



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

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

معهد الصيانة والأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de Sécurité Industrielle et Environnement

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Sécurité Industrielle
Spécialité : Sécurité industrielle et environnement

Thème

**Gestion des risques par l'application de la méthode
HAZOP/SIL aux processus de production d'acide nitrique.
Site FERTIAL /Arzew**

Présenté et soutenu publiquement par :

BENIKHLEF Hadjer

et

BELGHERISSI Salah Eddinne

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
.....	Univ d'Oran 2/IMSI	Président
Mme LOUNIS Zobida	Univ d'Oran 2/IMSI	Encadreur
.....	Univ d'Oran 2/IMSI	Examineur

Année 2020/2021



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

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

معهد الصيانة والأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de Sécurité Industrielle et Environnement

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Sécurité Industrielle
Spécialité : Sécurité industrielle et environnement

Thème

**Gestion des risques par l'application de la méthode
HAZOP/SIL aux processus de production d'acide nitrique.
Site FERTIAL /Arzew**

Présenté et soutenu publiquement par :

BENIKHLEF Hadjer

et

BELGHERISSI Salah Eddinne

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Etablissement	Qualité
.....	Univ d'Oran 2/IMSI	Président
Mme LOUNIS Zobida	Univ d'Oran 2/IMSI	Encadreur
.....	Univ d'Oran 2/IMSI	Examineur

Année 2020/2021

Remerciement

Louange tout d'abord à Dieu qui nous a donné la force Pour terminer ce travail.

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce à plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute nos reconnaissances.

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à l'égard de mon tuteur au sein du Complexe **FERTIAL**, Mr **Aboubakr MIMOUNI** ingénieur **principal intervention et gestion d'urgence** pour sa disponibilité, et de m'avoir guidé pour réaliser mon projet. Je sens parfaitement la confiance qu'il m'a témoignée et j'apprécie beaucoup l'attitude qu'il adopte à mon égard. Plus globalement, je crois sincèrement avoir profité pleinement de son expérience professionnelle et de ses méthodes de travail.*

*Nous remercions infiniment notre Encadreur de mémoire « Mme **LOUNIS Zoubida** », pour leur générosité, aides, et précieux conseils dont il a fait preuve durant la période de notre travail.*

*Mes remerciements à Mr **HADJAJ MOHAMED** « Chef structure production », Mr **BOUNACER Omar** « Chef d'unité » et Mr **BENDEROUICHE Bachir** « Contremaître de l'unité » pour leurs aides et guides au sein de l'unité de production d'acide nitrique, et leurs grands efforts approuvés pour la réalisation de ce projet sur terrain. Je tiens à remercier également toute l'équipe de la direction **QHSE**, et tous les gens de **FERTIAL** en général.*

Tous nos remerciements vont à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin afin que ce travail voie le jour.

Merci

Dédicace

Merci Allah de nous avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au du rêve, et du bonheur de lever nos mains vers le ciel et de dire :

« Hamdoulî Allah »

A celles qui nous ont donné la vie, le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'ont pas cessé de nous encourager et de prier pour nous .Qui se sont sacrifiées pour notre bonheur et notre réussite, à mon père « Mohamed », à ma mère, « Badia », l'école de notre enfance, qui ont été notre ombre durant toutes les années des études, et qui ont veillé tout au long de notre vie à nous encourager, à nous apporter leurs aides et à nous protéger.

A mes sœurs : Fatima Zohra et Meriem Mébarka

A mes Frères : Mehdi Zakaria et Tarek Rachad

En témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection qu'on porte pour vous.

A tous ceux qui nous sont chers On dédie ce travail

Sans oublier de remercier mon cher frère Dr Yacine Abdeldjabbar pour toute l'aide qu'il m'a apporté.

Hadjer

Dédicace

*Quoi que de plus que de pouvoir partager les meilleurs moments de nos
vie avec les êtres Qu'on aime.*

*Arrivé au terme de mes études, j'ai le grand plaisir de dédier ce
modeste travail :*

*A mes parents bien-aimés, qui
ont été mes plus grands soutiens depuis le jour de ma naissance et
m'ont toujours donné de la force quand j'ai pensé à abandonner, qui
m'apportent continuellement leur soutien moral, spirituel,
émotionnel et financier.*

*À nos frères, sœurs, mentors, amis et camarades de classe
qui ont partagé leurs conseils et leurs encouragements pour terminer
ce mémoire.*

*Sans oublier de remercier mon chère frère **BELGHERRISSI** Abdelatif le
directeur de entreprise **TH** professionnel .*

Salah

Résumé

L'objectif principal de la sécurité est d'éliminer les risques inacceptables pouvant causer des blessures corporelles, des dommages à la santé humaine, des dommages environnementaux et des pertes de production coûteuses. La sécurité n'est évidemment pas seulement une question d'organisation. Il y a aussi les méthodes à suivre et les moyens techniques à déployer. A cet effet, une norme internationale : IEC 61508. Il s'agit d'une norme orientée « performance », c'est-à-dire qu'elle permet aux utilisateurs d'effectuer une analyse des risques en toute confiance et de proposer des moyens de réduction des risques.

La CEI 61511 décrit différentes méthodes pour déterminer le niveau d'intégrité de sécurité des fonctions instrumentées de sécurité SIL "**Safety Integrity Level**".

Cette étude est accomplissait sur le site du complexe FERTIAL-Arzew. Ayant pour objectif la maîtrise du risque au niveau de l'unité de production d'acide nitrique HNO₃, afin d'identifier le niveau **SIL** au niveau de tous les instruments de l'unité, dans le but d'assurer le fonctionnement en sécurité de ses installations, ainsi que leur sécurisation.

Dans cette étude, on a utilisé la méthode **HAZOP** pour identifier tous les scénarios et décortiquer leurs enchainements. Cette méthode requiert notamment l'examen des schémas et des plans de circulation des fluides ou schémas P&ID (Piping and Instrumentation Diagram)

Ainsi, une sélection des scénarios à la base d'une cotation. Ensuite déterminer le niveau d'intégrité de sécurité par la méthode des graphes du risque « **SIL requis** ».

Les résultats et l'analyse des scénarios ont abouti à plusieurs SIL tels que le plus élevé est de SIL2 et SIL3 ce qui juge que le risque est inacceptable. De ce point de vue, on a justifié la nécessité de la mise en place d'un système instrumenté de sécurité **SIS** de niveau d'intégrités 3.

On a proposé à la fin de ce mémoire un projet de réduction de gaz à effet de serre N₂O. Ce projet va améliorer la situation de l'unité puisqu'on va y installer une technologie de pointe et un système de monitoring moderne.

Mots-clés : la norme **CEI 61508**, Unité de Production d'acide nitrique HNO₃, HAZOP, SIL, P&ID, SIS.

Abstract

The main objective of safety is to eliminate unacceptable risks that can cause bodily injuries, damage to human health, environmental harm and high production losses. There are also other methods to follow as well as additional technical means to deploy.

- IEC 61508 is a “performance” oriented standard, which allows users to carry out risk analysis and to propose means for risk reduction.
- IEC 61511 describes different methods for determining the “safety integrity level” SIL .

The current study is carried out on the site of the FERTIAL-Arzew Complex with the intention of controlling the risks at the level of the nitric acid HNO₃ production unit also to ensure the safe operation of its facilities .

In this study, we used the HAZOP method to identify all the scenarios and analyze their results. This method requires in particular the examination of diagrams and fluid circulation plans or P&ID diagrams “Piping and Instrumentation Diagram” . Then determine the level of safety integrity using the "SIL required" risk graph method.

The scenarios analysis resulted that the SIL2 and SIL3 are the highest safety integrity levels that is the risk will be unacceptable. From this point of view, we have justified the need to set up an instrumented security system of integrity level 3.

At the end of this thesis, a project to reduce greenhouse gases N₂O was proposed. This project will improve the situation of the unit since it will install **state-of-the-art technology** and a modern monitoring system.

Keywords: IEC 61508, NitricAcid Production Unit HNO₃, HAZOP, SIL, P&ID, SIS.

ملخص

الهدف الرئيسي للسلامة هو القضاء على المخاطر غير المقبولة التي يمكن أن تسبب إصابات جسدية، وضررًا بصحة الإنسان، وضررًا بيئيًا، وخسائر إنتاج باهظة الثمن. من الواضح أن السلامة ليست مجرد مسألة تنظيم. هناك أيضًا الطرق التي يجب اتباعها والوسائل التقنية للنشر. لهذا الغرض، معيار دولي: IEC 61508 هذا معيار موجه نحو "الأداء"، أي أنه يسمح للمستخدمين بإجراء تحليل للمخاطر بثقة واقتراح وسائل للحد من المخاطر.

تصف المواصفة القياسية IEC 61511 طرقًا مختلفة لتحديد مستوى السلامة للوظائف المزودة بوظائف الأمان SIL "مستوى السلامة".

أجريت هذه الدراسة في موقع مجمع FERTIAL-Arzew. بهدف السيطرة على المخاطر على مستوى وحدة إنتاج حامض النيتريك HNO₃، من أجل تحديد مستوى SIL على مستوى جميع أدوات الوحدة، من أجل ضمان التشغيل الآمن لمنشآتها، وكذلك أمنها.

في هذه الدراسة، استخدمنا طريقة HAZOP لتحديد جميع السيناريوهات وتحليل تسلسلها. تتطلب هذه الطريقة على وجه الخصوص فحص المخططات وخطط تداول السوائل أو مخططات P&ID (مخطط الأنابيب والأجهزة).

وبالتالي، اختيار السيناريوهات على أساس الاقتباس. ثم حدد مستوى السلامة باستخدام طريقة الرسم البياني للمخاطر "SIL required".

نتج عن تحليل النتائج والسيناريوهات العديد من SIL بحيث يكون أعلى مستوى هو SIL2 و SIL3 والذي يعتبر الخطر غير مقبول. من وجهة النظر هذه، برزنا الحاجة إلى إنشاء نظام أمان مُجهز بنظام SIS بمستوى النزاهة 3.

في نهاية هذه الأطروحة، تم اقتراح مشروع للحد من غازات الاحتباس الحراري N₂O. سيؤدي هذا المشروع إلى تحسين وضع الوحدة حيث سيتم تركيب أحدث التقنيات ونظام مراقبة حديث.

الكلمات الرئيسية: IEC 61508، وحدة إنتاج حمض النيتريك HNO₃، HAZOP، SIL، P&ID،

SIS.

