2) + (K.K2.R) + (K.K2.Q) + (J2.K.S) + (.J2.K.P2) + (J2.K.L2) + (J2.K.N2) + (J2.K.R.) + (J2.K.Q) + (K.S.W) + (K.P2.W) + (K.L2.W) + (K.N2.W) + (K.R.W) + (K.Q.W) + (K.S.T) + (k.P2.T) + (K.L2.T) + (K.N2.T) + (K.R.T) + (K.Q.T) + (@.I.S) + (@.I.P2) + (@.I.L2) + (@.I.N2) + (@.I.R) + (@.I.Q) + (.I.S.Z) + (I.P2.Z) + (I.L2.Z) + (I.N2.Z) + (I.R.Z) + (I.Q.Z) + (I.S.Y) + (I.P2.Y) + (I.L2.Y) + (I.N2.Y) + (I.R.Y) + (I.Q.Y) + (I.S.X) + (I.P2.X) + (I.L2.X) + (I.N2.X) + (I.R.X) + (I.Q.X) + (I.N3.S) + (I.N3.P2) + (I.L2.N3) + (I.N2.N3) + (I.N3.R) + (I.N3.Q) + (I.M2.S) + (I.M2.P2) + (I.L2.M2) + (I.M2.N2) + (I.M2.R) + (I+M2.Q) + (I.L3.S) + (I.L3.P2) + (I.L2.L3) + (I.L3.N2) + (I.L3.R) + (I.L3.Q) + (I.K2.S) + (I.K2.P2) + (I.K2.L2) + (I.K2.N2) + (I.K2.R) + (I.K2.Q) + (I.J2.S) + (I.J2.P2) + (I.J2.L2) + (I.J2.N2)+(I.J2.R)+(I.J2.Q)+(I.S.W)+(I.P2.W)+(I.L2.W)+(I.N2.W)+(I.R.W) + (I.Q.W) + (I.S.T) + (I.P2.T) + (I.L2.P) + (I.N2.P) + (I.R.P) + (I.Q.T) + (@.H.S) + (@.H.P2) + (@.H.L2) + (@.H.N2) + (@.H.R) + (@.H.Q) + (H.S.Z) + (H.P2.Z) + (H.L2.Z) + (H.N2.Z) + (H.R.Z) + (H.Q.Z) + (H.S.Y) + (H.P2.Y) + (H.L2.Y) + (H.N2.Y) + (H.R.Y) + (H.Q.Y) + (H.S.X) + (H.P2.X) + (H.L2.X) + (H.N2.X) +(H.R.X) + (H.Q.X) + (H.N3.S) + (H.N3.P2) + (H.L2.N2) + (H.N2.N3) + (H.N3.R) + (H.N3.Q) + (H.M2.S) + (H.M2.P2) + (H.L2.M2) + (H.M2.N2) + (H.M2.R) + (H.M2.Q) + (H.L3.S) + (H.L3.P2) + (H.L2.L3) + (H.L3.N2) + (H.L3.R) + (H.L3.Q) + (H.K2.S) + (H.K2.P2) + (H.K2.L2) + (H.K2.N2) + (H.K2.R) + (H.K2.Q) + (H.J2.S) + (H.J2.P2) + (H.J2.L2) + (H.J2.N2) + (H.J2.R) + (H.J2.Q) + (H.S.W) + (H.P.W) + (H.L2.W) + (H.N2.W)+(H.R.W) + (H.Q.W) + (H.S.T) + (H.P2.T) + (H.L2.T) + (N1.Q.T) + (N1.Q.W) + (N1.Q.J2) + (N1.Q.K2 + (N1.Q.L3) +

(N1.Q.m2) +(N1.Q.X) + (N1.Q.Y) + (N1.Q.Z) + (N1.Q.@) + (N1.R.T) + (N1.R.Y) + (N1.R.J2) + (N1.R.K2) + (N1.R.L3) + (N1.R.M2) + (N1.R.N3) + (N1.R.X) + (N1.R.Y) + (N1.R.Z) + (N1.R.@) + (N1.N2.T) + (N1.N2.W) + (N1.N2.J2) + (N1.N2.K2) + (N1.N2.L3) + (N1.N2.M2) + (N1.N2.N3) + (N1.N2.X) + (N1.N2.Y) + (N1.N2.Z) + (N1.N2.@) + (N1.L2.T) + (N1.L2.W) + (N1.L2.J2) + (N1.L2.K2) + (N1.L2.L3) + (N1.L2.M2) + (N1.L2.N3) + (N1.L2.X) + (N1.L2.Y) + (N1.L2.Z) + (N1.L2.@) + (N1.P2.T) + (N1.P2.W) + (N1.P2.J2) + (N1.P2.K2) + (N1.P2.L3) + (N1.P2.M2) + (N1.P2.N3) + (N1.P2.X) + (N1.P2.Y) + (N1.P2.Z) + (N1.P2.@) + (N1.S.T) + (N1.S.W) + (N1.S.J2) + (N1.S.K2) + (N1.S.L3) + (N1.S.M2) + (N1.S.N3) + (N1.S.X) + (N1.S.Y) + (N1.S.Z) + (N1.S.@) .

3.4 Ordres des Coupes Minimales :

L'ensemble des coupes minimales sont d'ordre1 :

A, D, E, F, G, E1, E2, G1, @3, @4

L'ensemble des coupes minimales sont d'ordre2 :

@6*@7

L'ensemble des coupes minimales sont d'ordre 3 :

(@.J.S) , (@.J.P2) , (@.J.L2) , (@.J.N2) , (@.J.R) , (@.J.Q) , (J.S.Z) , (J.P2.Z) , (J.L2.Z) , (J.N2.Z) , (J.R.Z) , (J.Q.Z) , (J.S.Z) , (J.P2.Y) , (J.L2.Y) , (J.N2.Y) , (J.R.Y.) , (J.Q.Y) , (J.S.X) , (J.P2.X) , (J.N2.X) , (J.R.X) , (J.Q.X) , (J.N3.S) , (J.N3.P2) , (J.L2.N3) , (J.N2.N3) , (J.N3.R) , (J.N3.Q) , (J.M2.S) , (J.M2.P2) , (J.L2.M2) , (J.M2.R) , (J.M2.Q) , (J.L3.S) , (J.L3.P2) , (J.L2.L3) , (J.L3.N2) , (J.L3.R) , (J.L3.Q) , (J.K2.S) , (J.K2.P2) , (J.K2.L2) , (J.K2.N2) , (J.K2.R) , (J.K2.Q) , (J.J2.S) , (J.J2.P2) , (J.J2.L2) , (J.J2.N2) , (J.J2.R) , (J.J2.Q) , (J.S.W) , (J.P2.W) , (J.L2.W) , (J.N2.W) , (J.R.W) , (J.Q.W) , (J.S.T) , (J.P2.T) , (J.L2.T) , (J.N2.T) , (J.R.T) , (J.Q.T) , (@.P1.s) , (@.P1.P2) , (@.L2.P1) , (@.N2.P1) , (@.P1.R) , (@.P1.Q) , (P1.S.Z) , (P1.P2.Z) , (L2.P1.Z) , (N2.P1.Z) , (P1.R.Z) , (P1.Q.Z) , (P1.S.Y) , (P1.P2.Y) , (L2.P1.Y) , (N2.P1.Y) , (P1.R.Y) , (P1.Q.Y) , (P1.S.X) , (P1.P2.X) , (L2.P1.X) , (N2.P1.X) , (P1.R.X) , (P1.Q.X) , (N3.P1.S) , (N3.P1.P2) , (L2.N3.P1) , (N2.N3.P1) , (N3.P1.R) , (N3.P1.Q) , (M2.P1.S) , (M2.P1.P2) , (L2.M2.P1) , (M2.N2.P1) , (M2.P1.R) , (M2.P1.Q) , (L3.P1.S) , (L3.P1.P2) , (L2.L3.P1) , (L3.N2.P1) , (L3.P1.R) , (L3.P1.Q) , (K2.P1.S) , (K2.P1.P2) , (K2.L2.P1) , (K2.N2.P1) , (K2.P1.R) , (J2.P1.S) , (J2.P1.P2) , (J2.L2.P1) , (J2.N2.P1) , (J2.P1.R) , (J2.P1.Q) , (P1.S.W) ,

(P1.P2.W) , (L2.P1.W) , (N2.P1.W) , (P1.R.W) , (P1.Q.W) , (P1.S.T) , (P1.P2.T) , (L2.P1.T) , (N2.P1.T) , (P1.R.T) , (P1.Q.T) , (@.O.S) , (@.O.P2) , (@.L2.O) , (@.N2.O) , (@.O.R) , (@.O.Q) , (O.S.Z) , (O.P2.Z) , (L2.O.Z) , (N2.O.Z) , (O.R.Z.) , (O.Q.Z) , (O.S.Y) , (O.P.Y) , (L2.O.Y) , (N2.O.Y) , (O.R.Y.) , (O.Q.Y) , (O.S.X) , (O.P2.X) , (L2.O.X) , (N2.O.X) , (O.R.X) , (O.Q.X) , (N3.O.S) , (N3.O.P2.) , (L2.N3.O) , (N2.N3.O) , (N3.O.R) , (N3.O.Q) , (M2.O.S) , (M2.O.P2) , (L2.M2.O) , (M2.N2.O) , (M2.O.R) , (M2.O.Q) , (L3.O.S) , (L3.O.P2) , (L2.L3.O) , (L3.N2.O) , (L3.O.R) , (L3.O.K) , (K2.O.S) , (K2.O.P2) , (K2.L2.O) , (K2.N2.O) , (K2.O.R) , (K2.O.Q) , (J2.O.S.) , (J2.O.P2) , (G2.L2.O) , (J2.N2.O) , (J2.O.R) , (J2.O.Q) , (O.S.W) , (O.P2.W) , (N2.O.W) , (L2.O.W) , (O.R.W) , (O.S.T) , (O.Q.W) , (O.P2.T) , (L2.O.T) , (N2.O.T) , (O.R.T) , (O.Q.T) , (@.M.S.) , (@.M.P2) , (@.L2.M) , (@M.N2) , (@.M.R) , (@.M.Q) , (M.S.Z.) , (M.P2.Z) , (L2.M.Z) , (M.N2.Z) , (M.R.Z) , (M.Q.Z) , (M.S.Y) , (M.P2.Y) , (L2.M.Y) , (M.N2.Y) ,(M.R.Y) , (M.Q.Y) , (M.S.X) , (M.P2.X) , (L2.M.X) , (M.N2.X) , (M.R.X) , (M.Q.X) , (M.N3.S), (M.N3.P2) , (L2.M.N3) , (M.N2.N3) , (M.N3.R) , (M.N3.Q) , (M.M2.S) , (M.M2.P2) , (L2.M.M2) , (M.M2.N2) , (M.M2.R) , (M.M2.Q) , (L3.M.S) , (L3.M.P2) ,(L2.L3.M) , (L3.M.N2) , (L3.M.R) , (L3.M.Q) , (K2.M.P2) , (K2.L2.M) , (K2.M.N2) , (K2.M.R) , (K2.M.Q) , (J2.M.S) , (J2.M.P2) , (J2.L2.M) , (J2.M.N2) , (J2.M.R) , (J2.M.Q) , (M.S.W) , (M.P2.W) , (L2.M.W) , (M.N2.W) , (M.R.W) , (M.Q.W) , (M.S.T) , (M.P2.T) , (L2.M.T) , (M.N2.T) , (M.R.T) , (M.Q.T) , (@.L1.S) , (@L1.P2) , (@.L1.L2) , (@.L1.N2), (@.L1.R) , (@.L1.Q) , (L1.S.Z) , (L1.P2.Z) , (L1.L2.Z) , (L1.N2.Z) , (L1.R.Z) , (L1.Q.Z) , (L1.S.Y) , (L1.P2.Y) , (L1.L2.Y) , (L1.N2.Y) , (L1.R.Y) , (L1.Q.Y) , (L1.S.X) , (L1.P2.X) , (L1.L2.X) , L1.R.X) , (L1.Q.X) , (L1.N3.S) , (L1.N3.P2) , (L1.L2.N3) , (L1.N2.N3) , (L1.N2.Q) , (L1.N3.R) , (L1.M2.S) , (L1.L2.P2) , (L1.L2.M2) , (L1.M2.N2) , (L1.M2.R) , (L1.M2.Q) , (L1.L3.S) , (L1.L3.P2) , (L1.L2.L3) , (L1.L3.N2) , (L1.L3.R) , (L1.L3.Q) , (K2.L1.S) , (k2.L1.P2) , (k2.L1.L2) , (K2.L1.N2) , (k2.L1.R) , (k2.L1.Q) , (J2.L1.S) , (J2.L1.P2) , (J2.L1.P2) , (J2.L1.L2) , (J2.L1.N2) , (J2.L1.R) , (J2.L1,Q) , (L1.S.W.) , (L1.P2.W), (L1.L2.W) , (L1.N2.W) , (L1.R.W) , (L1.Q.W) , (L1.S.T) , (L1.P2.T) , (L1.L2.T) , (L1.N2.T) , (L1.R.T) , (L1.Q.T) , (@.K.S) , (@.K.P2) , (@.K.L2) , (@.K.N2) , (@.K.R) , (@.K.Q) , (K.S.Z) , (K.P2.Z) , (K.L2.Z) , (K.N2.Z) , (K.R.Z) , (K.Q.Z) , (K.S.Y) , (K.P2.Y) , (K.L2.Y) , (K.N2.Y) , (K.R.Y) , (K.Q.Y) , (K.S.X) , (K.P2.X) , (K.L2.X) , (K.N2.X) , (K.R.X) , (K.Q.X) , (K.N3.S) , (K.N3.P2) , (K.L2.N3) , (K.N2.N3) , (K.N3.R) , (K.N3.Q) , (K.M2.S) , (K.M2.P2) , (K.L2.M2) , (K.L2.M2) , (K.M2.N2) , (K.M2.R) , (K.M2.Q) , (K.L3.S) , (K.L3.P2) , (K.L2.L3) , (K.L3.N2) , (K.L3.R) , (K.L3.Q) , (K.K2.S) , (K.K2.P2.) , (K.K2.L2) , (K.K2.N2) , (K.K2.R) , (K.K2.Q) , (J2.K.S) , (.J2.K.P2) ,