Sommaire

Remerciement

Dédicace

Résumé

Abstract

ملخص

Abréviation

Glossaire

Introduction générale.....	1
CHAPITRE 1: LA GESTION DES RISQUES.....	5
1.1. Introduction :	6
1.2. La gestion des risques :.....	6
1.2.1. Définition :.....	6
1.2.2. Objet de la gestion de risque :	7
1.2.3. Domaine d'application :.....	7
1.2.4. Principes pour la gestion des risques :.....	7
1.2.4.1. Analyse de risque :	9
1.2.4.1.1. Identification des facteurs de risque :	9
1.2.4.1.2. Estimation des risques :.....	10
1.2.4.2. Évaluation de l'acceptabilité des risques :.....	10
1.2.4.3. Maîtrise des risques :	11
1.2.4.4. Réduction du risque :	12
1.3. Méthodes d'analyses de risques	12
1.3.1. Objectifs :	12
1.3.2. Classification des méthodes d'analyse de risque :	13
1.3.2.1. Approche déterministe :.....	13
1.3.2.2. Approche probabiliste :.....	13
1.3.3. Méthodes qualitatives vs. Méthodes quantitatives :	13
1.3.4. Choix des outils d'analyse des risques :.....	14
1.3.5. Panorama des méthodes d'analyse de risque :	16
1.3.6. Propriétés des méthodes d'analyse de risque :	26
1.3.6.1. Avantages généraux des méthodes d'analyse de risques :	26
1.3.6.2. Comparaison des méthodes d'analyse de risques étudiées :	27

1.3.6.3.	Critères de choix d'une méthode d'analyse de risque	28
1.4.	Conclusion :	29
CHAPITRE 2 : ANALYSE DES RISQUES		30
2.1.	Introduction :	31
2.2.	Cadre réglementaire de l'analyse des risques :	31
2.3.	Sélection de la technique d'analyse de risque :	32
2.4.	Organisation de l'équipe de travail :	33
2.5.	Organisation de l'analyse de risques :	33
2.5.1.	Planning :	33
2.5.2.	Préparation, collecte des informations :	34
2.6.	Evaluation des risques :	34
2.7.	Choix des méthodes d'analyse des risques utilisés dans notre étude :	34
2.7.1.	Description de la méthode HAZOP :	35
2.7.1.1.	Historique HAZOP :	35
2.7.1.2.	Définition et objectifs :	36
2.7.1.3.	Domaine d'application :	36
2.7.1.4.	Déroulement HAZOP :	37
2.7.1.5.	Qualitative ou non :	39
2.7.1.6.	Procédure HAZOP :	40
2.7.2.	Systèmes instrumentés de sécurité (SIS) :	46
2.7.2.1.	Définition d'un SIS :	46
2.7.2.2.	La fonction instrumentée de sécurité (SIF) :	47
2.7.2.3.	Allocation du niveau d'intégrité de sécurité (SIL requis) :	49
2.7.2.4.	Objet SIL:	50
2.7.2.5.	Détermination du SIL :	50
2.7.2.6.	Procédure SIL :	50
2.8.	Conclusion :	57
CHAPITRE 3 : PRESENTATION DU COMPLEXE FERTIAL		58
3.1.	Introduction :	59
3.2.	Division FERTIAL :	59
3.3.	L'histoire de FERTIAL :	60
3.4.	Situation géographiques :	61
3.5.	Plan de situation :	61
3.6.	Objectif du complexe FERTIAL :	63

3.7.	Normes et Certifications FERTIAL :	63
3.8.	Organisation du complexe d'ammoniac « FERTIAL » :	64
3.9.	Les différentes composantes du complexe :	70
3.10.	Procédure de production :	73
3.10.1.	Procédé de production de l'Acide Nitrique :	73
3.10.2.	Description générales de l'Unité :	75
3.10.3.	Description de l'Unité par sections :	76
3.11.	Conclusion :	83
CHAPITRE 4 : ETUDE DE CAS (SYNTHESE)		84
4.1.	Introduction :	85
4.2.	Synthèse :	85
4.2.1.	Mise en œuvre de la méthode HAZOP :	85
4.2.2.	Mise en œuvre de la méthode des graphes des risques(SIL) :	124
4.3.	Conclusion	128
CHAPITRE 5 : GESTION DES REJETS GAZEUX (NOX ET N2O)		129
5.1.	Introduction	130
5.2.	Gestion des rejets gazeux (NOX et N2O) :	130
5.3.	La source des rejets gazeux :	131
5.4.	L'effet des oxydes d'azote :	131
5.4.1.	Sur les travailleurs :	131
5.4.2.	Sur l'environnement :	131
5.4.3.	Impact sur le milieu :	132
5.4.4.	Impact sur les arbres	132
5.5.	Effets du quelques polluants :	132
5.6.	Contrôle des émissions à l'atmosphère dans les unités acide nitrique A et B :	133
5.7.	Projet de réduction de N2O :	134
5.8.	Conclusion :	140
Conclusion générale		141

Références bibliographiques

Annexes

Liste des Abréviations

Abréviations

- **AQS** : Association Qualité-Sécurité
- **OORS** : l'Observatoire de l'Opinion sur les Risques de la Sécurité.
- **EIPS** : Éléments importants pour la sécurité
- **ISO** : Internationale organisation système
- **IEC / CEI** : International Electrotechnical Commission (Commission Electrotechnique Internationale)
- **APR** : L'Analyse Préliminaire de Risque
- **APD** : Analyse Préliminaire de Danger / **PHA**: Preliminary Hazard Analysis –PHA
- **AMDE** : Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets / **FMEA**: Failure Modes, and Effects Analysis
- **AMDEC** : Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets - /et de leur Criticité / **FMECA**: Failure Modes, Effects, and Criticality Analysis
- **HAZOP**: Hazard and Operability
- **ICI** : Imperial Chemical Industries
- **HAZID**: Hazard Identification
- **FTA**: Fault Tree Analysis
- **ETA** : Event Tree Analysis
- **MADS** : Méthodologie d'Analyse de Dysfonctionnement des Systèmes
- **MOSAR** : Méthode Organisée et Systémique d'Analyse des Risques
- **ATEX** : atmosphère explosif
- **GHE** : groupes homogènes d'exposition
- **SIL** : Safety Integrity Level / Niveau d'intégrité de sécurité d'une fonction instrumentée
- **SIF** : Safety Instrumented Function (Fonction Instrumentée de Sécurité)
- **SIS** : Safety Instrumented System / Système Instrumenté de Sécurité)
- **PID** : Piping & Instrumentation Diagram
- **PFD** : Probability of Failure on Demand / (Probabilité de défaillance à la sollicitation)
- **QHSE** : Quality helthy safety environnement
- **PGE** : Plan de gestion environnemental
- **OHSAS** : Occupational Health and Safety Assessment Series

Liste des Abréviations

- **SGS** : Système de gestion de la sécurité
- **EDD** : Étude de dangers
- **EvRP** : (Evaluation des Risques Professionnels)
- **PII** : Plan Interne d'Intervention
- **EIE** : étude d'impact sur l'environnement
- **HP** : haut pression
- **BP** : Basse pression
- **VM** : vapeur moyenne
- **VB** : vapeur basse pression
- **ER** : Eau de refroidissement
- **PPM** : Partie par million
- **GES** : Gaz à effet de serre
- **NPK** : Signifie azote, phosphore, potasse

Abréviations safeguards :

Tableau i : Abréviations safeguards.

Abréviations	Anglais	Français
THI :	Local Temperature Indication	Indicateur de température local
TE :	Thermocouple	Thermocouple
PSV :	Pressure safety valve	Soupape de sécurité de pression
LIC502 :	B2109 tank level control valve	Vanne de contrôle de niveau du ballon B2109
LAHL505 :	NH3 evaporator level indicator E2101	indicateur de niveau de l'évaporateur d'NH3 E2101
PC133 :	Medium pressure steam import-export pressure control valve	Vanne de contrôle de pression import-export vapeur moyenne pression
TI240 :	Temperature indicator	indicateur de température de l'ER
PI102 :	Pressure indicator	Indicateur de pression
TISA209 :	High temperature safety from NH3 to S2103 filter	Sécurité de température haute d'NH3 vers filtre S2103
TAL209 :	Low alarme temperature of NH3	Alarme de température basse d'NH3
PT101 :	Pressure transmitter	Transmetteur de pression
PDI110 :	Pressure difference	Différence de pression indication
LG 503 :	Level Glace	Niveau à glace
TS217 :	Safety temperature of platinum gauze in R2101	Température de sécurité des toiles de platine dans R2101
SSV601 :	Quick closing valve (NH3 to atmosphere)	soupape a fermeture rapide (NH3 vers atmosphere)
LAHH505 :	High High Level alarme	niveau très haut NH3

Liste des Abréviations

PCV101 A :	NH3 pressure control valve in E2101A	vanne de contrôle de pression NH3 dans E2101A
SDC :	Control room	Salle de contrôle
TSA209:	very low temperature release safety NH3	securité de declanchement temperature tres basse NH3
LIC502:	H2109 boiler level indicator	indicateur de niveau de la chaudiere H2109
LT:	Level transmitter	transmetteur de niveau
PH metre:	pH meter	
TAH219:	high temperature alarm of gauze platinum catalyst R2101	alarme température haute DES TOILES R2101
TAL219:	low temperature alarm of gauze platinum catalyst R2101	alarme température basse DES TOILES R2102
FT003:	ammonia flow transmitter to R2101	transmetteur de débit ammoniac vers R2101
SV123 :	safety valve	
FI004 :	absorption water flow	débit d'eau d'absorption
PT107 :	HP discharge pressure indicator	indicateur de pression refoulement corps HP
Anti pompages FFPCV2107 A / B :	Anti pumping FFPCV2107 A / B:	
FRCV003 :	flow control valve	vanne régulation de débit
DPI125 :	Pressure difference	Différence de pression indication
TISAH 237 :	(high temperature indicator security alarm) TEMPERATURE. GAS OUTLET KG 2101	(alarme securite indicateur de température haute)TEMPERATURE. GAZ SORTIE KG 2101
TRS 207 :	catalytic combustion temperature R2102	température de combustion catalytique R2102

Glossaire

Glossaire

✚ **Danger** : Propriété ou capacité intrinsèque d'une substance, d'un équipement, d'une méthode de travail, etc., susceptible de causer un dommage matériel ou humaine, présent dans les situations de travail et indissociable à son existence. On peut dire qu'est un élément présent susceptible de causer un risque, c'est-à-dire la survenance d'un accident. (Gestion des risques, Procedure FERTAL , 2015)

✚ **Risque** : Probabilité qu'un effet spécifique se produise dans une période donnée ou dans des circonstances déterminées. En conséquence, un risque se caractérise selon deux composantes : la probabilité d'occurrence d'un événement donné et la gravité des effets ou conséquences qui l'événement supposé peut produire. (Gestion des risques, Procedure FERTAL , 2015)

✚ **Risques Majeurs** : Possibilité d'un évènement d'origine naturelle ou anthropique dont les effets peuvent mettre en jeu un grand nombre de personnes, occasionner des dommages importants et dépasser les capacités de réaction de la société. Les risques technologiques, d'origine anthropique sont : Le risque nucléaire, le risque industriel, le risque de transport de matières dangereuses et le risque de rupture de barrage. (Gestion des risques, Procedure FERTAL , 2015)

✚ **Fréquence de manifestation** : Probabilité estimée de manifestation d'un événement.

✚ **EIPS** : Éléments importants pour la sécurité (Gestion des risques, Procedure FERTAL , 2015)

✚ **Plan de communication** : Est le squelette, la base qui permet de pratiquer une communication institutionnelle. Il s'agit d'un instrument qui englobe le programme communicatif d'actuation (à court, moyen ou à long terme), et qui peut reprendre cibles, stratégies, objectifs, messages basiques, actions, chronogrammes, budgets ou méthodes d'évaluation. (Gestion des risques, Procedure FERTAL , 2015)

✚ **Prévention** : Technique de performance sur les risques dans le but de les supprimer et d'éviter leurs conséquences néfastes. En général, elle englobe aussi le terme protection. (Gestion des risques, Procedure FERTAL , 2015)

✚ **Protection** : Technique de performance sur des conséquences néfastes qu'un risque peut occasionner à un individu, un collectif ou leur environnement en provoquant des dégâts. (Gestion des risques, Procedure FERTAL , 2015)

Glossaire

✚ **Procédés, activités, opérations, équipement ou les produits potentiellement dangereux** : Ceux qui en l'absence de mesures préventives spécifiques provoquent des risques. (Gestion des risques, Procedure FERTAL , 2015)

✚ **Condition de travail** : Toute caractéristique pouvant avoir une influence importante de propagation de risques pour la sécurité et la santé des travailleurs. Elles sont spécifiquement comprises dans cette définition :

a. Les caractéristiques générales des locaux, installations, équipements, produits et autres existant sur le site de travail.

b. La nature des agents physiques, chimiques et biologiques présents dans le milieu de travail et leurs intensités correspondantes, les concentrations ou les niveaux d'existence.

c. Les procédures d'utilisation des agents cités antérieurement qui influent sur la création des risques mentionnés.

d. Toutes les autres caractéristiques du travail y compris celles relatives à leur organisation et aménagement qui influe sur l'ampleur des risques à laquelle le travailleur est exposé. (Gestion des risques, Procedure FERTAL , 2015)

✚ **Cause** : Événement initial conduisant à une déviation de processus. (Methode HAZOP, Procedure FERTIAL, 2015)

✚ **Conséquence** : Un événement ou une chaîne d'événements qui résultent d'une déviation de processus (Methode HAZOP, Procedure FERTIAL, 2015).