(J2.K.L2) , (J2.K.N2) , (J2.K.R.) , (J2.K.Q) , (K.S.W) , (K.P2.W) , (K.L2.W) , (K.N2.W) , (K.R.W) , (K.Q.W) , (K.S.T) , (k.P2.T) , (K.L2.T) , (K.N2.T) ,(K.R.T) , (K.Q.T) , (@.I.S) , (@.I.P2) , (@.I.L2) , (@.I.N2) , (@.I.R) , (@.I.Q) , (.I.S.Z) , (I.P2.Z) , (I.L2.Z) , (I.N2.Z) , (I.R.Z) , (I.Q.Z) , (I.S.Y) , (I.P2.Y) , (I.L2.Y) , (I.N2.Y) , (I.R.Y) , (I.Q.Y) , (I.S.X) , (I.P2.X) , (I.L2.X) , (I.N2.X) , (I.R.X) , (I.Q.X) , (I.N3.S) , (I.N3.P2) , (I.L2.N3) , (I.N2.N3) , (I.N3.R) , (I.N3.Q) , (I.M2.S) , (I.M2.P2) , (I.L2.M2) , (I.M2.N2) , (I.M2.R) , (I+M2.Q) , (I.L3.S) , (I.L3.P2) , (I.L2.L3) , (I.L3.N2) , (I.L3.R) , (I.L3.Q) , (I.K2.S) , (I.K2.P2) , (I.K2.L2) , (I.K2.N2) , (I.K2.R) , (I.K2.Q) , (I.J2.S) , (I.J2.P2) , (I.J2.L2) , (I.J2.N2) , (I.J2.R) , (I.J2.Q) , (I.S.W) , (I.P2.W) , (I.L2.W) , (I.N2.W) , (I.R.W) , (I.Q.W) , (I.S.T) , (I.P2.T) , (I.L2.P) , (I.N2.P) , (I.R.P) , (I.Q.T) , (@.H.S) , (@.H.P2) , (@.H.L2) , (@.H.N2) , (@.H.R) , (@.H.Q) , (H.S.Z) , (H.P2.Z) , (H.L2.Z) , (H.N2.Z) , (H.R.Z) , (H.Q.Z) , (H.S.Y) , (H.P2.Y) , (H.L2.Y) , (H.N2.Y) , (H.R.Y) , (H.Q.Y) , (H.S.X) , (H.P2.X) , (H.L2.X) , (H.N2.X) , (H.R.X) , (H.Q.X) , (H.N3.S) , (H.N3.P2) , (H.L2.N2) , (H.N2.N3) , (H.N3.R) , (H.N3.Q) , (H.M2.S) , (H.M2.P2) , (H.L2.M2) , (H.M2.N2) , (H.M2.R) , (H.M2.Q) , (H.L3.S) , (H.L3.P2) , (H.L2.L3) , (H.L3.N2) , (H.L3.R) , (H.L3.Q) , (H.K2.S) , (H.K2.P2) , (H.K2.L2) , (H.K2.N2) , (H.K2.R) , (H.K2.Q) , (H.J2.S) , (H.J2.P2) , (H.J2.L2) , (H.J2.N2) , (H.J2.R) , (H.J2.Q) , (H.S.W) , (H.P.W) , (H.L2.W) , (H.N2.W) , (H.R.W) , (H.Q.W) , (H.S.T) , (H.P2.T) , (H.L2.T) , (N1.Q.T) , (N1.Q.W) , (N1.Q.J2) , (N1.Q.K2 , (N1.Q.L3) , (N1.Q.m2) , (N1.Q.X) , (N1.Q.Y) , (N1.Q.Z) , (N1.Q.@) , (N1.R.T) , (N1.R.Y) , (N1.R.J2) , (N1.R.K2) , (N1.R.L3) , (N1.R.M2) (N1.R.N3) , (N1.R.X) , (N1.R.Y) , (N1.R.Z) , (N1.R.@) , (N1.N2.T) , (N1.N2.W) , (N1.N2.J2) , (N1.N2.K2) , (N1.N2.L3) , (N1.N2.M2) , (N1.N2.N3) , (N1.N2.X) , (N1.N2.Y) , (N1.N2.Z) , (N1.N2.@) , (N1.L2.T) , (N1.L2.W) , (N1.L2.J2) , (N1.L2.K2) , (N1.L2.L3) , (N1.L2.M2) , (N1.L2.N3) , (N1.L2.X) , (N1.L2.Y) , (N1.L2.Z) , (N1.L2.@) , (N1.P2.T) , (N1.P2.W) , (N1.P2.J2) , (N1.P2.K2) , (N1.P2.L3) , (N1.P2.M2) , (N1.P2.N3) , (N1.P2.X) , (N1.P2.Y) , (N1.P2.Z) , (N1.P2.@) , (N1.S.T) , (N1.S.W) , (N1.S.J2) , (N1.S.K2) , (N1.S.L3) , (N1.S.M2) , (N1.S.N3) , (N1.S.X) , (N1.S.Y) , (N1.S.Z) , (N1.S.@).

4. Traitement quantitatif :

4.1 Quantification des probabilités des évènements de base :

4.1.1 Temps moyen de bon fonctionnement (MTBF) :

$$\textbf{MTBF} = \frac{\text{Temps total chaque équipement – temps d'arrêt}}{\text{Nombre de pannes}}$$

$$\lambda = \frac{1}{\text{Mtbf}}$$

4.1.2 La probabilité de défaillance se calcule d'après la formule suivante :

$P = 1 - R\,(t)$

La fiabilité est donnée par la formule exponentielle suivante :

$R(t) = e^{-\lambda t}$

Le système de protection incendie a été installé dans l'entreprise Hayat en 2000, le système est resté en service depuis lors et jusqu'à nos jours. Nous avons mené une étude sur le système sur une période allant de 2002 à 2021.

Avec t = 166440 h (durée de référence pour l'analyse du système)

Donc la quantification des probabilités de l'ensemble des évènements se résume dans le tableau suivant :

Tableau 8 : Probabilités des évènements de base

Evénement	**Lambda**	**Lambda *t**	**probabilité**
A	6.0082^{E}-6	1.000004808	0.6321
D	6.0082^{E}-6	1.000004808	0.6321
E1	6.0082^{E}-6	1.000004808	0.6321
E2	6.0082^{E}-6	1.000004808	0.6321
F	6.0082^{E}-6	1.000004808	0.6322
G1	6.0082^{E}-6	1.000004808	0.6318
H	6.0082^{E}-6	1.000004808	0.6321
I	6.0082^{E}-6	1.000004808	0.6322
J	6.0082^{E}-6	1.000004808	0.6321
K	1.20165 ^{E}-5	2.00002626	0.8647
L1	1.80252 ^{E}-5	3.000114288	0.9502
M	1.20165 ^{E}-5	2.00002626	0.8647
N1	6.0082^{E}-6	1.000004808	0.6321
O	1.20169 ^{E}-5	2.000092836	0.8647
P1	6.0082^{E}-6	1.000004808	0.6321
Q	6.0082^{E}-6	1.000004808	0.6321

R	6.0099E-6	1.000287756	0.6322
N2	6.0082E-6	1.000004808	0.6321
L2	1.8025 E-5	3.000081	0.9502
S	6.0082E-6	1.000004808	0.6321
P2	6.0082E-6	1.000004808	0.6321
T	6.0082E-6	1.000004808	0.6321
W	6.0085E-6	1.00005474	0.6321
J2	6.0082E-6	1.000004808	0.6321
K2	1.20165 E-5	2.00002626	0.8647
L3	1.80252 E-5	3.000114288	0.9502
M2	1.20165 E-5	2.00002626	0.8647
N3	1.60082 E-5	2.664404808	0.9304
X	1.201 E-5	1.9989444	0.8645
Y	6.0082E-6	1.000004808	0.6321
Z	9.61677 E-5	16.0061151988	0.9998
@	6.0082E-6	1.000004808	0.6321
G2	6.0023E-6	0.999022812	0.6318
E3	6.0082E-6	1.000004808	0.6321
@3	6.0082E-6	1.000004808	0.6321
@4	6.0083E-6	1.000021452	0.6321
@6	6.0082E-6	1.000004808	0.6321
@7	6.0082E-6	1.000004808	0.6321

Tableau 9 : Probabilités d'apparition des évènements de base

	Code Evénement de base	Probabilité d'apparition
1	z	0.99
2	L1, L2, L3	0.9502
3	N3	0.9304
4	K2, M2, O, M, K	0.8647
5	X	0.8645
6	F, I, R	0.6322
7	D, A, E1, E2, E3, P1, P2, N1, N2, J1, J2, @3 @4, @, H, S, K2, W, I, T, @6, @7	0.6321
8	G1, G2	0.6318

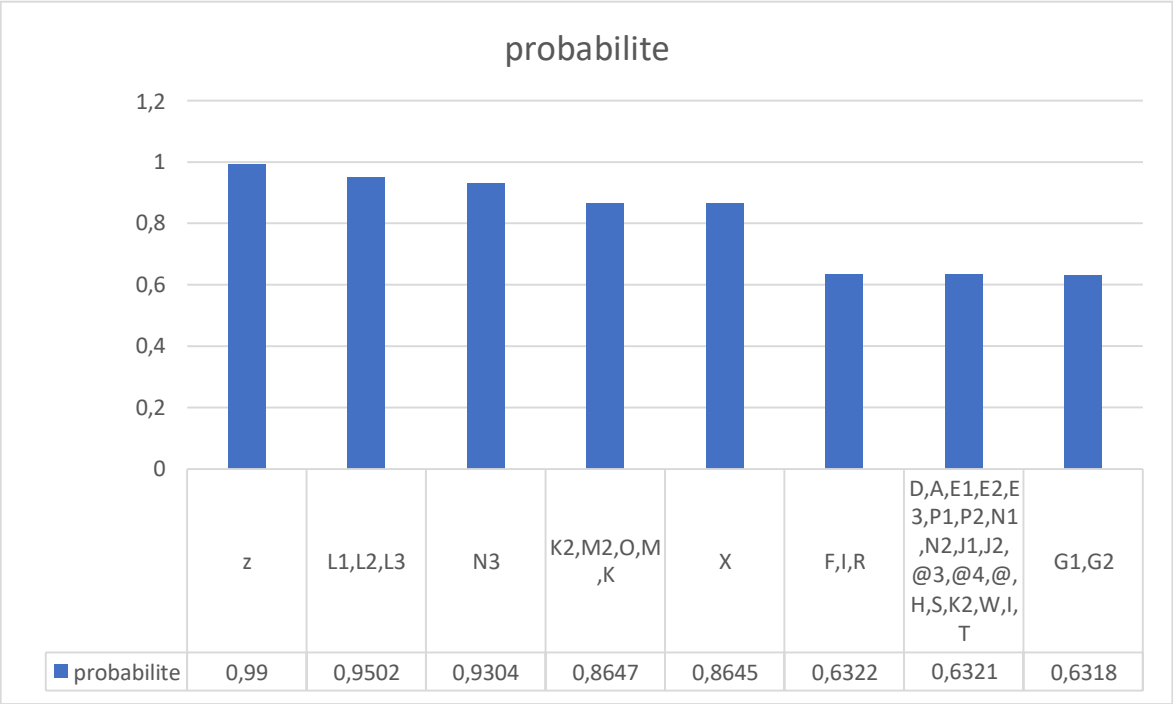
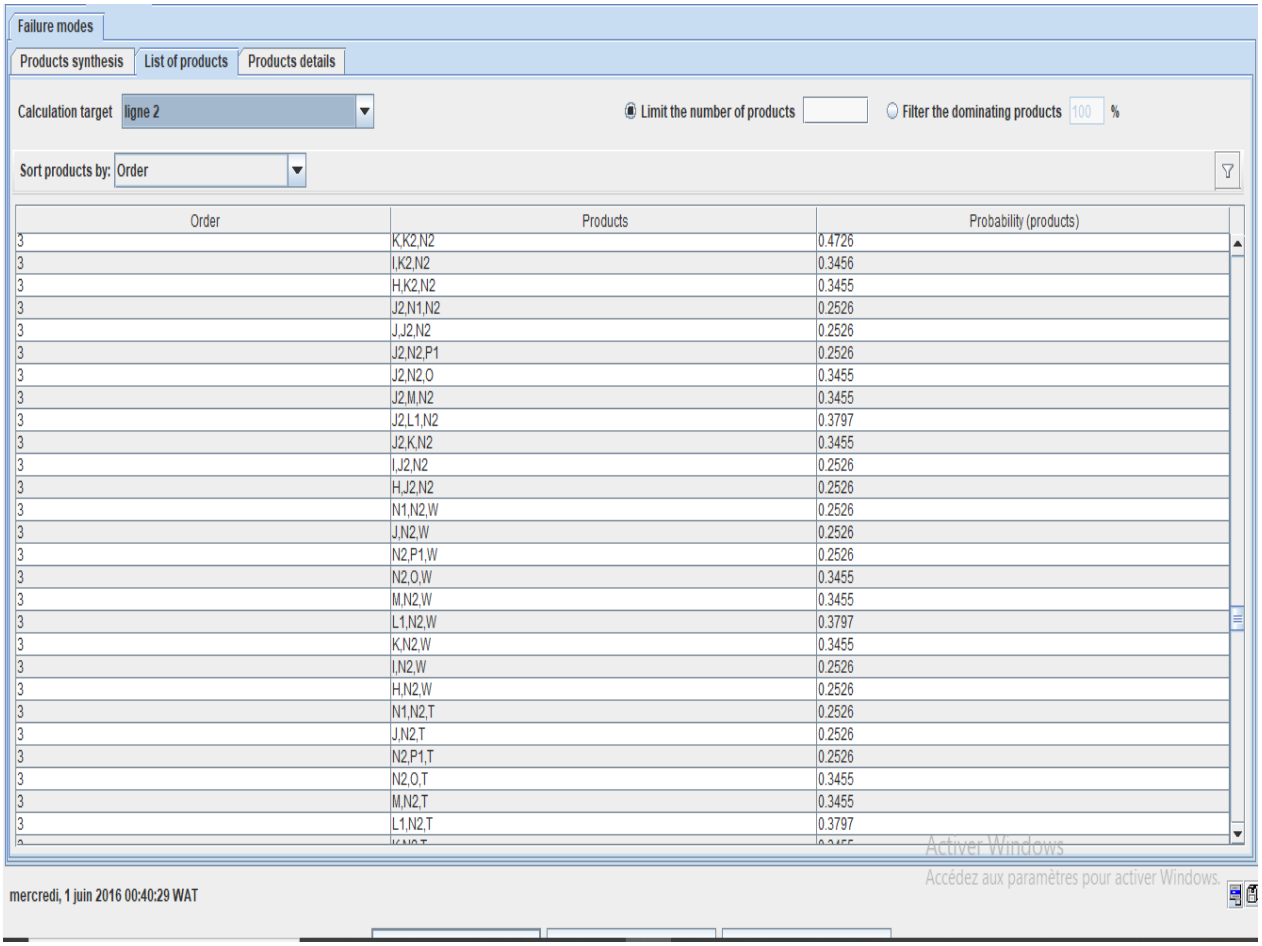


Figure 36 : Probabilités d'apparition des évènements de base



Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons étudié la défaillance du système anti incendie de l'entreprise Hayat en par la méthode arbre de défaillance en utilisant logiciel *GRIF*. Les résultats obtenus dans cette étude ont fourni une quantification statistique de la probabilité d'un scénario d'incident de système non fonctionnel.

A la fin de cette étude, nous avons créer un tableau montrant la probabilité de perturbation de l'équipement formé pour un système de la plus grande probabilité d'occurrence (batterie) à la plus faible probabilité (ria et poteau d'incendie). Grâce à ces résultats, nous pouvons savoir quand cet équipement est entretenu avant qu'il ne tombe en panne.

Conclusion général :

Dans cette étude, la fiabilité du système de protection contre les incendies de l'entreprise "HAYAT" a été étudiée en utilisant la méthode de l'arbre défaillance. Il nous est apparu que la probabilité d'une perturbation dans les équipements composant le système est plus élevée. (90,29 %) (Joint de dilation bride de pompe électrique défaillant, Joint de dilation bride de pompe jockey défaillant, Batterie défaillant) Lorsque la probabilité de défaillance de ces équipements simultanément est la plus élevée, et plus faible (25,26 %) (Vanne refoulement de la pompe électrique défaillant Armoires de commande pompe jockey défaillant Vanne d'aspiration de la pompe diesel défaillant) Lorsque la probabilité de défaillance de ces équipements simultanément est la plus faible, Pendant une période de 19 ans.

L'arbre peut être utilisé pour analyser les événements potentiels qui pourraient se produire et conduire à une défaillance du système, ainsi que pour créer un arbre représentant hiérarchiquement ces événements. L'arbre commence par un événement de défaillance finale et se déplace vers les événements secondaires qui peuvent causer cette défaillance. Chaque événement secondaire peut être analysé individuellement et les facteurs qui pourraient le causer peuvent être identifiés, ce qui contribue à l'évaluation des risques et aux considérations de maintenance préventive.

Le choix d'utiliser l'arbre des erreurs dans l'analyse des défaillances a plusieurs raisons, notamment :

Éclairage des relations causales : l'utilisation de l'arbre des erreurs permet de clarifier la relation causale entre un ensemble d'événements et la défaillance du système. L'arbre peut montrer de manière intuitive comment un ou plusieurs événements peuvent conduire à la défaillance finale.

Analyse méthodique : l'arbre des erreurs fournit une analyse méthodique des défaillances qui peut aider à identifier et analyser tous les événements potentiels qui pourraient conduire à la défaillance. L'arbre est divisé en événements secondaires et en étapes de construction, permettant une analyse individuelle et distincte, contribuant ainsi à une analyse complète et globale de la défaillance.

Analyse quantitative : l'analyse de l'arbre des erreurs effectue une évaluation quantitative de la probabilité de défaillance et de son impact sur le système.

Action correctif :

Pour la batterie :

En ajoutant une batterie auxiliaire, grâce aux résultats de nos recherches nous pouvons établir un calendrier d'entretien de la batterie avant qu'elle ne tombe en panne.

Comme pour le joint :

Le nettoyage périodique et l'élimination des obstacles, il peut s'agir d'un joint qui ne convient pas à un système qu'il vaut mieux remplacer par un autre type. Grâce aux résultats de nos recherches nous pouvons établir un calendrier d'entretien d'un joint avant qu'il tombe en panne.

Bibliographie

Bibliographie

[1]. cours Kortbi abderrezek medule etude de cas hsi.

[2]. www.itm.lu.

[3]. ISO 45001:2018(F).

[4]. Walid, M. (2011). Evaluation de la performance des Systèmes Instrumentes de Sécurité paramètres imprécis.

[5]. AFNOR, "Application ferroviaires : Spécification et démonstration de la fiabilité, de la disponibilité, de la maintenabilité et de la sécurité (FMDS)," 2000.

[6]. INRIS DRA-18) ; Benchmark Et Analyse Sur Les Méthodologies Rbi ; Appliquées Aux Equipements Sous Pression ; Direction des Risques Accidentels Verneuil-en-Halatte (60) ; 2018.

[7]. https://gtp-guerin.fr/protection-incendie/types-feu/.

[8]. Mémoire Etude sécuritaire d'un réseau anti-incendie par la combinaison des méthodes AMDEC et ADD –Cas d'étude : (Poval).

[9]. GHARIANI.N, "Mise en place d'un dispositif de management de risques au sein du Projet Recouvrement à la STEG," Université Virtuelle de Tunis, 2015.

[10]. http://gpp.oiq.qc.ca/le_processus_d_analyse_et_d_evaluation_des_risques.htm.

[11]. https://visuresolutions.com/fr/blog/risk-analysis.

[12]. cours Méthodes qualitatives d'analyse des Risques Dr. SARRAI Abdelaziz.

[13]. GARDES.L, "Méthodologie d'analyse des dysfonctionnements des systèmes pour une meilleure maîtrise des risques industriels dans les PME : application au secteur du traitement de surface," 2001.

[14]. Dr. Farida ILES Directrice Générale INPRP, séminaire EU-AFRIQUE DU NORD stratégie pour la sécurité et la santé au travail ; du 20 au 22 avril 2015 ; 48.

[15]. Sécurité A. Desroches, A. Leroy, and F. Vallée, « La gestion des risques : principes et pratiques »3eme édition, Lavoisier, France, 2003.