✚ **Déviatiion** : Divergence du processus, identifiée par l'application systématique de la combinaison paramètre / mot clé approprié. (Methode HAZOP, Procedure FERTIAL, 2015).

✚ **Mots Guides** : Mots ou phrases courtes utilisés pour qualifier ou quantifier l'intention. Ils sont associés à des paramètres afin de proposer de possibles déviations (Methode HAZOP, Procedure FERTIAL, 2015)

✚ **Risque** : Le potentiel de causer des dommages aux personnes, environnement ou biens. (Methode HAZOP, Procedure FERTIAL, 2015)

✚ **HAZOP** : Méthode quantitative d'analyse de risques basée sur l'utilisation de mots guides appliqués à différents paramètres pour détecter les potentielles déviations de conditions normales d'opération et ses conséquences. (Methode HAZOP, Procedure FERTIAL, 2015).

Glossaire

- ✚ **Nœud** : L'ensemble des installations ont, au préalable, été découpées en systèmes (appelés «nœud») afin de faciliter leur analyse (Methode HAZOP, Procedure FERTIAL, 2015).
- ✚ **PROTECTION** : Ensemble des barrières existantes, préventives ou de protection. (Methode HAZOP, Procedure FERTIAL, 2015)

Liste des tableaux

Liste des tableaux :

Tableau i : Abréviations safeguards	14
Tableau 1 : Définition de la gestion des risques.....	6
Tableau 2 : Définition d'analyse des risques.....	9
Tableau 3 : Définition d'évaluation des risques.....	10
Tableau 4 : Définition maîtrise des risques.....	11
Tableau 5 : Exemple de tableau de type « APR ».....	16
Tableau 6 : Exemple de tableau de type « AMDEC »	18
Tableau 7 : Exemple de tableau de type « HAZOP »	19
Tableau 8 : Méthode HAZOP originelle (déterministe).....	40
Tableau 9 : Méthode HAZOP semi-quantitative (probabiliste).....	40
Tableau 10 : Mots guides	42
Tableau 11 : Matrice de risque	43
Tableau 12 : Échelle de gravité	44
Tableau 13 : Échelle de probabilité.....	45
Tableau 14 : Signification des termes utilisés dans la méthode des graphes de risques.....	51
Tableau 15 : Échelles de cotation des paramètres d'évaluation du risque	52
Tableau 16 : Graphes de risque sécurité des personnes d'après IEC 61511 .Error!	
Bookmark not defined.	
Tableau 17 : Graphes de risque "l'environnement" et "Dommages Aux biens" d'après IEC61511	54
Tableau 18 : La liste des fonctions retenues	55
Tableau 19 : Revue SIL	57
Tableau 20 : Analyse du scénario N°1.....	87
Tableau 21 : Analyse du scénario N°2.....	95
Tableau 22 : Analyse du scénario N° 3.....	99
Tableau 23 :Analyse du scénario N°4.....	101
Tableau 24 : Analyse du scénario N°5.....	106
Tableau 25 : Analyse du scénario N°6.....	112
Tableau 26 : Analyse du scénario N°7.....	115
Tableau 27 : Liste de recommandation.....	119
Tableau 28: Niveaux SIL retenus pour chaque fonction de sécurité instrumentée de l'unité de production d'acide nitrique	123

Liste des figures

Liste des figures :

Figure 1: Processus de la gestion des risques.....	8
Figure 2 : Approches d'analyse de risque.....	13
Figure 3 : Typologie des méthodes d'analyse de risque.	14
Figure 4 : Classification des principales méthodes d'analyse de risque qualitatives.....	15
Figure 5 : Exemple Arbre des défaillances.....	21
Figure 6 : Exemple Arbre d'Évènements.	22
Figure 7 : Exemple nœud de papillon.....	Error! Bookmark not defined.
Figure 8 : Processus de danger du modèle MADS	25
Figure 9 : Historique HAZOP	35
Figure 10 : Déroulement de la méthode HAZOP	Error! Bookmark not defined.
Figure 11 Fonction instrumentée de sécurité	49
Figure 12: Division FERTIAL	59
Figure 13 : Historique de FERTIAL.....	60
Figure 14 : Diagramme des standards organisations implante à FERTIAL..	Error! Bookmark not defined.
Figure 15 : Les unités de production du complexe FERTIAL	71
Figure 16 : Procédé de production de l'Acide Nitrique	Error! Bookmark not defined.
Figure 17 : Diagramme de Compression d'air, Évaporation d'ammoniac et de mélange des deux.....	77
Figure 18 : Diagramme d'Oxydation de l'Ammoniac et train d'échange	79
Figure 19 : Diagramme du Refroidissement et Absorption des gaz d'oxydation dans eau	Error! Bookmark not defined.
<u>Figure 20 : Diagramme de Réduction Catalytique du gaz de queue.....</u>	<u>82</u>
Figure 21 : Diagramme de Réduction Catalytique du gaz de queue	Error! Bookmark not defined. <u>3</u>
Figure 22: Emission N2O	130
Figure 23 : Exécution du plan de surveillance (monitoring) des émissions. .	Error! Bookmark not defined.
Figure 24 : Options technologiques pour la réduction des gaz N2O.....	136
Figure 25 : L'oxydation de l'ammoniac	137
Figure 26 : Efficacité de la réduction jusqu'à 90 %	137
Figure 27 : Efficacité de la réduction jusqu'à 95 %	138
Figure 28 : Proposition schématique du programme	139

Introduction générale

Introduction générale

**INTRODUCTION
GENERALE**

Introduction générale

Le bilan historique du risque industriel a beaucoup changé au cours des 15 dernières années. Il est indéniable que les recherches sur les relations entre l'industrie et son environnement ont profité des préoccupations contemporaines de la fragilité sociale, à savoir celle de la pression croissante exercée par les systèmes de production mondialisés, dont l'impact dépasse désormais les frontières nationales.

Les différentes catastrophes industrielles qui ont débuté dans la seconde moitié du 20^e siècle ont mis en évidence des événements impressionnants et destructeurs. Paradoxalement, ce sont ces événements dramatiques qui ont favorisé le développement et l'amélioration de ce que nous appelons aujourd'hui la science de la sécurité :

- 1966 à Feyzin : explosion de l'industrie pétrochimique, 18 morts.
- 1974 à Flixborough (Royaume-Uni) : explosion d'un site industriel, 28 morts (dommages au dispositif d'oxydation de l'usine).
- 1976 à Seveso (Italie) : fuite de dioxines d'usines chimiques Ying (nuage toxique de dioxines), il n'y a pas eu de morts, mais 37 000 personnes ont été touchées.
- 1984 à Bhopal (Inde) : fuite de gaz toxique
- 2001 à Toulouse : explosion de l'usine AZF, environ 2 500 personnes ont été tuées et 250 000 personnes ont été blessées.
- 1984 à Mexico (Mexique) : des chars GPL explosent, plus de 500 personnes sont tuées et 7 000 blessées.
- 2000 à Enschede (Pays-Bas) : un feu d'artifice de divertissement explose, au moins 20 personnes sont tuées et des centaines d'autres blessées,
- 2004 à Skikda : une explosion d'un site industriel s'est produite à l'usine de liquéfaction de gaz naturel de Skikda GL1K faisant 27 morts et 74 blessés.
- 2005 à Skikda : Une explosion s'est produite à la raffinerie de Skikda. Le brut Le réservoir de stockage de pétrole de l'usine a fait 2 morts et 7 blessés.
- 2020 à Beyrouth : explosion du réservoir de stockage de nitrate d'ammonium du port, 207 personnes ont été tuées et plus de 6 500 blessés, d'innombrables images ont été gravées dans la mémoire des personnes vivantes, y compris toutes celles qui cherchent encore à apprendre leçons et éviter les erreurs du passé aujourd'hui.

Introduction générale

Comme le rappelle **Yvette Veyret**, « Le problème des relations entre villes et industrie est un (vieux) problème géographique ». Les industries créatrices de richesse et d'emplois ont incontestablement joué un rôle dans le développement urbain. Cependant, certaines institutions peuvent être à risque.

Outre les pollutions et nuisances, l'industrie peut aussi devenir une source de risques dites majeurs. Notamment dans le cas des risques technologiques, le concept de risques majeurs peut être défini comme des menaces « dont la gravité rend la société absolument accablée par des catastrophes gigantesques ».

D'une manière générale, les accidents industriels majeurs se caractérisent par des phénomènes soudains et cruels, tels que des incendies, des fuites de substances toxiques, voire des explosions, qui ont des conséquences graves pour les personnes. Les matières premières, plus généralement, relèvent de la fonction d'agrégation. Dès lors, est-il possible d'imaginer la coexistence entre ces entités et leur environnement environnant ? Le processus de gestion des risques majeurs s'avère souvent complexe, notamment lorsqu'il s'agit de décrire des phénomènes et des espaces qui seront affectés par des accidents. Néanmoins, il semble que la réponse doit être mise en œuvre. Ces derniers ont pour seul objectif de gérer les urgences et de réduire les risques, ou bien peuvent-elles permettre de favoriser le « vivre avec » ?

Les réglementations gouvernementales sont également à l'origine des réglementations de l'industrie liées à la sécurité. Le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement du Gouvernement algérien a été assuré dans sa mission d'inspection des installations industrielles de protection de l'environnement que les mesures les plus appropriées ont été prises pour éviter ces accidents. A cet effet, les fabricants et exploitants d'installations industrielles sont tenus de mener des recherches sur les dangers de leurs installations et sur la mise en œuvre de politiques de prévention des accidents majeurs et de systèmes de gestion de la sécurité.

Tous ces éléments soulignent clairement la nécessité de développer des technologies adaptées à la prévention des risques chimiques, qui sont encore des besoins actuels, et expliquent l'intérêt croissant pour la recherche en sécurité depuis le début des années 1980. Cela a contribué de manière significative au développement et à l'amélioration de nombreuses méthodes et outils, qui sont maintenant reconnus et largement utilisés par l'industrie. Par conséquent, la sécurité ne se limite pas à l'application de procédures et de mesures réglementaires, mais est elle-même une discipline qui requiert des concepts techniques étendus

Introduction générale

et complexes. Des explosions de poussières à la taille des événements, en passant par les études de risque d'incendie et d'intervention, de nombreux livres fournissent un état technique détaillé des derniers développements dans le domaine.

Le complexe FERTIAL est un site qui a plusieurs unités composées de plusieurs sections. Ces dernières présentent des risques majeurs, selon la classification réglementaire (installation classée pour l'environnement), il est souhaitable maîtriser ce risque.

Dans le cadre de nos travaux, nous nous intéresserons plus particulièrement aux risques localisés au niveau des unités de production d'acide nitrique A / B. Tout d'abord, le procédé et les équipements doivent être décrits, puis nous déterminons les matériaux et les produits utilisés, l'historique des incidents et accidents répertoriés, l'identification et les caractéristiques des dangers potentiels et l'estimation de leur impact, et l'analyse des risques réalisée. Ces données ne sont pas toujours clairement établies et enregistrées dans les documents de l'entreprise. Par conséquent, il est nécessaire d'effectuer des travaux visant à améliorer la documentation ou à trouver des informations de base, notamment en identifiant les risques potentiels et les barrières de sécurité existantes. Cela nous amène à nous poser les **problématiques** suivantes : Comment réduire et/ ou minimiser toutes les risques qui peuvent être engendré au niveau de cet unité ? Et quelle est la méthode la plus appropriée pour d'identifier et évaluer les risques associés à un procédé de production ? Est ce qu'il existe un moyen efficace pour identifier les fonctions instrumentées de sécurité ? Est-ce qu'il y a des solutions pour réduire les émissions des NOX et de N2O et protéger l'environnement ?