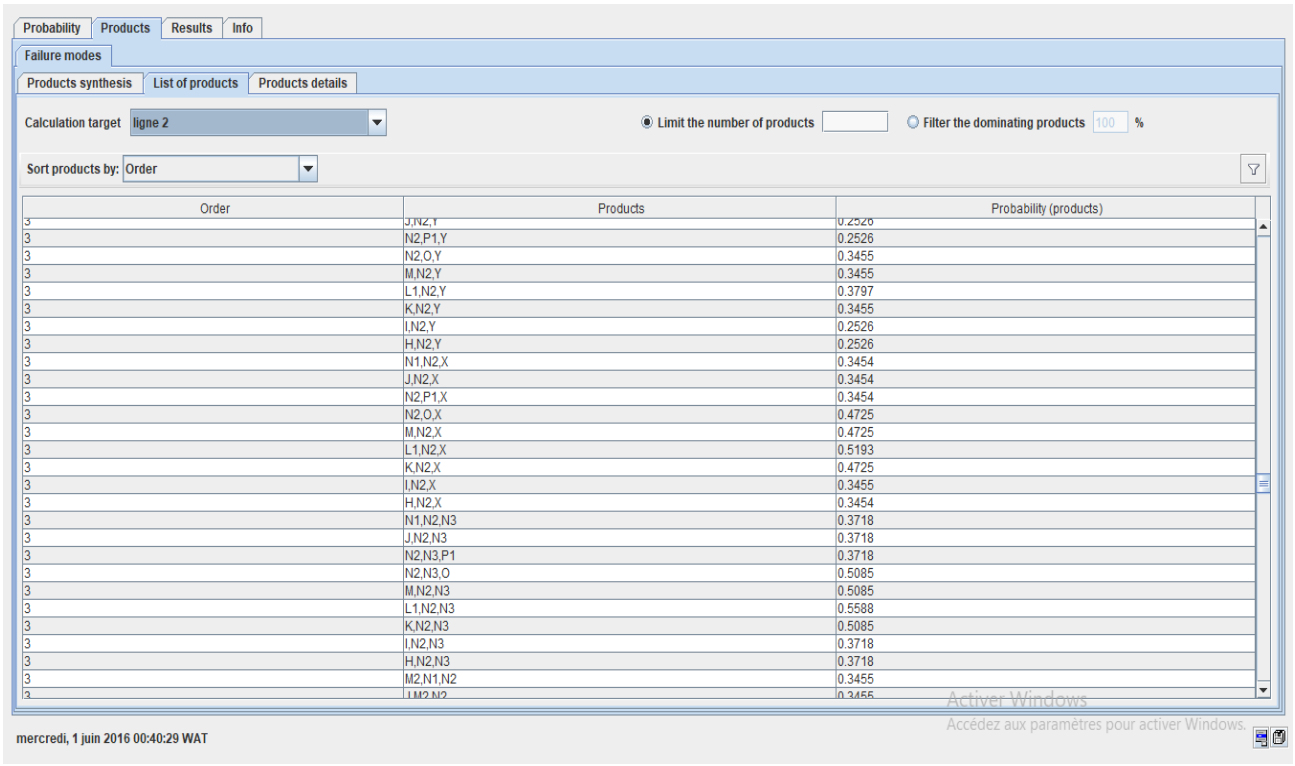
[16]. ISO, « Management du risque : Vocabulaire, Principes directeurs pour l'utilisation dans les normes », Organisation internationale de normalisation, 2002.

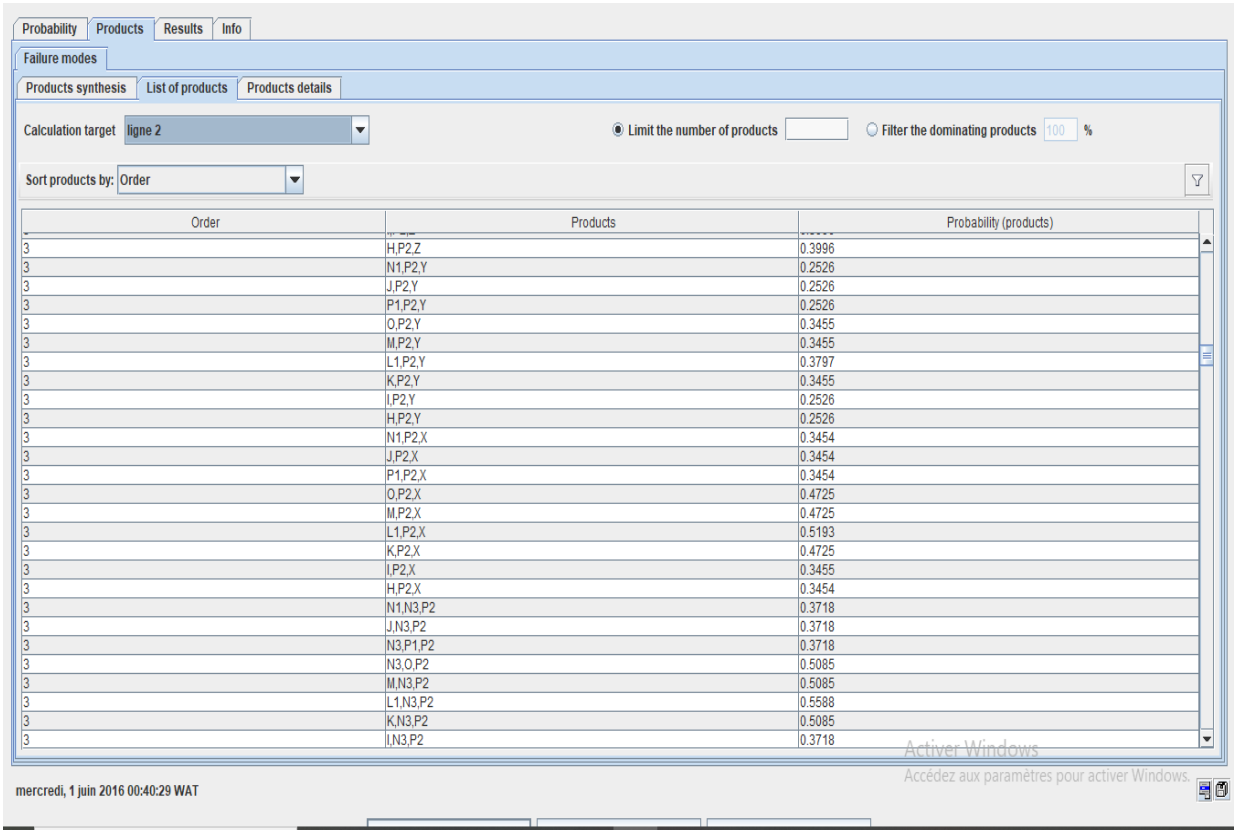
[17]. Etude et analyse des risques industriels (Etude de cas).

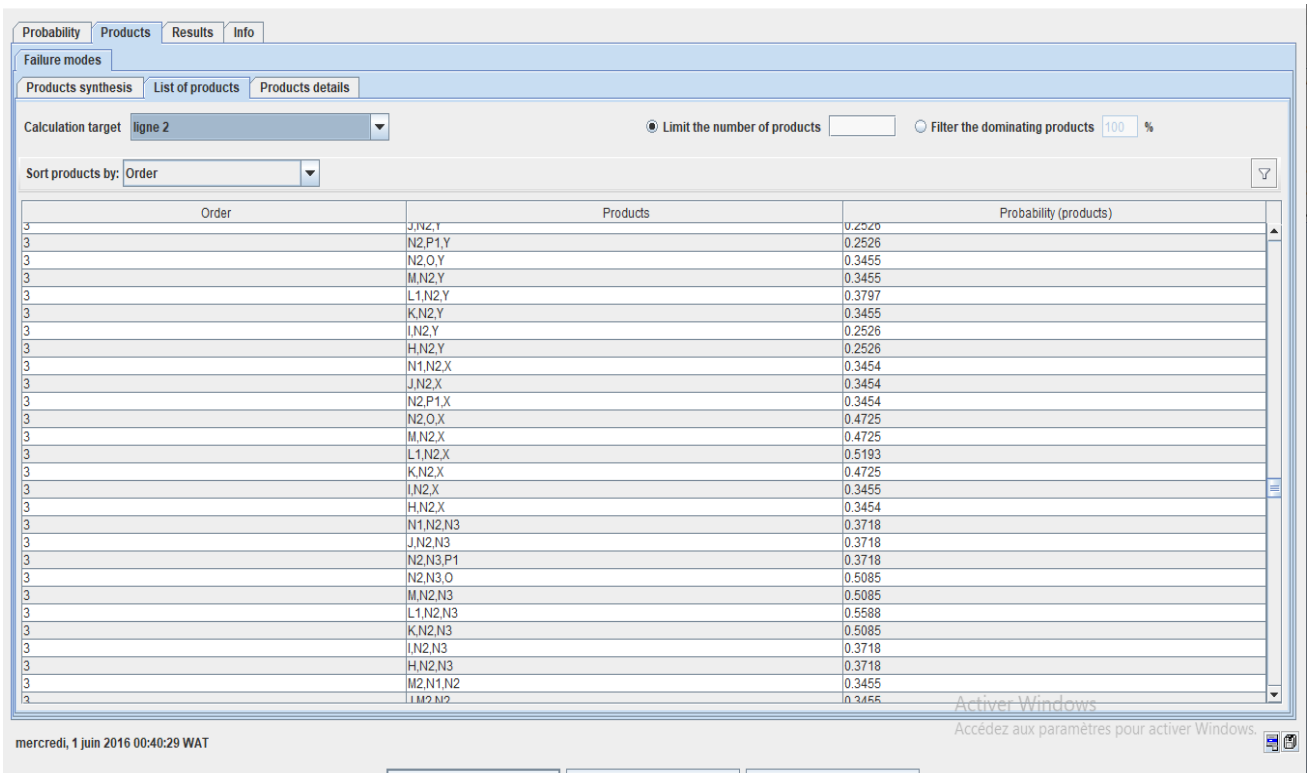
[18]. https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/environnement-securite-th5/methodes-d-analyse-des-risques-42155210/hazop-une-methode-d-analyse-des-risques-se4030/.

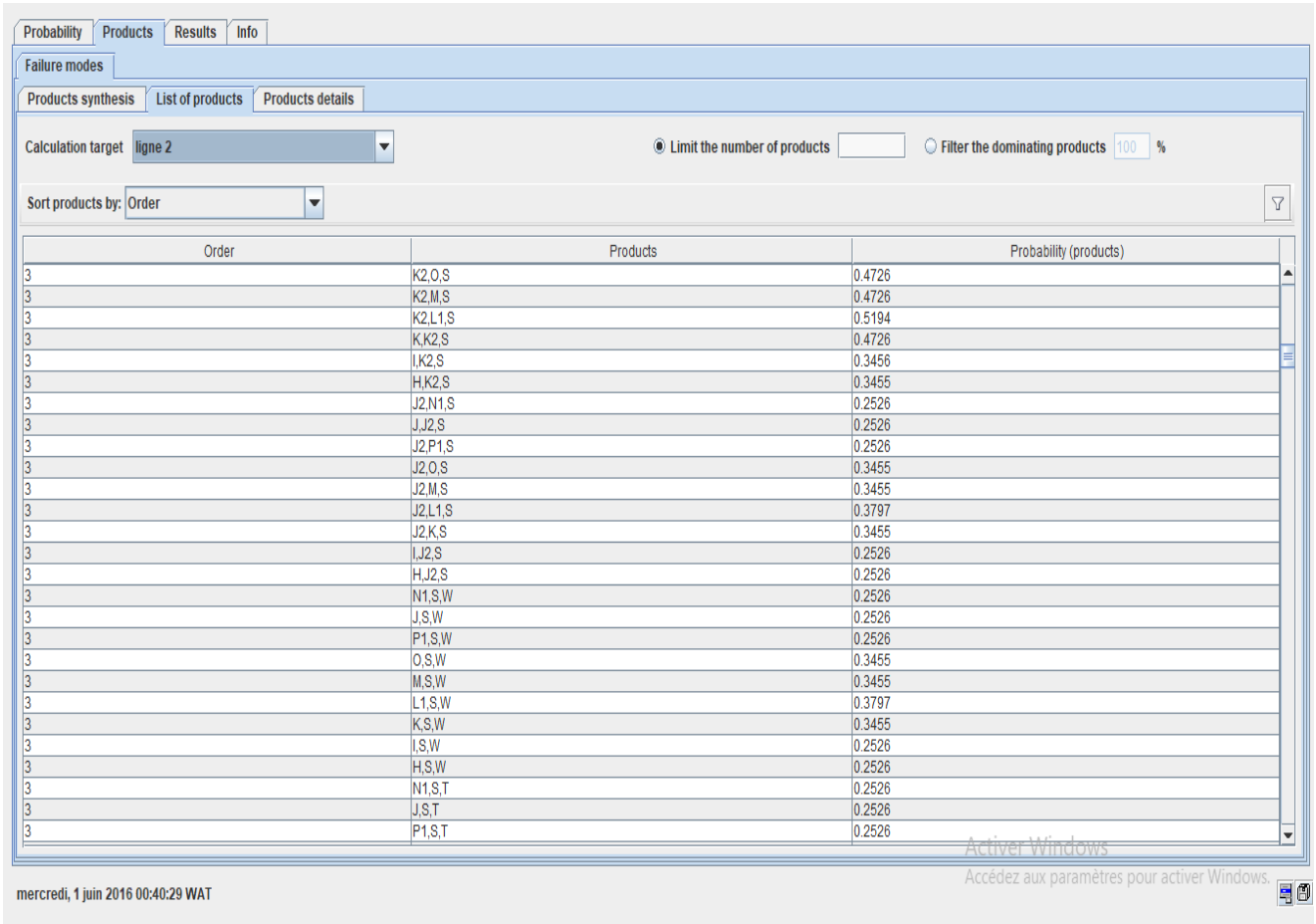
[19]. INERIS – DRA – 2006-P46055-CL47569 : Ω 7 : Méthodes d'analyse des risques générés par une installation industrielle.
[20].https://elearning.univmsila.dz/moodle/pluginfile.php/327577/mod_resource/content/1/chap%2006%20arbre%20de%20d%C3%A9faillance.pdf
[21]. INNAL Fares (Docteur en Sûreté de Fonctionnement). Fonction actuelle : enseignant à l'Université de Batna (Institut d'Hygiène et Sécurité Industrielle).
[22]. Mémoire Analyse des modes de défaillances d'une chaudière à vapeur industrielle FCB au sein du complexe Fértial-Annaba.
[23]. GRIF 2021 Arbre de défaillance.
[24]. information est fournie par l'ingénieur hse de entreprise hayat .