Ce présent travail a pour but de répondre à cette problématique en utilisant la démarche HAZOP réalisée sur les processus de production d'acide nitrique. L'objectif principal de cette analyse est de vérifier la conception du procédé afin d'identifier les déviations opératoires et les interactions de procédé qui pourraient conduire à des situations dangereuses ou à des problèmes opératoires. Cette identification découle de l'identification des risques. Un objectif secondaire est la formulation de recommandations permettant de garantir un niveau de risques acceptable. La sélection des scénarios d'accidents majeurs et les recommandations portent uniquement sur les équipements et les installations faisant intervenir des substances dangereuses. Ainsi, pour identifier les fonctions instrumentées de sécurité et définir leur SIL, il est nécessaire que les risques soient préalablement identifiés, ainsi que leurs conséquences sur les personnes, les biens et l'environnement.

Introduction générale

La norme CEI 61511 décrit différentes méthodes de détermination de SIL. Parmi celles-ci, on citera les méthodes qualitatives qui sont « le graphe de risque » et la « grille de criticité ». Ce SIL peut être utilisé pour diverses fonctions stratégiques du processus et d'une certaine manière peut généralement représenter la bonne ou la mauvaise dynamique du plan de gestion pour maintenir l'équipement de sécurité d'un point de vue macroscopique; et être à proximité. A l'avenir, il remplacera l'énoncé très strict du rapport d'essai en termes d'analyse, et il permettra de mieux comprendre le fonctionnement des institutions clés pour la sécurité des instruments et cela contribuera à augmenter la sécurité de fonctionnement.

Pour atteindre notre objectif tracé, ce manuscrit est composé de quatre chapitres :

➤ **Le premier chapitre :** Nous avons d'abord défini la notion gestion des risques, le processus de la gestion de risque et ensuite, nous avons rapidement présenté les principales méthodes d'analyse des risques, Après avoir essayé de tester les avantages généraux des méthodes d'analyse des risques, nous avons trouvé intéressant de pouvoir les comparer entre elles, et enfin nous avons avancé un certain nombre de critères pour choisir la méthode de recherche la plus adaptée.

➤ **Le deuxième chapitre :** on a commencé par une terminologie en matière d'analyse des risques et le processus d'analyse de risques, suivie par une description détaillée de la méthode HAZOP, finalisé par une description détaillée La fonction instrumentée de sécurité (SIF).

➤ **Le troisième chapitre :** consacré à la présentation de l'entreprise (champ d'étude) et une description détaillée sur le processus de production d'acide nitriques par section.

➤ **Le quatrième chapitre :** l'étude de cas (application de la méthode HAZOP/SIL)

➤ **Le cinquième chapitre :** Le but de ce chapitre est :

✓ Une gestion de rejets gazeux NO_x (la source des rejets, leurs effets, contrôle des émissions atmosphériques).

✓ Un projet de réduction du N₂O

Cette étude sera achevée par une conclusion générale.

CHAPITRE 1: LA GESTION DES RISQUES

1.1. Introduction :

La gestion des risques est un processus qui intègre de multiples activités essentielles à la sécurité. Encore une fois, cette dernière est nuancée, et il s'avère que les termes « gestion des risques » et « maîtrise des risques » sont utilisés pour désigner la même recherche. Il en va de même pour l'évaluation et l'estimation et même l'évaluation des risques. Par conséquent, nous pensons qu'il est important de proposer une structure globale pour le processus de gestion des risques, en s'inspirant principalement des normes de sécurité opérationnelle. Dans le cadre de ce chapitre, nous tenterons de lever certaines ambiguïtés dans les activités liées à la gestion des risques. C'est-à-dire, mieux comprendre la définition, la synthèse et les recommandations des concepts de gestion des risques, d'analyse, d'appréciation, d'estimation, d'évaluation, de maîtrise de risque et de présenter une typologie et un panorama synthétique des différentes méthodes applicables.

1.2. La gestion des risques :

1.2.1. Définition :

La gestion des risques est un ensemble d'activités coordonnées visant à diriger et piloter en fonction de l'appréciation des risques, les différentes politiques possibles de maîtrise de ces derniers.

Nombreux auteurs ont apporté une définition de la gestion des risques :

Tableau 1 : Définition de la gestion des risques.

SOURCE	Définitions :
Dr .A.Cherfaoui & D.Touaibia	La gestion des risques est une opération commune à tout type d'activité. Les objectifs poursuivis peuvent concerner.
G .Lamand	Gérer le risque, c'est utiliser au mieux des ressources limitées pour minimiser un ensemble de risque que l'on ne pourra jamais réduire à zéro.
A. Dassens et R Launay	Un processus par lequel les organisations traitent méthodiquement les risques qui s'attachent à leurs activités, recherchant ainsi les bénéfices durables dans le cadre de ses activités.
(Barbet, Mars1996)	La démarche de gestion des risques consiste à : planifier, acquérir les informations, modéliser l'exposition du système aux risques et enfin conduire le système .
(CEI 300-3-9,1995)	Application systématique des politiques de gestion, des procédures et des usages aux tâches d'analyse, d'évaluation et de maîtrise du risque.

(ISO/CEI Guide73, 2002)	Activités coordonnées visant à diriger et piloter un organisme vis-à-vis du risque. Le management du risque inclut typiquement l' appréciation du risque, le traitement du risque, l' acceptation du risque et la communication relative au risque. <i>Note : Le mot gestion a été remplacé par management.</i>
--------------------------------	--

1.2.2. Objet de la gestion de risque :

Cette procédure vise à décrire le processus d'évaluation des risques mis en œuvre chez les entreprises en décrivant la manière dont on identifie, analyse et évalue les risques afin de déterminer si un traitement des risques est requis. Cette procédure est intégrée au plan global de prévention où sont programmées les activités de prévention à développer et à appliquer, en tenant compte de la nature des risques liés aux activités de l'entreprise

Les objectifs Poursuivis peuvent concerner par exemple :

- Le gain de rentabilité, de productivité,
- La gestion des coûts et des délais,
- La qualité d'un produit...

1.2.3. Domaine d'application :

La présente procédure s'applique à l'ensemble de l'organisation et concerne tous les risques QHSE liés à une activité, un projet, un processus, une fonction ou un produit de l'organisation. Cette procédure couvre les aspects relatifs à :

- La prévention des risques majeurs,
- La préservation de la santé et de la sécurité des travailleurs (externes et internes),
- À la prévention des risques liés aux substances, produits chimiques et ou préparations dangereuses,
- À la protection de l'environnement,
- À l'efficacité énergétique.

1.2.4. Principes pour la gestion des risques :

La gestion du risque peut être définie comme l'ensemble des activités coordonnées en vue de réduire le risque à un niveau juré tolérable ou acceptable.

De manière classique, la gestion du risque est un processus itératif qui inclut notamment les phases suivantes :

CHAPITRE 1 : La gestion des risques

- ✓ Appréciation du risque (analyse et évaluation du risque),
- ✓ Acceptation du risque,
- ✓ Maîtrise ou réduction du risque.

L'enchaînement de ces différentes phases est décrit de manière schématique dans la Figure I ci-dessous :

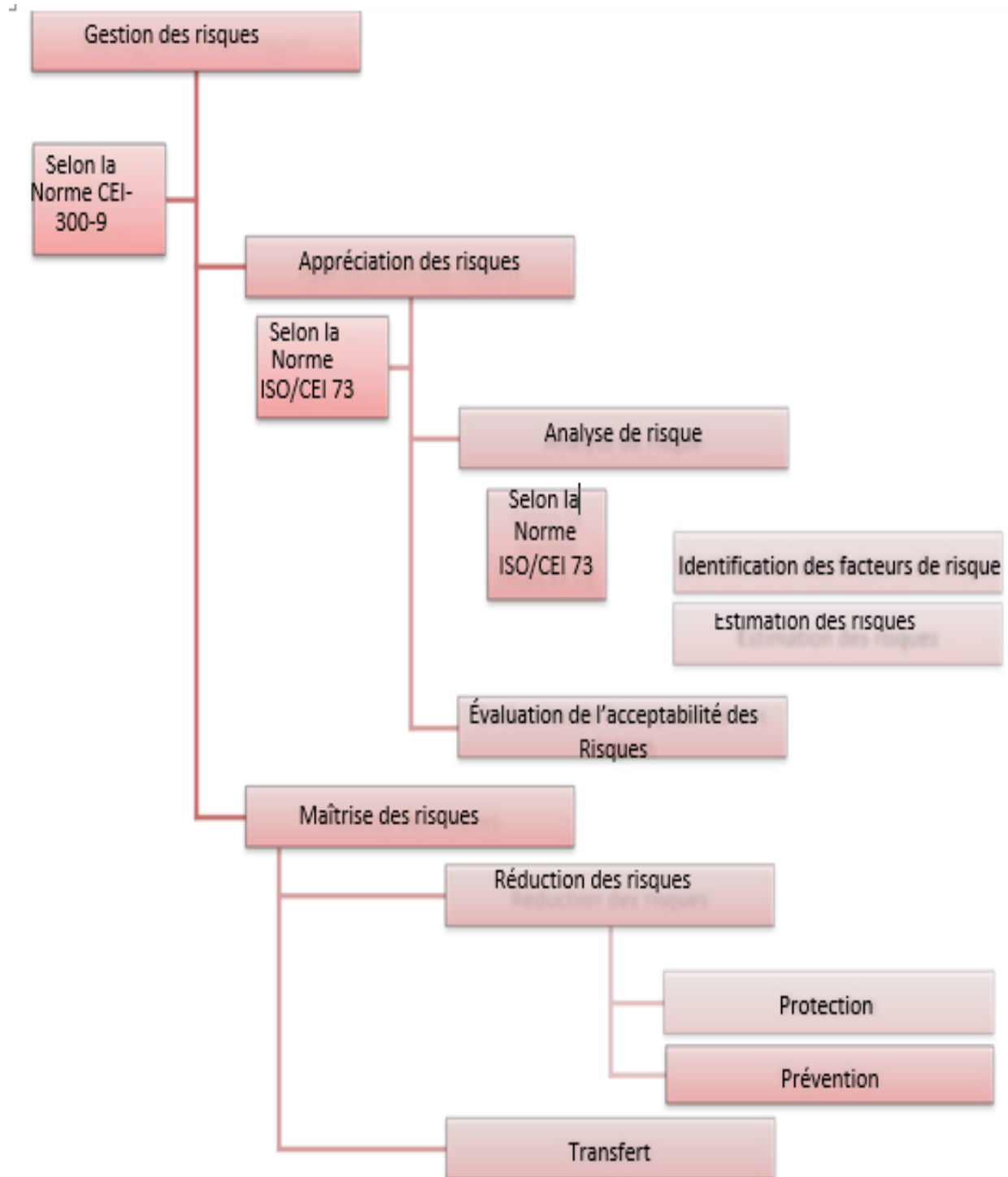


Figure 1: Processus de la gestion des risques

CHAPITRE 1 : La gestion des risques

1.2.4.1. Analyse de risque :

L'analyse des risques est l'utilisation systématique d'informations pour identifier les sources de dangers, permet de mettre en lumière les barrières de sécurité, permet d'estimer les risques, et de la comparer ce niveau de risque à un niveau juré acceptable.

Nombreux auteurs ont apporté une définition d'analyse des risques :

Tableau 2 : Définition d'analyse des risques.

SOURCE	Définitions :
(Larousse, 2005)	Analyse : Étude minutieuse, précise faite pour dégager les éléments qui constituent un ensemble, pour l'expliquer, l'éclairer : Faire l'analyse de la situation.
(ISO/CEI Guide 73, 2002)	Utilisation systématique d'informations pour identifier les facteurs de risque et pour estimer le risque.
Kichstreiger ;1999	Une démarche ayant pour but d'identifier les dangers potentiels, d'en apprécier les risques (vraisemblance, gravité) et de les gérer en cherchant des moyens pour les maîtriser.
(ISO/CEI Guide51, 1999)	Utilisation des informations disponibles pour identifier les phénomènes dangereux et estimer les risques.