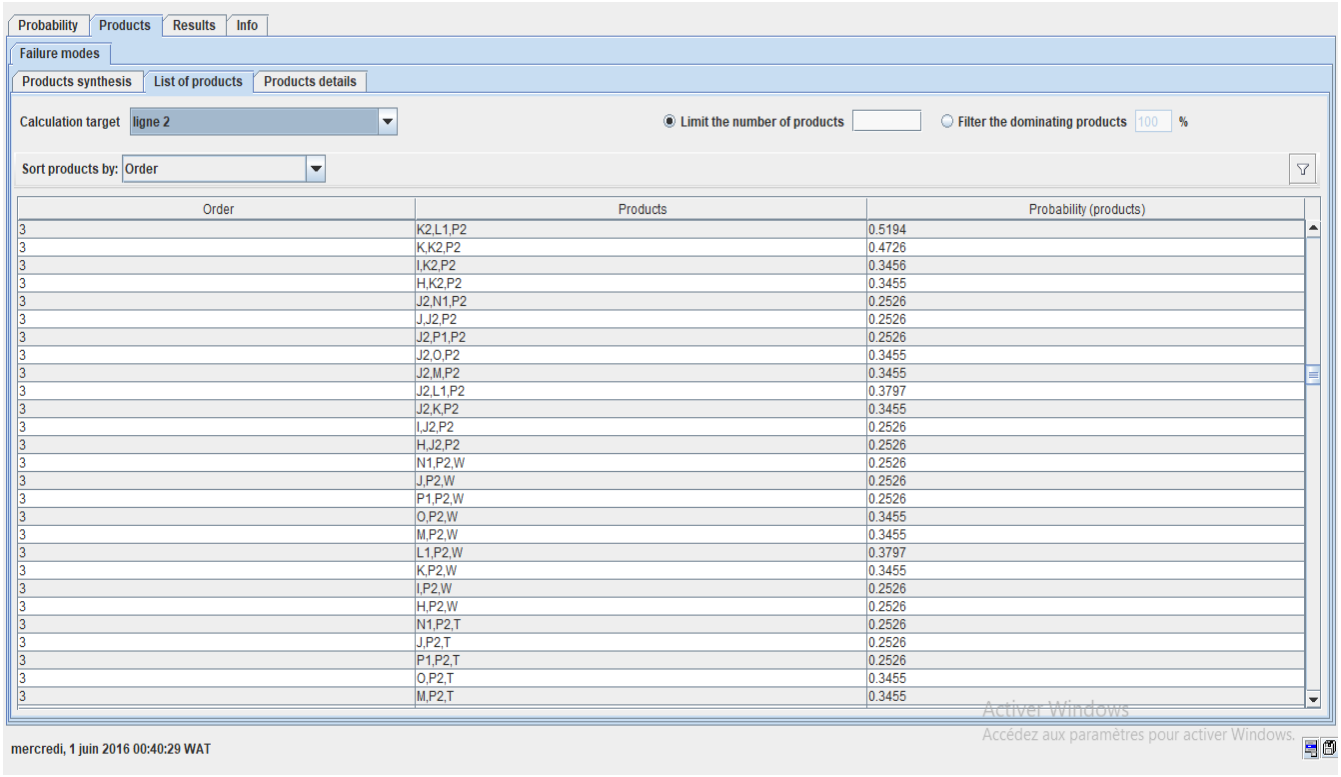
Annexe


Probability
Products
Results
Info
Failure modes
Products synthesis
List of products
Products details
Calculation target
ligne 2
Limit the number of products
Filter the dominating products
100
%
Sort products by:
Order
Order
Products
Probability (products)
3 N2,P1,Y 0.2526
3 N2,O,Y 0.3455
3 M,N2,Y 0.3455
3 L1,N2,Y 0.3797
3 K,N2,Y 0.3455
3 I,N2,Y 0.2526
3 H,N2,Y 0.2526
3 N1,N2,X 0.3454
3 J,N2,X 0.3454
3 N2,P1,X 0.3454
3 N2,O,X 0.4725
3 M,N2,X 0.4725
3 L1,N2,X 0.5193
3 K,N2,X 0.4725
3 I,N2,X 0.3455
3 H,N2,X 0.3454
3 N1,N2,N3 0.3718
3 J,N2,N3 0.3718
3 N2,N3,P1 0.3718
3 N2,N3,O 0.5085
3 M,N2,N3 0.5085
3 L1,N2,N3 0.5588
3 K,N2,N3 0.5085
3 I,N2,N3 0.3718
3 H,N2,N3 0.3718
3 M2,N1,N2 0.3455
Activer Windows
Accédez aux paramètres pour activer Windows.
mercredi, 1 juin 2016 00:40:29 WAT


Probability
Products
Results
Info
Failure modes
Products synthesis
List of products
Products details
Calculation target
ligne 2
Limit the number of products
Filter the dominating products
100
%
Sort products by:
Order
Order
Products
Probability (products)
3 H,P2,Z 0.3996
3 N1,P2,Y 0.2526
3 J,P2,Y 0.2526
3 P1,P2,Y 0.2526
3 O,P2,Y 0.3455
3 M,P2,Y 0.3455
3 L1,P2,Y 0.3797
3 K,P2,Y 0.3455
3 I,P2,Y 0.2526
3 H,P2,Y 0.2526
3 N1,P2,X 0.3454
3 J,P2,X 0.3454
3 P1,P2,X 0.3454
3 O,P2,X 0.4725
3 M,P2,X 0.4725
3 L1,P2,X 0.5193
3 K,P2,X 0.4725
3 I,P2,X 0.3455
3 H,P2,X 0.3454
3 N1,N3,P2 0.3718
3 J,N3,P2 0.3718
3 N3,P1,P2 0.3718
3 N3,O,P2 0.5085
3 M,N3,P2 0.5085
3 L1,N3,P2 0.5588
3 K,N3,P2 0.5085
3 I,N3,P2 0.3718
Activer Windows
Accédez aux paramètres pour activer Windows.
mercredi, 1 juin 2016 00:40:29 WAT


Probability
Products
Results
Info
Failure modes
Products synthesis
List of products
Products details
Calculation target
ligne 2
Limit the number of products
Filter the dominating products
100
%
Sort products by:
Order
Order
Products
Probability (products)
3 J,N2,Y 0.2526
3 N2,P1,Y 0.2526
3 N2,O,Y 0.3455
3 M,N2,Y 0.3455
3 L1,N2,Y 0.3797
3 K,N2,Y 0.3455
3 I,N2,Y 0.2526
3 H,N2,Y 0.2526
3 N1,N2,X 0.3454
3 J,N2,X 0.3454
3 N2,P1,X 0.3454
3 N2,O,X 0.4725
3 M,N2,X 0.4725
3 L1,N2,X 0.5193
3 K,N2,X 0.4725
3 I,N2,X 0.3455
3 H,N2,X 0.3454
3 N1,N2,N3 0.3718
3 J,N2,N3 0.3718
3 N2,N3,P1 0.3718
3 N2,N3,O 0.5085
3 M,N2,N3 0.5085
3 L1,N2,N3 0.5588
3 K,N2,N3 0.5085
3 I,N2,N3 0.3718
3 H,N2,N3 0.3718
3 M2,N1,N2 0.3455
3 L,M2,N2 0.3455
Activer Windows
Accédez aux paramètres pour activer Windows.
mercredi, 1 juin 2016 00:40:29 WAT

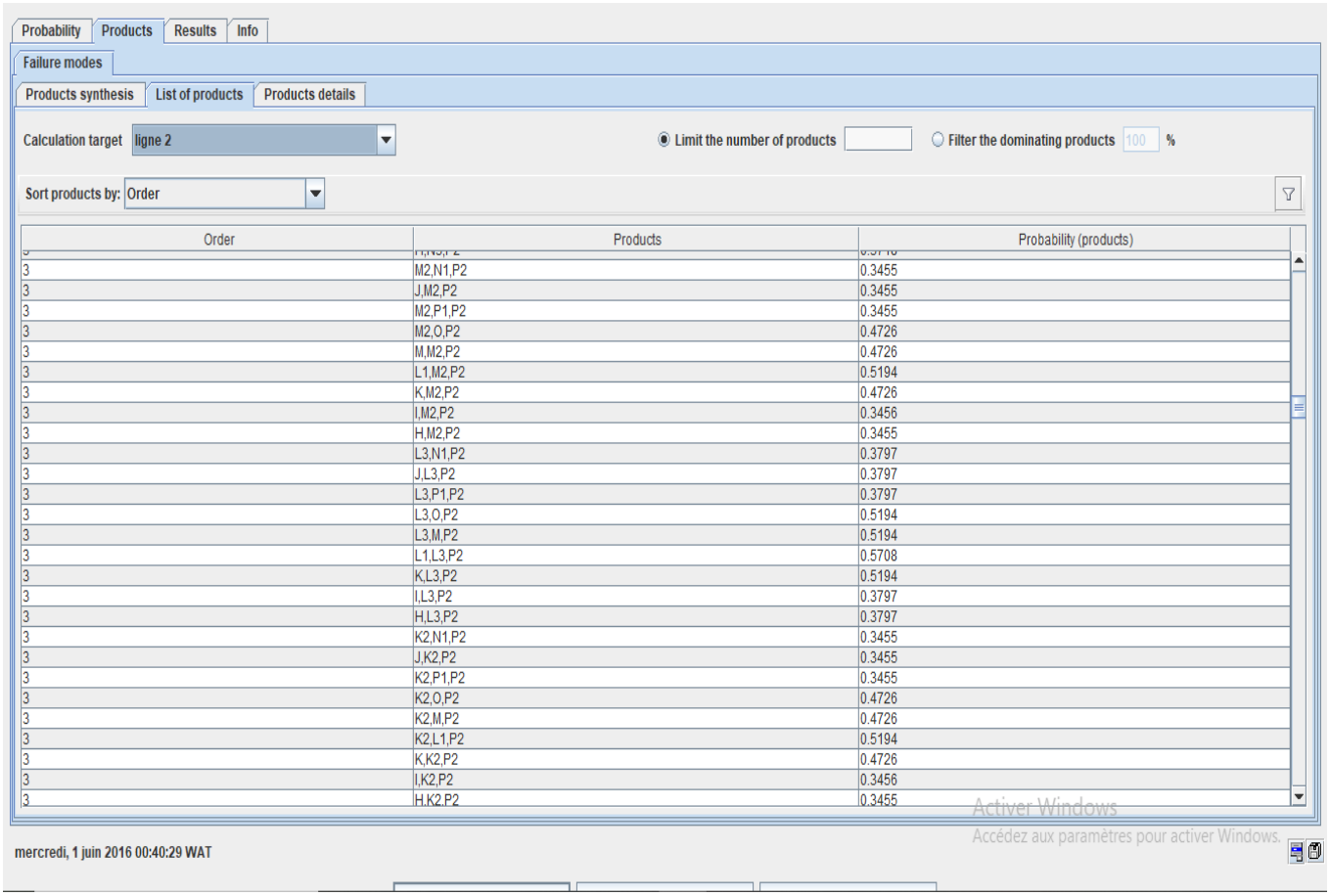

Probability
Products
Results
Info
Failure modes
Products synthesis
List of products
Products details
Calculation target
ligne 2
Limit the number of products
Filter the dominating products
100
%
Sort products by:
Order
Order
Products
Probability (products)
3 K2,O,S 0.4726
3 K2,M,S 0.4726
3 K2,L1,S 0.5194
3 K,K2,S 0.4726
3 I,K2,S 0.3456
3 H,K2,S 0.3455
3 J2,N1,S 0.2526
3 J,J2,S 0.2526
3 J2,P1,S 0.2526
3 J2,O,S 0.3455
3 J2,M,S 0.3455
3 J2,L1,S 0.3797
3 J2,K,S 0.3455
3 I,J2,S 0.2526
3 H,J2,S 0.2526
3 N1,S,W 0.2526
3 J,S,W 0.2526
3 P1,S,W 0.2526
3 O,S,W 0.3455
3 M,S,W 0.3455
3 L1,S,W 0.3797
3 K,S,W 0.3455
3 I,S,W 0.2526
3 H,S,W 0.2526
3 N1,S,T 0.2526
3 J,S,T 0.2526
3 P1,S,T 0.2526
Activer Windows
Accédez aux paramètres pour activer Windows.
mercredi, 1 juin 2016 00:40:29 WAT



Order	Products	Probability (products)
3	K2,L1,P2	0.5194
3	K,K2,P2	0.4726
3	I,K2,P2	0.3456
3	H,K2,P2	0.3455
3	J2,N1,P2	0.2526
3	J,J2,P2	0.2526
3	J2,P1,P2	0.2526
3	J2,O,P2	0.3455
3	J2,M,P2	0.3455
3	J2,L1,P2	0.3797
3	J2,K,P2	0.3455
3	I,J2,P2	0.2526
3	H,J2,P2	0.2526
3	N1,P2,W	0.2526
3	J,P2,W	0.2526
3	P1,P2,W	0.2526
3	O,P2,W	0.3455
3	M,P2,W	0.3455
3	L1,P2,W	0.3797
3	K,P2,W	0.3455
3	I,P2,W	0.2526
3	H,P2,W	0.2526
3	N1,P2,T	0.2526
3	J,P2,T	0.2526
3	P1,P2,T	0.2526
3	O,P2,T	0.3455
3	M,P2,T	0.3455

Activer Windows
Accédez aux paramètres pour activer Windows.

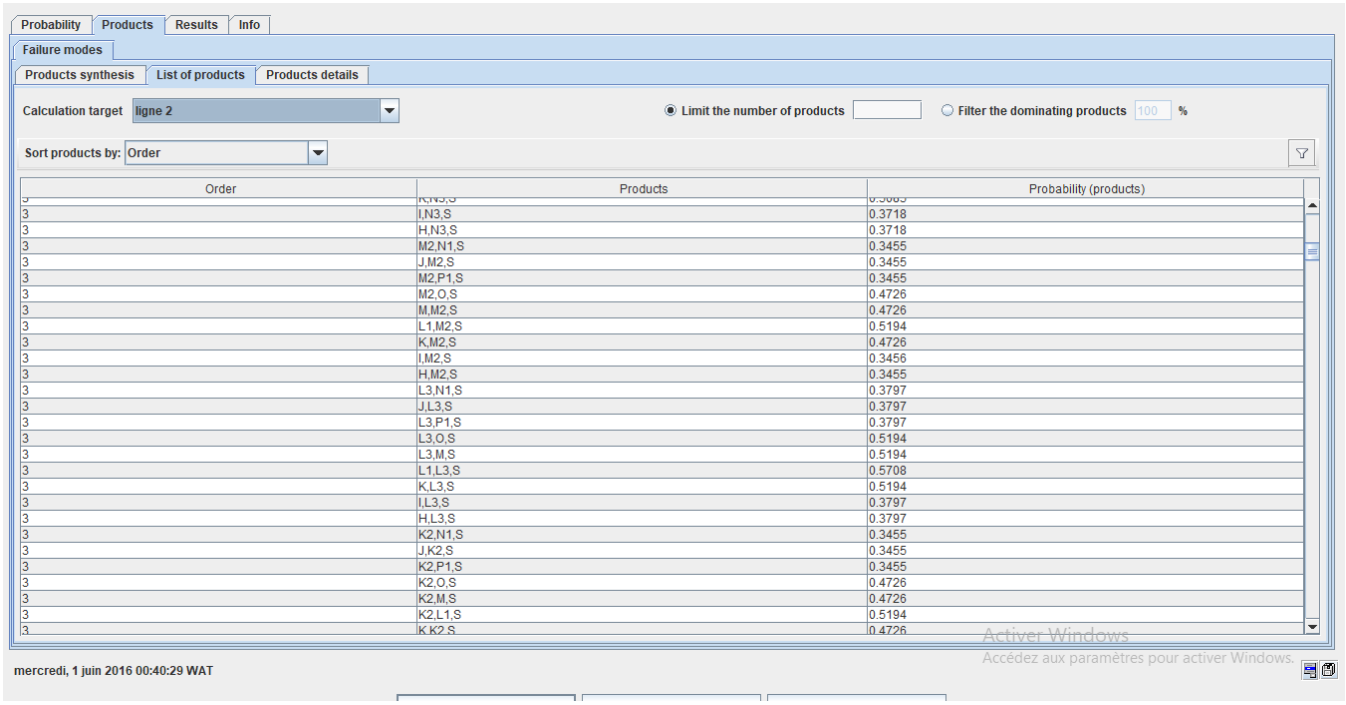
mercredi, 1 juin 2016 00:40:29 WAT

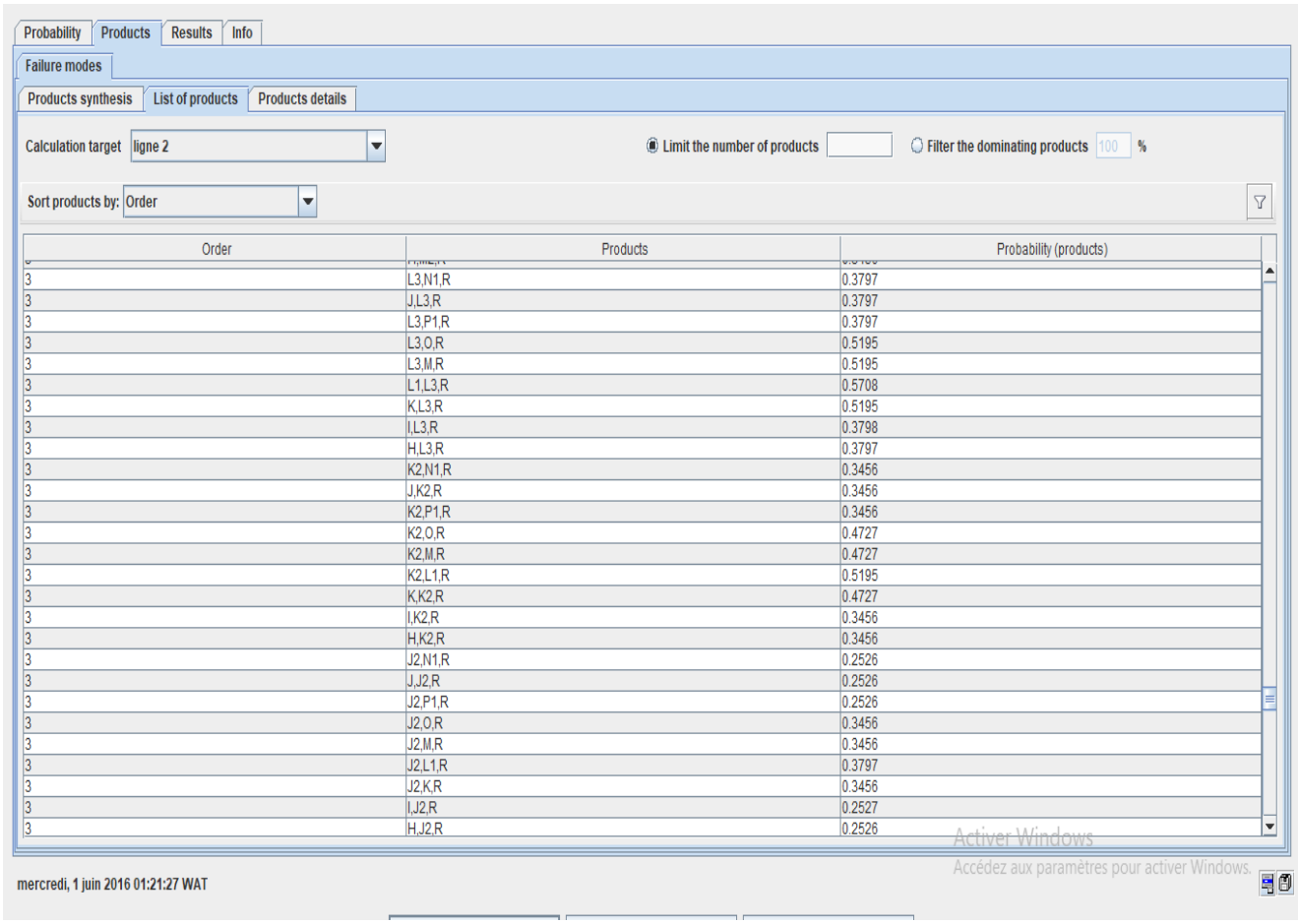


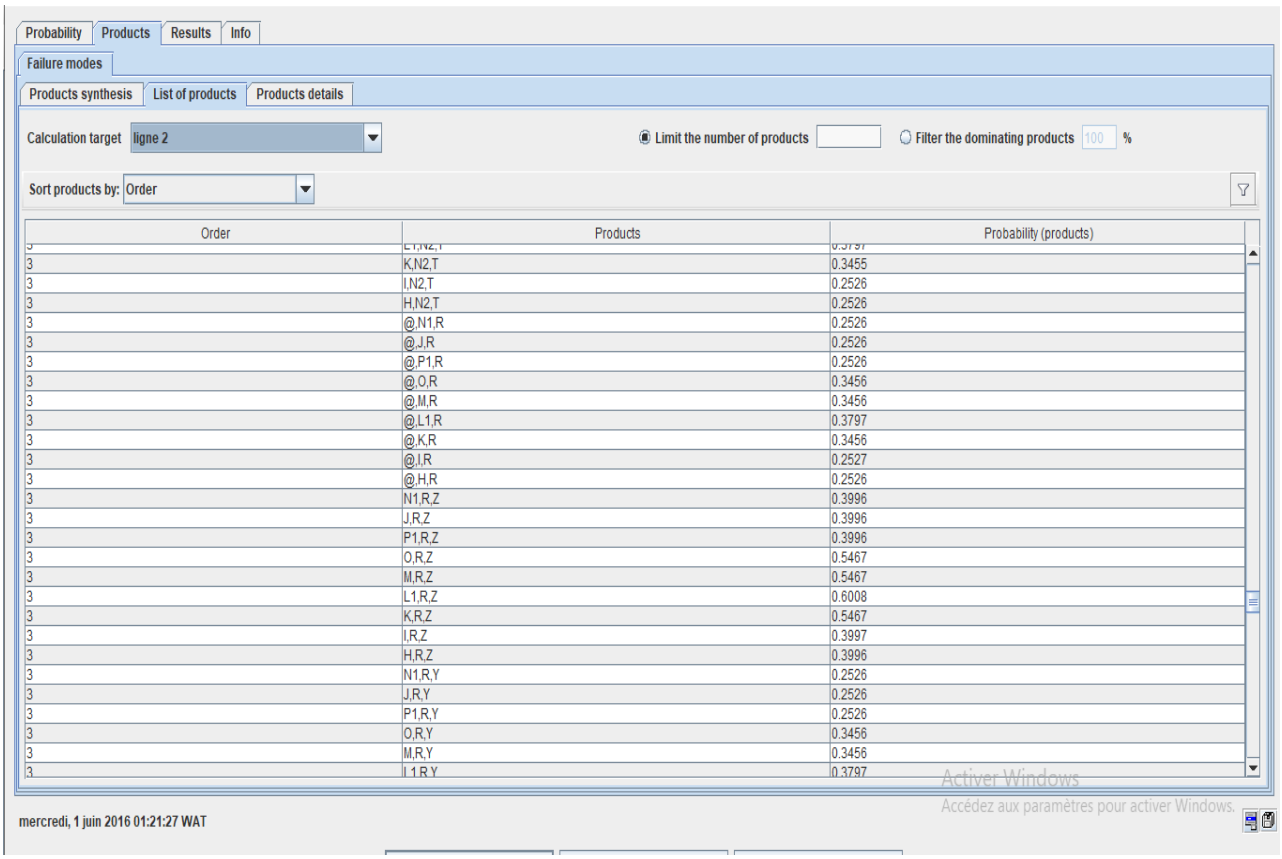
Order	Products	Probability (products)
3	M2,N1,P2	0.3455
3	J,M2,P2	0.3455
3	M2,P1,P2	0.3455
3	M2,O,P2	0.4726
3	M,M2,P2	0.4726
3	L1,M2,P2	0.5194
3	K,M2,P2	0.4726
3	I,M2,P2	0.3456
3	H,M2,P2	0.3455
3	L3,N1,P2	0.3797
3	J,L3,P2	0.3797
3	L3,P1,P2	0.3797
3	L3,O,P2	0.5194
3	L3,M,P2	0.5194
3	L1,L3,P2	0.5708
3	K,L3,P2	0.5194
3	I,L3,P2	0.3797
3	H,L3,P2	0.3797
3	K2,N1,P2	0.3455
3	J,K2,P2	0.3455
3	K2,P1,P2	0.3455
3	K2,O,P2	0.4726
3	K2,M,P2	0.4726
3	K2,L1,P2	0.5194
3	K,K2,P2	0.4726
3	I,K2,P2	0.3456
3	H,K2,P2	0.3455