1.2.4.1.1. Identification des facteurs de risque :

Un facteur de risque est un paramètre que l'on observe et dont on pense qu'il joue un rôle dans la séquence accidentelle sans qu'il puisse être prouvé qu'il en est une cause directe ou indirecte (ISO / CEI Guide 73, 2002)

L'identification des facteurs de risque est un processus permettant de trouver, recenser et caractériser les phénomènes dangereux (ISO/CEI Guide 51, 1999). Selon le Guide ISO/CEI 73 (ISO/CEI Guide 73, 2002), c'est un « Processus permettant de trouver, lister et caractériser les éléments du risque. Les éléments peuvent inclure les sources, les

CHAPITRE 1 : La gestion des risques

événements, les conséquences et la probabilité. L'identification des risques peut également concerner les préoccupations des parties prenantes ».

1.2.4.1.2. Estimation des risques :

L'estimation d'un risque se définit comme un : « Processus utilisé pour affecter des valeurs à la probabilité et aux conséquences d'un risque. L'estimation du risque peut considérer le coût, les avantages, les préoccupations des parties prenantes, et d'autres variables requises selon le cas pour l'évaluation du risque » (ISO / CEI Guide 73, 2002)

L'estimation du risque peut être effectuée de manière semi-quantitative à partir :

- D'un niveau de probabilité que le dommage survienne,
- D'un niveau de gravité de ce dommage.

1.2.4.2. Évaluation de l'acceptabilité des risques :

L'évaluation des risques est une procédure de classification de l'acceptabilité de ces risques en fonction des fréquences d'occurrence, gravités, expositions, etc.

Nombreux auteurs ont apporté une définition d'évaluation des risques :

Tableau 3 : Définition d'évaluation des risques

SOURCE	Définitions
(Larousse, 2005)	Évaluation: Action d'évaluer, de déterminer la valeur de quelque chose : Faire l'évaluation d'une fortune, d'une distance.
(HMSO, 1995)	Traite de la détermination de la signification des risques estimés pour ceux qui en sont affectés.
(AQS-GT OORS, Mars 1996)	Attribution d'une valeur comparative à une grandeur complexe selon des modalités opératoires spécifiées. Note : la méthodologie d'évaluation constitue un amont incontournable des progrès du management de la sécurité d'entreprise car toute décision raisonnable exige des évaluations comparatives entre les voies possibles.
(GT Aspects sémantiques du risque, 1997)	Démarche formalisée qui comprend les étapes suivantes : Identification du risque, quantification du risque (probabilité et dommages), mise en perspective du risque.
(GT Méthodologie, 2003)	Signification ou "valeur" attribuée au risque estimé par les personnes concernées, en tenant compte de la perception qui en est faite ; cette estimation ou évaluation du risque est souvent réalisée selon deux composantes, la probabilité et les conséquences potentielles d'un risque, par exemple sur une grille de criticité.

CHAPITRE 1 : La gestion des risques

(ISO/CEI Guide 73, 2002) (AQS-GT OORS, Mars 1996)	Processus de comparaison du risque estimé avec des critères de risque donnés pour déterminer l'importance du risque. La comparaison peut être menée par rapport à un référentiel préétabli dans l'objectif de permettre la prise de décision vis-à-vis de l'acceptation du risque ou de la nécessité de son traitement. Elle peut considérer le coût, les avantages, les préoccupations des parties prenantes, et d'autres variables requises selon le cas pour l'évaluation du risque.
--	---

Les avantages du processus d'évaluation des risques sont :

- Compréhension du risque et de son impact potentiel sur les objectifs de l'établissement.
- Apport d'informations sur la prise de décision ;
- Aide à l'établissement de priorités (outils de gestion) ;
- Identification des principaux facteurs de risque des systèmes, processus et installations de l'établissement ;
- Satisfaction aux exigences réglementaires ;
- Communication sur les risques (interne et externe).

1.2.4.3. Maîtrise des risques :

La maîtrise des risques (Risk control) est un processus conduisant à évaluer et choisir l'une des différentes possibilités de réduction ou de transfert des risques ; C'est d'une manière générale l'ensemble des actions de mise en œuvre des décisions de la gestion des risques visant à les ramener sous le seuil d'acceptabilité.

Nombreux auteurs ont apporté une définition de la maîtrise des risques :

Tableau 4 : Définition maîtrise des risques

SOURCE	Définitions
(Larousse, 2005)	Maîtrise: Possibilité d'agir sur quelque chose; fait de le dominer techniquement, intellectuellement, scientifiquement. Sûreté de l'exécution dans un domaine technique ou artistique.
(GT Aspects Sémantiques du Risque, 1997)	Ensemble des disciplines concourant à la réduction et au contrôle du risque, incluant l'évaluation et la gestion du risque.

(ISO/CEI
Guide 73,
2002)

Actions de mise en œuvre des décisions de management du risque. La maîtrise du risque peut impliquer la surveillance, la réévaluation et la mise en conformité avec les décisions.

1.2.4.4. Réduction du risque :

La réduction des risques est l'ensemble des actions entreprises en vue de diminuer la gravité des conséquences (protection), les probabilités d'occurrence (prévention) ou les deux en même temps. Ça pourrait concerner la réduction des temps d'exposition et la multiplication des possibilités d'évitement des situations dangereuses.

Remarque :

Les niveaux d'intégrité de la sécurité (SIL : Safety Integrity Level) définissent le niveau de réduction du risque nécessaire à atteindre un niveau de risque résiduel acceptable (NF EN 61508, Décembre 1998).

✓ Protection :

Technique visant à limiter l'étendue et/ou la gravité des conséquences d'un accident sur les cibles vulnérables. Pour cela on peut soit renforcer la défense des cibles, soit réduire la dangerosité des sources de danger.

✓ Prévention :

Ensemble de méthodes, de techniques et de mesures prises en vue de réduire la probabilité qu'un événement redouté ne se produise. Ces méthodes relèvent de la surveillance, la formation, la réglementation, la répartition des responsabilités, etc.

1.2.4.5. Transfert de risque :

Hormis la réduction des risques, la maîtrise des risques contient les actions de transfert de risque vers un autre acteur, par exemple, en faisant appel à un assureur qui, par effet de masse, est capable de supporter des risques forts.

1.3. Méthodes d'analyses de risques

1.3.1. Objectifs :

Apprécier le niveau de dangerosité (risques et conséquences) d'une installation.

Diminuer les risques techniques à la source pour :

- assurer et améliorer en continu :

- La protection de l'exploitant
- La protection de l'environnement et des populations
- La qualité de la production
- La fiabilité de l'outil
- Se conformer à la réglementation en vigueur
- Faire des investissements appropriés au niveau de risque

1.3.2. Classification des méthodes d'analyse de risque :



Figure 2 : Approches d'analyse de risque

1.3.2.1. Approche déterministe :

L'approche déterministe a généralement été adoptée dans les domaines à **haut risque** tels que nucléaire, militaire, transports guidés, où le moindre risque significatifs est traqué et réduit à la source. Elle consiste à recenser les événements pouvant conduire à un scénario d'accident en recherchant le pire cas possible et en affectant une gravité extrême à ses conséquences potentielles.

1.3.2.2. Approche probabiliste :

L'approche probabiliste fait intervenir le calcul de probabilités relatives à l'occurrence d'événements faisant partie du processus de matérialisation d'un scénario d'accident donné

1.3.3. Méthodes qualitatives vs. Méthodes quantitatives :



Figure 3 : Typologie des méthodes d'analyse de risque.

A. Méthodes quantitatives :

Les analyses quantitatives sont supportées par des outils mathématiques ayant pour but d'évaluer la sûreté de fonctionnement et entre autres la sécurité. Cette évaluation peut se faire par des calculs de probabilités (par exemple lors de l'estimation quantitative de la probabilité d'occurrence d'un événement redouté) ou bien par recours aux modèles différentiels probabilistes tels que les Chaines de Markov, les réseaux de pétri, les automates d'états finis, etc.

B. Méthodes qualitatives :

L'APR, l'AMDEC, l'Arbre de Défaillances ou l'Arbre d'Événements restent des méthodes qualitatives même si certaines mènent parfois aux estimations de fréquences d'occurrence avant la classification des risques.

1.3.4. Choix des outils d'analyse des risques :

Il existe un grand nombre d'outils dédiés à l'identification des dangers et des risques associés à un procédé ou une installation et le choix de retenir un outil particulier d'analyse des risques s'effectue à partir de son domaine d'application et de ses caractéristiques; dont il y'a deux types d'approches en vue d'analyser les risques :

A. Approche inductive :

Une défaillance ou une combinaison de défaillances est à l'origine de l'analyse. Il s'agit alors d'identifier les conséquences de cette ou ces défaillances sur le système ou son environnement. On dit généralement que l'on part des causes pour identifier les effets.

CHAPITRE 1 : La gestion des risques

Les principales méthodes inductives utilisées dans le domaine des risques accidentels sont :

- ✚ APR : l'Analyse Préliminaire des Risques,
- ✚ AMDEC : l'Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leurs Criticité,
- ✚ HAZOP : HAZard and OPERability study ou étude de sécurité sur schémas de circulation des fluides
- ✚ L'analyse par arbre d'évènement
- ✚ Noeud papillon
- ✚ MADS- MOSAR (Méthode Organisée Systémique d'Analyse des Risques)

B. 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 remonter aux causes.

Les principales méthodes déductives :

- ✚ L'arbre des défaillances
- ✚ L'arbre des causes

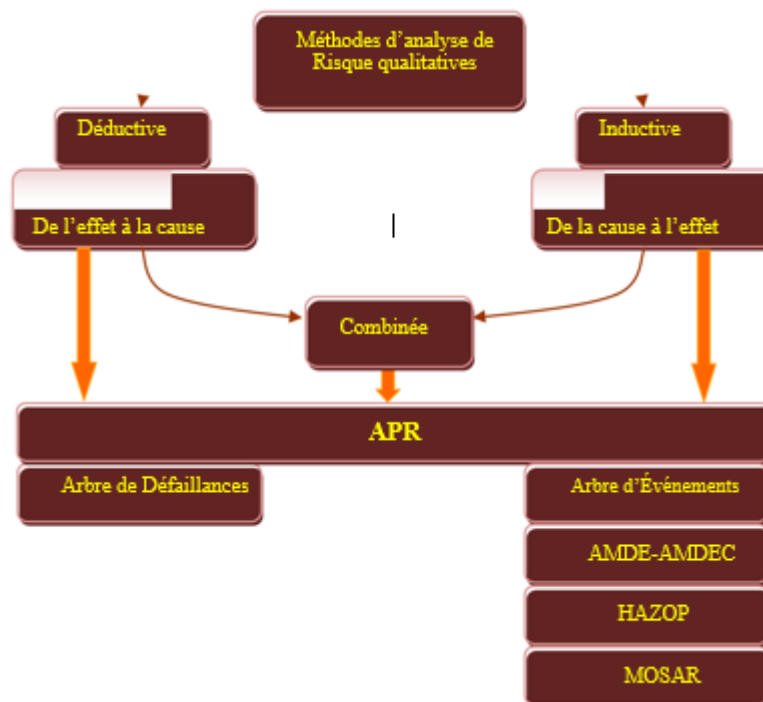


Figure 4 : Classification des principales méthodes d'analyse de risque qualitatives

1.3.5. Panorama des méthodes d'analyse de risque :

Nous allons présenter dans cette section un échantillonnage de l'ensemble des méthodes d'analyse de risque. Chacune d'entre elle sera présentée brièvement.

a. L'Analyse Préliminaire de Risque - APR / Analyse Préliminaire de Danger – APD (Preliminary Hazard Analysis –PHA) :

L'analyse Préliminaire de Risque (Danger) a été développée au début des années 1960 dans les domaines aéronautique et militaire.