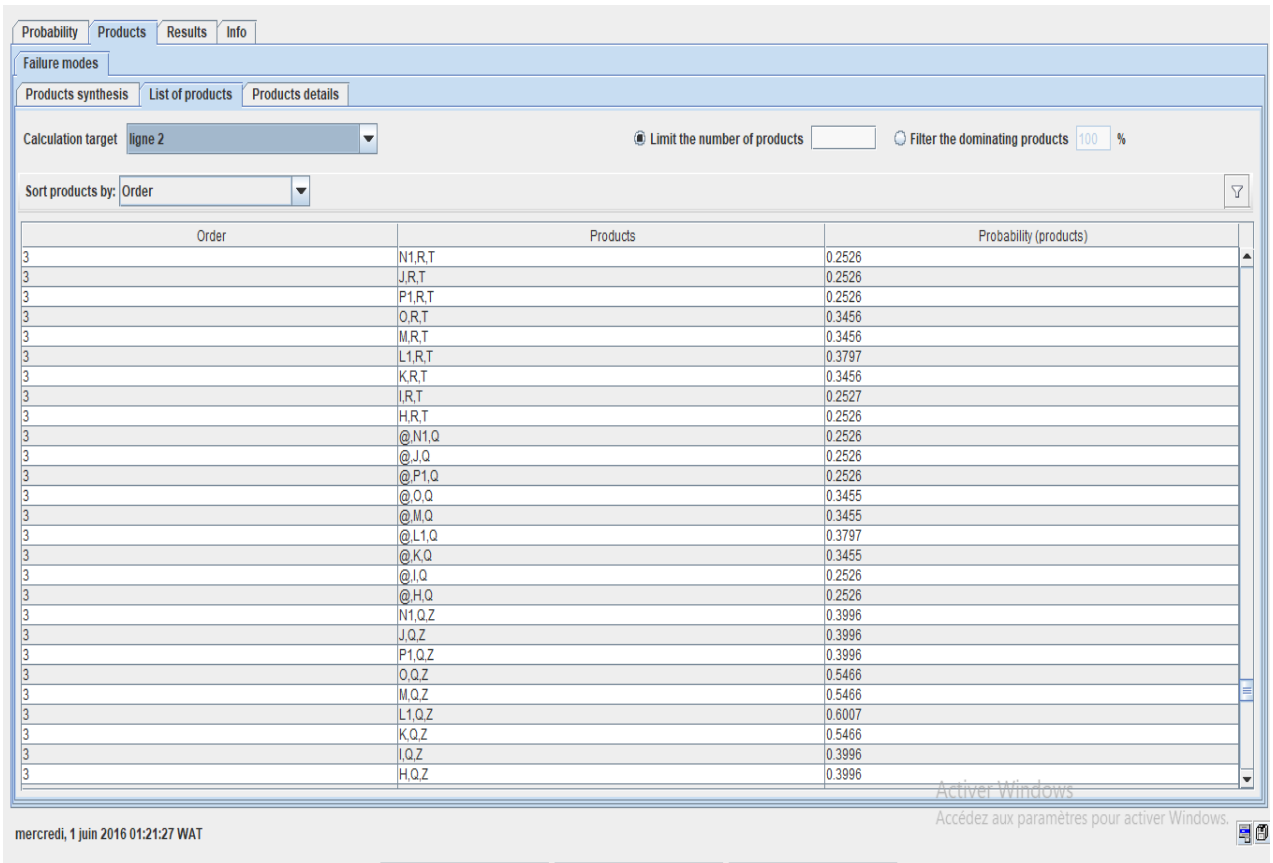
Activer Windows
Accédez aux paramètres pour activer Windows.

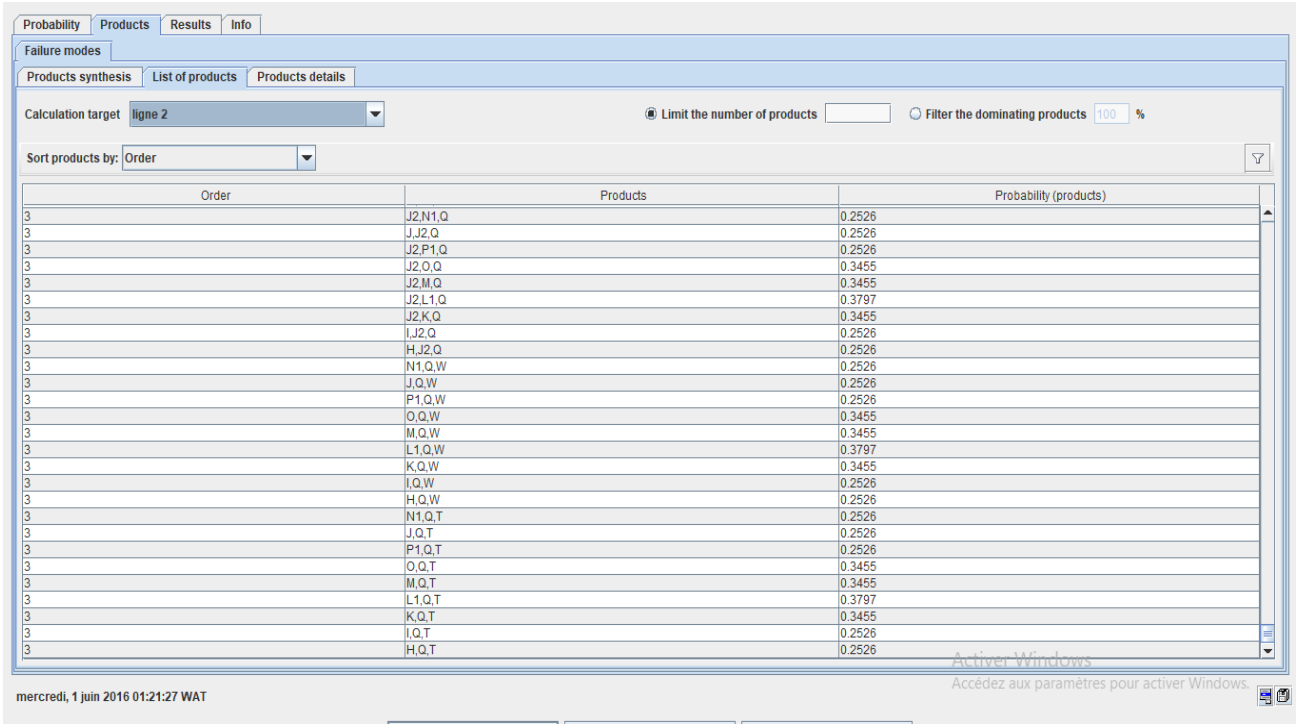
mercredi, 1 juin 2016 00:40:29 WAT


Probability
Products
Results
Info
Failure modes
Products synthesis
List of products
Products details
Calculation target
ligne 2
Limit the number of products
Filter the dominating products
100
%
Sort products by:
Order
Order
Products
Probability (products)
3 I,N3,S 0.3718
3 H,N3,S 0.3718
3 M2,N1,S 0.3455
3 J,M2,S 0.3455
3 M2,P1,S 0.3455
3 M2,O,S 0.4726
3 M,M2,S 0.4726
3 L1,M2,S 0.5194
3 K,M2,S 0.4726
3 I,M2,S 0.3456
3 H,M2,S 0.3455
3 L3,N1,S 0.3797
3 J,L3,S 0.3797
3 L3,P1,S 0.3797
3 L3,O,S 0.5194
3 L3,M,S 0.5194
3 L1,L3,S 0.5708
3 K,L3,S 0.5194
3 I,L3,S 0.3797
3 H,L3,S 0.3797
3 K2,N1,S 0.3455
3 J,K2,S 0.3455
3 K2,P1,S 0.3455
3 K2,O,S 0.4726
3 K2,M,S 0.4726
3 K2,L1,S 0.5194
Activer Windows
Accédez aux paramètres pour activer Windows.
mercredi, 1 juin 2016 00:40:29 WAT


Probability
Products
Results
Info
Failure modes
Products synthesis
List of products
Products details
Calculation target
ligne 2
Limit the number of products
Filter the dominating products
100
%
Sort products by:
Order
Order
Products
Probability (products)
3 L3,N1,R 0.3797
3 J,L3,R 0.3797
3 L3,P1,R 0.3797
3 L3,O,R 0.5195
3 L3,M,R 0.5195
3 L1,L3,R 0.5708
3 K,L3,R 0.5195
3 I,L3,R 0.3798
3 H,L3,R 0.3797
3 K2,N1,R 0.3456
3 J,K2,R 0.3456
3 K2,P1,R 0.3456
3 K2,O,R 0.4727
3 K2,M,R 0.4727
3 K2,L1,R 0.5195
3 K,K2,R 0.4727
3 I,K2,R 0.3456
3 H,K2,R 0.3456
3 J2,N1,R 0.2526
3 J,J2,R 0.2526
3 J2,P1,R 0.2526
3 J2,O,R 0.3456
3 J2,M,R 0.3456
3 J2,L1,R 0.3797
3 J2,K,R 0.3456
3 I,J2,R 0.2527
3 H,J2,R 0.2526
Activer Windows
Accédez aux paramètres pour activer Windows.
mercredi, 1 juin 2016 01:21:27 WAT


Probability
Products
Results
Info
Failure modes
Products synthesis
List of products
Products details
Calculation target
ligne 2
Limit the number of products
Filter the dominating products
100
%
Sort products by:
Order
Order
Products
Probability (products)
3 K,N2,T 0.3455
3 I,N2,T 0.2526
3 H,N2,T 0.2526
3 @,N1,R 0.2526
3 @,J,R 0.2526
3 @,P1,R 0.2526
3 @,O,R 0.3456
3 @,M,R 0.3456
3 @,L1,R 0.3797
3 @,K,R 0.3456
3 @,I,R 0.2527
3 @,H,R 0.2526
3 N1,R,Z 0.3996
3 J,R,Z 0.3996
3 P1,R,Z 0.3996
3 O,R,Z 0.5467
3 M,R,Z 0.5467
3 L1,R,Z 0.6008
3 K,R,Z 0.5467
3 I,R,Z 0.3997
3 H,R,Z 0.3996
3 N1,R,Y 0.2526
3 J,R,Y 0.2526
3 P1,R,Y 0.2526
3 O,R,Y 0.3456
3 M,R,Y 0.3456
Activer Windows
Accédez aux paramètres pour activer Windows.
mercredi, 1 juin 2016 01:21:27 WAT