Selon la norme CEI-300-3-9 (CEI 300-3-9, 1995): « L'APR est une technique d'identification et d'analyse de la fréquence du danger qui peut être utilisée lors des phases amont de la conception pour identifier les dangers et évaluer leur criticité ».

Le but consiste à identifier les entités dangereuses d'un système, puis à regarder pour chacune d'elles comment elles pourraient générer un incident ou un accident plus ou moins grave suite à une séquence d'événements causant une situation dangereuse.

Pour identifier les entités et les situations dangereuses susceptibles d'en découler, l'analyste est aidé par des listes de contrôles (check-lists) d'entités dangereuses, de situations dangereuses et d'événements redoutés. Ces check-lists sont spécifiques au domaine d'étude concerné.

Comme son nom l'indique, cette méthode n'est pas destinée à traiter en détail la matérialisation des scénarios d'accident, mais plutôt à mettre rapidement en évidence les gros problèmes susceptibles d'être rencontrés pendant l'exploitation du système étudié.

Cependant, l'APR peut aussi et même doit être complétée par la plupart des analyses de risques fonctionnelles telles que l'AMDEC ou l'Arbre de Défaillances.

Le tableau ci-dessous est donc donné à titre d'exemple :

Tableau 5 : Exemple de tableau de type « APR »

	Fonction ou système :						
	2	3	4	5	6	7	8
N °	Produit ou Équipement	Situation de Danger	Causes	conséquences	Sécurité existante	Propositions d'amélioration	Observation

b. Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets - AMDE /et de leur Criticité - AMDEC (Failure Modes, and Effects Analysis - FMEA / Failure Modes, Effects, and Criticality Analysis - FMECA) :

L'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 industriels. L'AMDEC est l'extension de l'étude AMDE quand il est question d'évaluer la criticité des défaillances.

Selon la norme CEI-300-3-9 (CEI 300-3-9, 1995), l'AMDE est une technique fondamentale d'identification et d'analyse de la fréquence des dangers qui analyse tous les modes de défaillances d'un équipement donné et leurs effets tant sur les autres composants que sur le système lui-même.

Cette analyse vise d'abord à identifier l'impact de chaque mode de défaillance des composants d'un système sur ses diverses fonctions et ensuite hiérarchiser ces modes de défaillances en fonction de leur facilité de détection et de traitement.

L'AMDE(C) traite des aspects détaillés pour démontrer la fiabilité et la sécurité d'un système. Elle contient 4 parties primaires :

1. Identification des modes de défaillance.
2. Identification des causes potentielles de chaque mode.
3. Estimation des effets engendrés.
4. S'il s'agit d'une AMDEC : Évaluation de la criticité de ces effets.

L'analyse commence toujours par l'identification des défaillances potentielles des modes opérationnels. Elle se poursuit, par des inductions afin d'identifier les effets potentiels de ces défaillances (situation dangereuse, événement dangereux et dommages). Une fois les effets potentiels établis, on estime le risque on spécifie les actions de contrôle. Le tableau ci-dessous est donc donné à titre d'exemple :

CHAPITRE 1 : La gestion des risques

Tableau 6 : Exemple de tableau de type « AMDEC »

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Equipment Repéré	Fonction États	Mode de Défaillance	Causes de défaillance	Effet Local	Effet final	Moyens de détection	Dispositifs de Remplacement	P	G	Remarque

c. Hazard and Operability Study (HAZOP):

La méthode HAZOP a été développée par la société « Imperial Chemical Industries (ICI) » au début des années 1970. Elle sert à évaluer les dangers potentiels résultants des dysfonctionnements d'origine humaine ou matérielle et aussi les effets engendrés sur le système.

L'objectif de cette méthode est d'identifier les phénomènes dangereux qui mènent à des événements dangereux lors d'une déviation des conditions normales de fonctionnement d'un système.

L'HAZOP n'a pas pour but d'observer les modes de défaillances à l'image de l'AMDE mais plutôt les dérives potentielles des principaux paramètres liés à l'exploitation de l'installation.

Lorsqu'une déviation est identifiée, l'analyse tente d'identifier les conséquences qui en découlent. Les déviations potentiellement dangereuses sont ensuite hiérarchisées en leur associant des actions de contrôle allouées. La méthode se termine par l'investigation des causes potentielles des déviations jugées crédibles.

De manière générale, les paramètres sur lesquels porte l'analyse sont observables, quantifiables et comparables. Par exemple la vitesse, la température, la pression, le débit, le niveau, le temps, etc.

La combinaison de ces paramètres avec des mots clés prédéfinis (plus que, moins que, pas de, etc.) se fait de la manière suivante :

« Plus de » et « Pression » = « Pression trop haute »

« Pas de » et « Niveau » = « Capacité vide ».

CHAPITRE 1 : La gestion des risques

Dans le cas où une estimation de la criticité est nécessaire, HAZOP peut être complétée par une analyse quantitative simplifiée.

Le tableau ci-dessous est donc donné à titre d'exemple :

Tableau 7 : Exemple de tableau de type « HAZOP »

Nœud	Paramètres	Déviation	Causes	Conséquences	Avant Réduction			Protection	Après réduction			Recommandations
					G	P	R		G	P	R	

d. What-If Analysis :

« What-if est une forme dérivée de HAZOP, dont l'objectif est d'identifier les phénomènes dangereux régissant le fonctionnement d'un système.

La méthode consiste à réaliser un *brainstorming* partant généralement de situations dangereuses ou d'événements dangereux imaginés, en essayant de répondre à la question :

« *Qu'arrive-t-il si tel paramètre ou tel comportement n'est pas nominal ?* ». Ceci va permettre d'identifier les effets provoquant des dommages.

e. Analyse par Arbre de Défaillances, Arbre de Causes ou Arbre de Fautes (Fault Tree Analysis - FTA) :

L'analyse par Arbre de Défaillances a été élaborée au début des années 1960 par la compagnie américaine « Bell Téléphone ». Elle fut expérimentée pour l'évaluation de la sécurité des systèmes de tir de missiles. Elle est employée pour identifier les causes relatives aux événements redoutés. En partant d'un événement unique, il s'agit de rechercher les combinaisons d'événements conduisant à la réalisation de ce dernier. L'analyse par Arbre de Défaillances peut également être poursuivie dans le cadre d'une reconstitution des causes d'un accident.

La méthode consiste en une représentation graphique des multiples causes d'un événement redouté. Elle permet de visualiser les relations entre les défaillances d'équipement, les erreurs humaines et les facteurs environnementaux qui peuvent conduire à des accidents. On peut donc éventuellement y inclure des facteurs liés aux aspects organisationnels.

L'analyse par Arbre de Défaillances se déroule généralement en 3 étapes :

- Spécification du système et de ses frontières.
- Spécification des événements redoutés préalablement identifiés par exemple par APR.
- Construction des arbres de défaillances : On cible les événements redoutés un par un et on essaye d'identifier les successions et les combinaisons d'événements de base permettant de les atteindre.

Toutefois, un événement de base doit répondre à un certain nombre de critères, en l'occurrence :

- Il doit être indépendant des autres événements de base.
- Il ne doit pas être décomposable en éléments plus simples.
- Il doit avoir une fréquence évaluable.

Le calcul de la probabilité de l'événement sommet se fait à travers la propagation des probabilités d'occurrence des événements de base vers le sommet. Le calcul des coupes minimales peut s'effectuer avec le même principe en essayant cette fois-ci de trouver les plus petits ensembles d'événements de base pouvant mener à un événement redouté. Ceci permettrait de hiérarchiser les événements et d'implanter stratégiquement les barrières de défense afin d'améliorer la fiabilité et la sécurité en même temps.

Une coupe minimale représente la plus petite combinaison d'évènements (chemin critique) pouvant conduire à un événement indésirable (intermédiaire) ou redouté (final). Plus l'ordre d'une coupe minimale est petit, plus l'occurrence de l'événement final suivant ce chemin critique peut paraître probable.

L'affectation des probabilités des événements de base se fait par extraction des bases de données, essais, retour d'expérience (REX), jugement d'experts, audits, etc.

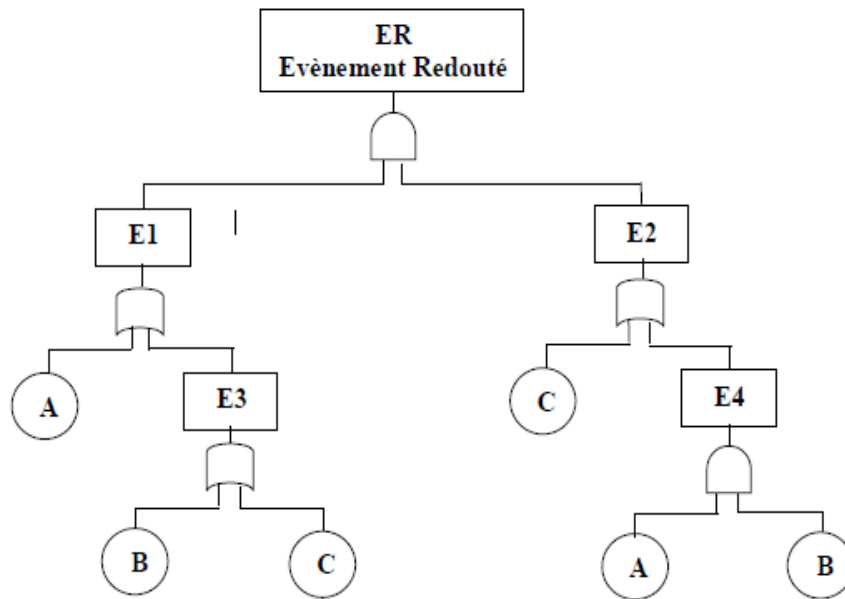


Figure 5 : Exemple Arbre des défaillances

f. Analyse par Arbre d'Évènements (Event Tree Analysis - ETA) :

L'analyse par Arbre d'Évènements a été développée au début des années 1970 pour l'évaluation du risque lié aux centrales nucléaires.

C'est une technique d'identification et d'analyse de la fréquence des dangers moyennant un raisonnement inductif pour convertir différents événements initiateurs en conséquences éventuelles relatives au fonctionnement ou à la défaillance des dispositifs techniques/humains/organisationnels de sécurité.

À l'inverse de l'analyse par Arbre de Défaillances, l'analyse par Arbre d'Évènements suppose la défaillance d'un composant ou d'une partie du système et s'attache à déterminer les événements qui en découlent.

L'analyse par Arbre d'Évènements se déroule en plusieurs étapes préliminaires :

- Considération d'un événement initiateur.
- Identification des fonctions de sécurité prévues pour contrôler son évolution.
- Construction de l'arbre.
- Description et exploitation des séquences d'évènements identifiées.

Il serait plus pertinent d'élaborer un Arbre d'Évènements à l'issue d'une première analyse identifiant les accidents potentiels à l'image de l'APR.

CHAPITRE 1 : La gestion des risques

Les fonctions de sécurité doivent être assurées par des barrières ayant pour objectif d'empêcher le processus de matérialisation d'un accident provoqué par un événement initiateur.

La construction de l'arbre consiste à envisager soit le bon fonctionnement soit le dysfonctionnement de la première fonction de sécurité en partant de l'événement initiateur.

La suite de la méthode consiste à examiner le développement de chaque branche en considérant systématiquement le fonctionnement ou la défaillance de la fonction de sécurité jusqu'à l'atteinte d'un accident potentiel. La propagation des probabilités d'occurrence des événements initiateurs permet de calculer la probabilité de l'évènement redouté.

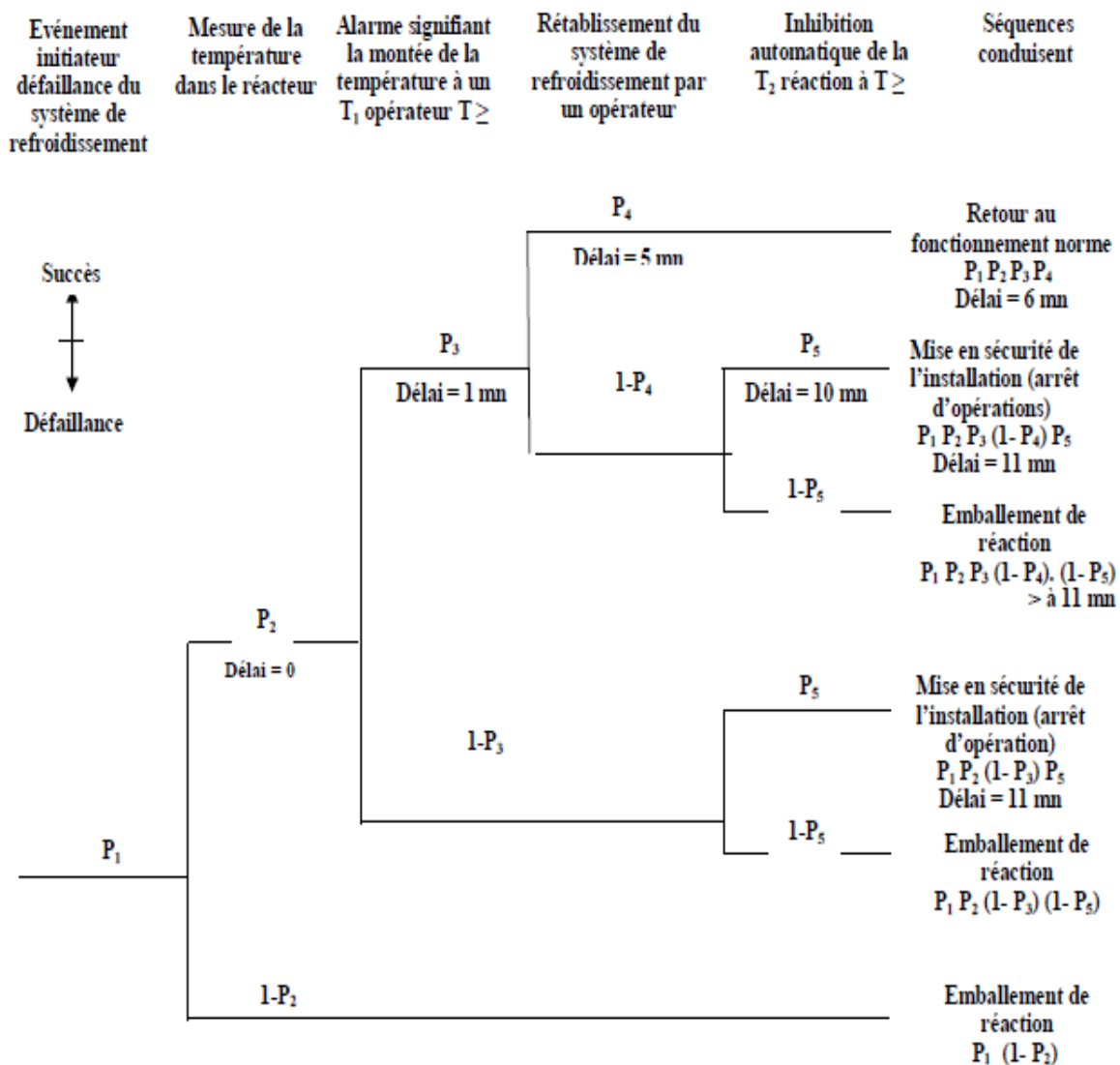


Figure 6 : Exemple Arbre d'Évènements.

g. Nœud papillon (Bowtie Model) :

Le « Nœud Papillon » est une approche arborescente développée par SHELL. Il permet de considérer une approche probabiliste dans le management du risque.

Le nœud papillon est une connexion d'un Arbre de Défaillances et d'un Arbre d'Évènements, généralement établie lorsqu'il s'agit d'étudier des événements hautement critiques.

Le point central du Nœud Papillon est l'« Événement Redouté Central ». Généralement, ce dernier désigne une perte de confinement ou une perte d'intégrité physique (décomposition). La partie gauche sert à identifier les causes de cette perte de confinement, tandis que la partie droite du nœud s'attache à déterminer les conséquences de cet événement redouté central (INERIS-DRA, 2003)

Chaque scénario d'accident est relatif à un événement redouté central et est représenté à travers un chemin possible allant des événements indésirables ou courants jusqu'à l'apparition des effets majeurs.

Un Nœud Papillon est généralement précédé par une analyse de risque plus générique de type APR ou What-If.

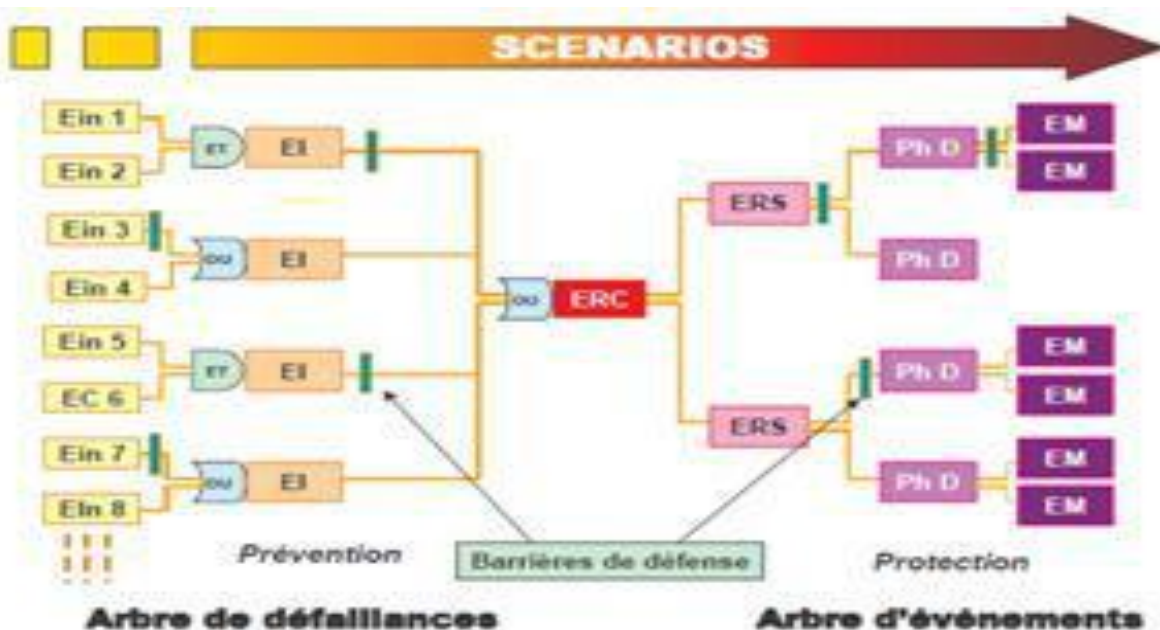


Figure 7 : Exemple nœud de papillon.

h. Analyse de la fiabilité humaine (Human Reliability Analysis) :

HRA traite l'impact des facteurs humains sur la qualité de fonctionnement du système. Elle peut être employée afin d'évaluer l'influence des erreurs humaines sur la sécurité.

L'erreur humaine (Mistake, Human error) est définie dans la norme CEI 50(191) (CEI 50(191)), 1990) comme une : « *action humaine qui produit un résultat différent de celui qui est recherché* ». Selon la même norme : « une erreur est un écart ou discordance entre une valeur ou une condition calculée, observée ou mesurée, et la valeur ou la condition vraie, prescrite ou théoriquement correcte ».

L'humain est souvent perçu comme le maillon faible d'un système socio-technique malgré que l'action humaine dans certaines situations demeure la meilleure si ce n'est la seule défense permettant d'éviter qu'une défaillance n'entraîne un accident.

La technique HRA comporte 3 étapes principales : l'analyse de la tâche, l'identification de l'erreur humaine et la quantification de la fiabilité humaine. La deuxième étape est la plus longue et nécessite le plus d'efforts.

J. Reason, (Reason & Parker, 1993) psychologue d'origine, est l'un des précurseurs ayant considéré l'erreur humaine en tant que défaillance organisationnelle. Selon lui, les erreurs humaines peuvent être classées en trois catégories : niveau comportemental, niveau contextuel et niveau conceptuel,

J. Reason (Reason & Parker, 1993), défend l'idée de focaliser sur la surveillance proactive des barrières de défense afin de traquer les erreurs latentes. Cependant, cette approche est intéressante pour des barrières techniques, car s'agissant de la 1^{ème} catégorie (niveau comportemental), on passe de la psychologie proprement dite à la sociologie des organisations voire même à la psycho-sociologie (INERIS-DRA, 2003).

i. Modèle de danger MADS :

Le modèle MADS (Méthodologie d'Analyse de Dysfonctionnement des Systèmes) est une conceptualisation d'une approche systémique du risque d'accident. Le danger est représenté comme un ensemble de processus conduisant à un processus principal représentant le flux de danger pouvant être généré par un système source de danger.

Selon B. Saoulé (Saoulé, 2002) : « Le flux de danger peut être constitué d'énergie, de matière ou d'information. Il est généré par un événement (ou processus) initiateur d'origine interne ou externe. Ceci se déroule en plusieurs phases, d'abord l'occurrence d'un facteur de

déclenchement (événement initiateur) qui génère un flux de danger entre les constituants du système global faisant de l'un d'eux une source et d'un autre une cible de danger. Un Événement Non Souhaité (ENS) se produit alors et peut générer un dommage subi par la ou les cibles, qui peut être de surcroît accru par un processus renforçateur ».

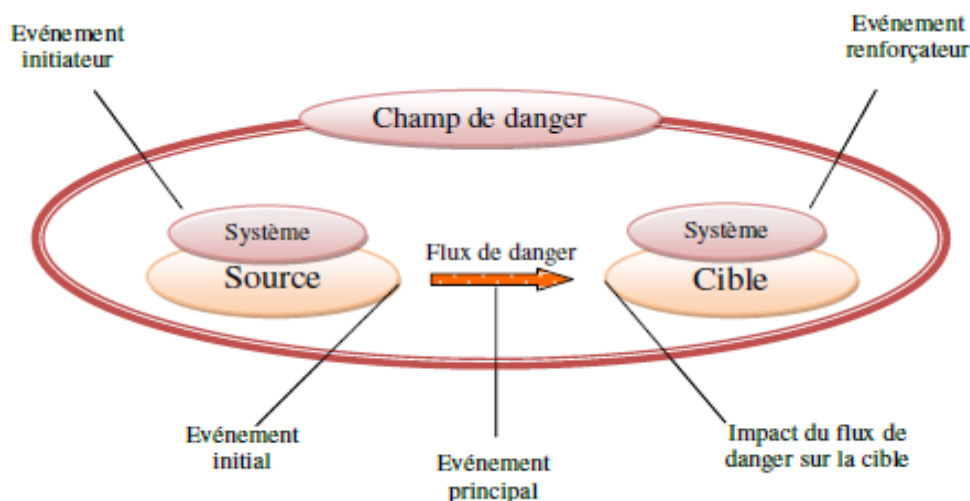


Figure 8 : Processus de danger du modèle MADS

Le modèle MADS permet de mettre en relation un système source et un système cible par l'intermédiaire des flux de danger dans un environnement dit « champ de danger ».

j. La méthode MOSAR :

La méthode MOSAR (Méthode Organisée et Systémique d'Analyse des Risques) a été mise au point par Pierre PERILHON au CEA. Elle est utilisée dans divers domaines, en particulier dans l'étude des risques d'installations à hauts risques (nucléaire, chimique, etc.). En effet, la méthode a été effectivement appliquée dans le domaine nucléaire et notamment à EDF (Centres de recherches et d'essais) et au CEA (Installations d'essais).