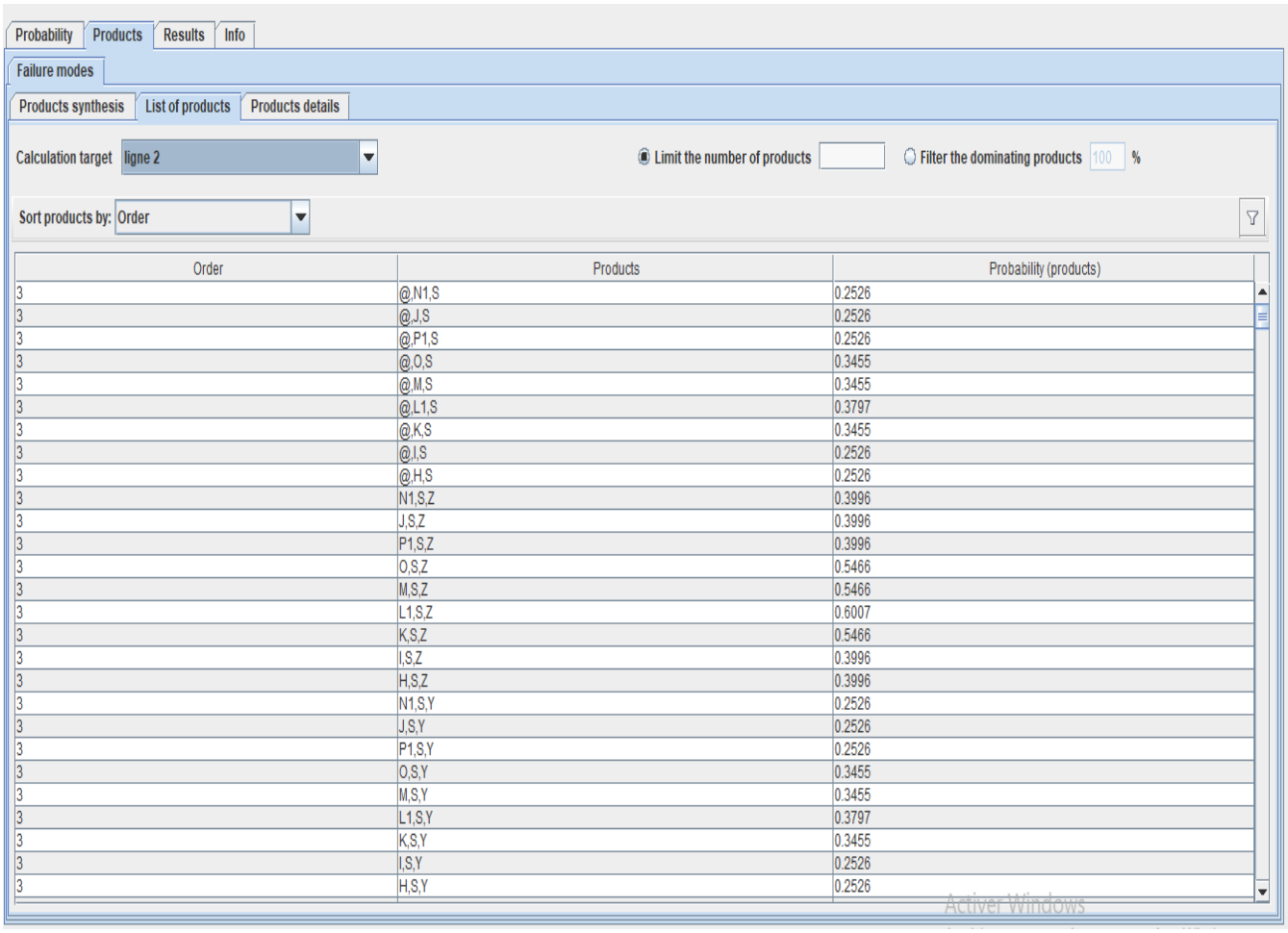

Probability
Products
Results
Info
Failure modes
Products synthesis
List of products
Products details
Calculation target
ligne 2
Limit the number of products
Filter the dominating products
100
%
Sort products by:
Order
Order
Products
Probability (products)
3 N1,R,T 0.2526
3 J,R,T 0.2526
3 P1,R,T 0.2526
3 O,R,T 0.3456
3 M,R,T 0.3456
3 L1,R,T 0.3797
3 K,R,T 0.3456
3 I,R,T 0.2527
3 H,R,T 0.2526
3 @,N1,Q 0.2526
3 @,J,Q 0.2526
3 @,P1,Q 0.2526
3 @,O,Q 0.3455
3 @,M,Q 0.3455
3 @,L1,Q 0.3797
3 @,K,Q 0.3455
3 @,I,Q 0.2526
3 @,H,Q 0.2526
3 N1,Q,Z 0.3996
3 J,Q,Z 0.3996
3 P1,Q,Z 0.3996
3 O,Q,Z 0.5466
3 M,Q,Z 0.5466
3 L1,Q,Z 0.6007
3 K,Q,Z 0.5466
3 I,Q,Z 0.3996
3 H,Q,Z 0.3996
Activer Windows
Accédez aux paramètres pour activer Windows.
mercredi, 1 juin 2016 01:21:27 WAT



Order	Products	Probability (products)
3	J2,N1,Q	0.2526
3	J,J2,Q	0.2526
3	J2,P1,Q	0.2526
3	J2,O,Q	0.3455
3	J2,M,Q	0.3455
3	J2,L1,Q	0.3797
3	J2,K,Q	0.3455
3	I,J2,Q	0.2526
3	H,J2,Q	0.2526
3	N1,Q,W	0.2526
3	J,Q,W	0.2526
3	P1,Q,W	0.2526
3	O,Q,W	0.3455
3	M,Q,W	0.3455
3	L1,Q,W	0.3797
3	K,Q,W	0.3455
3	I,Q,W	0.2526
3	H,Q,W	0.2526
3	N1,Q,T	0.2526
3	J,Q,T	0.2526
3	P1,Q,T	0.2526
3	O,Q,T	0.3455
3	M,Q,T	0.3455
3	L1,Q,T	0.3797
3	K,Q,T	0.3455
3	I,Q,T	0.2526
3	H,Q,T	0.2526

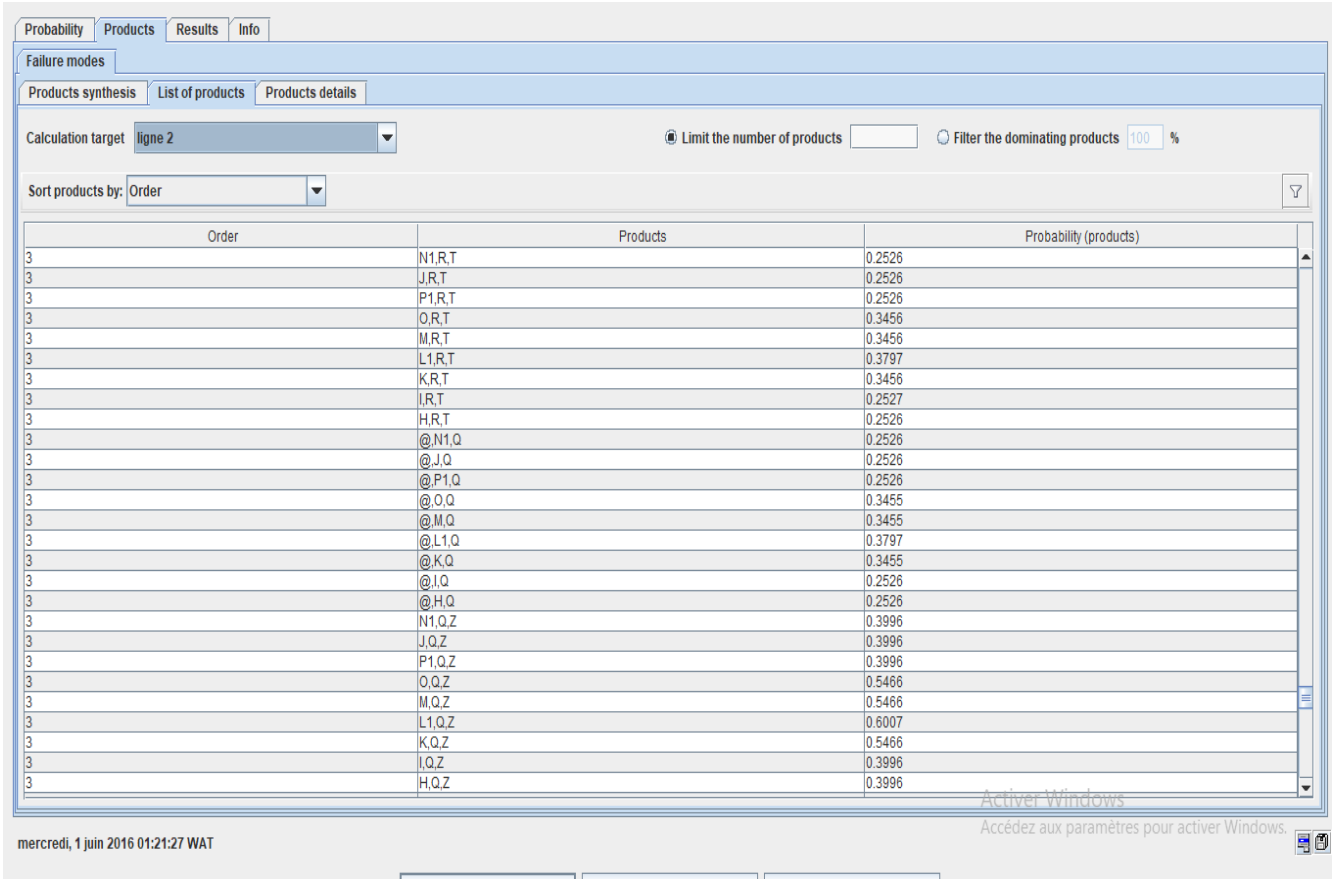
Activer Windows
Accédez aux paramètres pour activer Windows.

mercredi, 1 juin 2016 01:21:27 WAT



Order	Products	Probability (products)
3	@,N1,S	0.2526
3	@,J,S	0.2526
3	@,P1,S	0.2526
3	@,O,S	0.3455
3	@,M,S	0.3455
3	@,L1,S	0.3797
3	@,K,S	0.3455
3	@,I,S	0.2526
3	@,H,S	0.2526
3	N1,S,Z	0.3996
3	J,S,Z	0.3996
3	P1,S,Z	0.3996
3	O,S,Z	0.5466
3	M,S,Z	0.5466
3	L1,S,Z	0.6007
3	K,S,Z	0.5466
3	I,S,Z	0.3996
3	H,S,Z	0.3996
3	N1,S,Y	0.2526
3	J,S,Y	0.2526
3	P1,S,Y	0.2526
3	O,S,Y	0.3455
3	M,S,Y	0.3455
3	L1,S,Y	0.3797
3	K,S,Y	0.3455
3	I,S,Y	0.2526
3	H,S,Y	0.2526

Activer Windows



Order	Products	Probability (products)
3	N1,R,T	0.2526
3	J,R,T	0.2526
3	P1,R,T	0.2526
3	O,R,T	0.3456
3	M,R,T	0.3456
3	L1,R,T	0.3797
3	K,R,T	0.3456
3	I,R,T	0.2527
3	H,R,T	0.2526
3	@,N1,Q	0.2526
3	@,J,Q	0.2526
3	@,P1,Q	0.2526
3	@,O,Q	0.3455
3	@,M,Q	0.3455
3	@,L1,Q	0.3797
3	@,K,Q	0.3455
3	@,I,Q	0.2526
3	@,H,Q	0.2526
3	N1,Q,Z	0.3996
3	J,Q,Z	0.3996
3	P1,Q,Z	0.3996
3	O,Q,Z	0.5466
3	M,Q,Z	0.5466
3	L1,Q,Z	0.6007
3	K,Q,Z	0.5466
3	I,Q,Z	0.3996
3	H,Q,Z	0.3996

Activer Windows
Accédez aux paramètres pour activer Windows.