MOSAR contient deux modules hiérarchiques, un module macro « module 'A' » et un module micro « module 'B' ».

Le module 'A' a pour but d'identifier les dysfonctionnements techniques et opératoires provoquant un événement indésirable. Les scénarios d'accident sont examinés d'une manière macroscopique, autrement dit, sans traiter en détail des aspects fonctionnels du système et de ses interfaces. Principalement, le module 'A' se décompose en 6 étapes :

- Modélisation de l'installation.
- Identification des sources de danger.

- Identification des scénarios d'accident.
- Évaluation des scénarios de risque.
- Négociation des objectifs.
- Définition des moyens de maîtrise des risques.

Le module 'A' s'appuie essentiellement sur le modèle MADS dans la phase d'identification des sources, flux et cibles de dangers ainsi que les différents événements du processus de danger.

Le module B de la méthode MOSAR qui se présente d'ailleurs comme une suite logique du module A. Il permet d'effectuer une analyse plus détaillée des dysfonctionnements techniques et opératoires et aussi de l'impact qu'ils pourraient engendrer sur le système global. Ce module se décompose en 5 étapes :

- Identification des risques de dysfonctionnement.
- Évaluation des risques en constituant des Arbres de Défaillances.
- Négociation des objectifs précis de maîtrise des risques.
- Affinement des moyens complémentaires de maîtrise des risques.
- Gestion des risques.

L'**annexe-I** mentionne les méthodes d'analyse de risque appropriées pour une situation particulière portant sur une activité, un procédé, une installation ou une tâche. En fonction de la complexité du problème et du niveau de détail requis, ces outils peuvent être pris individuellement ou combinés.

1.3.6. Propriétés des méthodes d'analyse de risque :

1.3.6.1. Avantages généraux des méthodes d'analyse de risques :

A. Identification systématique des composantes du risque :

Les différentes situations dangereuses, événements redoutés, causes, conséquences, ou accidents potentiels ; tous ces éléments sont identifiés d'une manière méthodologique et présentés dans une forme tabulaire à l'image de l'APR et l'AMDEC, ou arborescente à l'image de l'Arbre de Défaillances ou d'événements.

B. Communication des risques :

La communication des risques englobe l'échange et le partage d'informations concernant les risques entre le décideur et d'autres parties prenantes. Les informations peuvent concerner

l'existence, la nature, la forme, la probabilité, la gravité, l'acceptabilité, le traitement, ou d'autres aspects du risque (ISO / CEI Guide 73, 2002).

L'analyse de risque représente un support très efficace d'étude et de communication des risques.

C. Complémentarité :

Les méthodes d'analyse de risque sont complémentaires. On peut même interconnecter les résultats (sorties) des unes aux données (entrées) des autres à l'image du nœud papillon. Par exemple, l'APR peut être complétée par une AMDEC ou une étude HAZOP, en faisant porter l'étude cette fois-ci sur les éléments importants pour la sécurité (parties critiques) du système. Ensuite on peut procéder à des études encore plus fines des événements critiques par Arbre de Défaillances ou d'événement ou des deux à la fois à travers un modèle en nœud papillon.

1.3.6.2. Comparaison des méthodes d'analyse de risques étudiées :

What-if est dérivée de la méthode HAZOP qui est à son tour une forme de l'analyse AMDE. HAZOP est employée spécialement dans le domaine de l'industrie chimique. Elle permet de décider si les écarts de la spécification par rapport à la conception peuvent donner lieu à des dangers ou à des problèmes de faisabilité. Cette méthode est particulièrement utile pour identifier des dangers non prévus pouvant être induits lors de la phase de conception (manque d'informations, modifications des conditions de processus ou des procédures de fonctionnement).

L'AMDE est une méthode inductive qui tient compte des modes de défaillances de chaque composant pris séparément. De ce fait, ses résultats peuvent être difficilement vérifiés par une personne ne maîtrisant pas le système. L'AMDEC, qui est une extension de l'AMDE intègre la notion d'estimation d'occurrence.

Les principaux inconvénients de ces deux dernières méthodes sont la difficulté de traiter la redondance et l'intégration des actions de remise en état. Ainsi l'accent est mis sur des défaillances de composant unique.

Une autre difficulté spécifique aux AMDEC concerne le calcul de la fréquence d'occurrence de la défaillance d'un composant faisant partie d'un système.

En ce qui concerne l'analyse par Arbre d'Événements, elle peut être employée pour identifier les conséquences possibles, et si nécessaire, leurs fréquences du fait de l'apparition d'un événement initiateur. Cette méthode est fréquemment utilisée dans les installations

munies de dispositifs de sécurité intégrés. La démarche inductive de l'analyse consiste à répondre à la question fondamentale « qu'arrive-t-il si ... ? ». Cependant, la difficulté majeure relève essentiellement de l'identification des événements initiateurs. En outre, les Arbres d'Événements traitent uniquement des états de succès et d'échec d'un système et il est difficile d'y intégrer des événements de succès ou de récupération différés ; ce qui est indispensable s'agissant de systèmes non-cohérents.

1.3.6.3. Critères de choix d'une méthode d'analyse de risque

Nous avons retenu l'essentiel des critères pesant dans la mise en œuvre d'une méthode plutôt qu'une autre dans l'étude d'un système donné :

- Domaine de l'étude.
- Stade de l'étude (spécification, conception, ..., démantèlement).
- Perception du risque dans ce domaine.
- Culture de la Sûreté de Fonctionnement de l'organisation.
- Caractéristiques du problème à analyser.
- Niveau envisagé de la démonstration de la sécurité.
- Savoir-faire des intervenants.
- Nature des informations disponibles (spécifications du système et de ses interfaces, contraintes, etc.).
- Retour d'expérience et base de données disponibles.
- Moyens humains, logistiques et autres.
- Délais et autres contraintes de management de projet.

Toutefois, l'utilisation séparée d'une seule méthode d'analyse de risque peut ne pas apporter une démonstration définitive de la réalisation des objectifs de sécurité. En effet, il est nécessaire de combiner plusieurs méthodes pour une meilleure complétude et une bonne cohérence en termes de résultats.

1.4. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons essayé de mieux relier le concept d'analyse des risques à d'autres activités de gestion des risques. Nous avons d'abord précisé le lien indissociable entre ces deux notions à travers un grand nombre de définitions, issues principalement des normes et parfois des travaux de l'équipe de recherche. Ensuite, nous avons rapidement présenté les principales méthodes d'analyse des risques. Après avoir essayé de tester les avantages généraux des méthodes d'analyse des risques, nous avons trouvé intéressant de pouvoir les comparer entre elles, et enfin nous avons avancé un certain nombre de critères pour choisir la méthode de recherche la plus adaptée.

Dans le chapitres suivants nous reviendrons avec plus de détail à la terminologie en matière d'analyse des risques, le processus d'analyse des risques et à l'analyse des risques par l'application de la méthode **HAZOP/SIL**.

CHAPITRE 2 :

ANALYSE DES RISQUES

2.1. Introduction :

Les sites industriels et les unités de productions ont subi différents phénomènes dangereux. Qui produisent des blessures graves pouvant être mortelles, des destructions au niveau des installations et des dommages pour l'environnement. Pour cela nous devons donner une importance considérable à la mise en place des moyens de protection et de prévention, pour éviter que ces phénomènes ne se produisent.

L'analyse des risques est le cœur de toute étude de danger. Pour cela la première étape de l'analyse des risques d'une activité est la recherche des situations à risque pouvant conduire à l'événement redouté préjudiciable à sa poursuite, en utilisant des outils et des méthodes maintenant prouvées.

La détermination des scénarios est une étape capitale dans le processus de la gestion des risques. Pour ce faire, le système « siège du danger » est modélisé et analysé pour définir comment son fonctionnement peut conduire à des dérives par rapport à l'intention de son concepteur.

L'HAZOP est l'outil adéquat (Crowl, 2001), qui répond à notre premier besoin, c'est-à-dire l'identification des scénarios et surtout les événements initiateurs qui mènent à la survenance d'accidents.

Les équipements ou systèmes qui sont inclus dans ces unités, appelés barrières de sécurité, sont implantés dans les process industriels dans le but d'assurer le fonctionnement en sécurité. Il est important que ces barrières répondent aux exigences de certaines normes et certains niveaux de performance. Pour cela en utilisant la Méthode des *graphes de risques* pour déterminer le niveau d'intégrité de sécurité *SIL*.

2.2. Cadre réglementaire de l'analyse des risques :

L'analyse des risques s'inscrit dans le cadre d'une étude de dangers, l'enjeu réglementaire est de se maintenir en conformité avec la réglementation en vigueur.

Cette réglementation définit en termes limites, mesures, plans, programmes. Le constat de non-conformité ayant des conséquences économiques (arrêt de production, amende, travaux de mise en conformité, retrait de l'autorisation d'exploitation etc.) et des conséquences stratégiques (perte de confiance des partenaires financiers, économiques et institutionnels de l'entreprise, dégradation de l'image de marque auprès du public, etc.), L'analyse des risques

qu'on a réalisée, est rentrée dans le cadre de l'élaboration des études de danger, dont on se réfère aux textes suivants :

- Décret exécutif n° 07-144 du 19 mai 2007 fixant la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement

- Décret exécutif n° 06-198 du 31 mai 2006 définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement

- Loi n° 05-07 du 28 avril 2005, promulguée le 19 juillet 2005, relative aux hydrocarbures.

- Loi n° 04-20 du 25 décembre relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable.

- Décret exécutif n°03-451 du 1 décembre 2003, définissant les règles de sécurité applicables aux activités portant sur les matières et produits chimique dangereux ainsi que les récipients de gaz sous pression

- Instruction Ministérielle R1 du 22 septembre 2003 relative à la maîtrise et la gestion des risques industriels impliquant des substances dangereuses

- Décret n° 90-245 du 18 août 1990, portant réglementation des appareils à pression de gaz

- Arrêté du 15 janvier 1986, fixant les limites du périmètre de protection autour des installations et infrastructures du secteur des hydrocarbures.

2.3. Sélection de la technique d'analyse de risque :

La méthode d'analyse de risque doit être cohérente avec les objectifs et les critères de risque développés dans le cadre de l'établissement du contexte.

Le choix d'une ou plusieurs techniques s'effectue sur base :

- Des objectifs de l'étude
- Du niveau de détail et de précision requis pour prendre une décision
- De la complexité du problème
- Du type de risque à analyser
- De la nature et de la phase du cycle de vie d'une installation
- De la disponibilité des documents nécessaires à l'exécution de l'étude (P&ID, MSDS, plans,...)
- Exigences réglementaires et contractuelles

2.4. Organisation de l'équipe de travail :

Les outils d'analyse de risque sont mis en œuvre dans le cadre d'un groupe de travail permettant de tendre vers un examen le plus exhaustif possible des situations comportant des risques (exemples, analyse de risque HAZOP, AMDEC, risques professionnels,...) .

L'équipe chargée des analyses de risque est *pluridisciplinaire*. Elle est composée de personnes travaillant au quotidien sur les installations/équipements/activités étudiées et ayant une connaissance approfondie des installations. (Gestion des risques, Procedure FERTAL , 2015)

La composition des participants contribuant sur les aspects techniques peut varier en fonction des objectifs de l'étude, du type d'installation étudiée et de la méthode appliquée. Une équipe technique est généralement composée des personnes suivantes :

- Responsable projet
- Personne chargée de la sécurité
- Personne spécialiste du procédé
- Personne chargée de la maintenance
- Spécialiste de l'automatisme/instrumentation des systèmes
- Opérateurs

2.5. Organisation de l'analyse de risques :

2.5.1. Planning :

Les éléments relatifs à la planification de l'analyse de risque sont listés ci- dessous :

- Dates des analyses et durée
- Salle disponible et matériel requis pour le bon déroulement des études
- Disponibilité des plans techniques (layout, PFD, P&ID, paramètres opératoires, plan de zonage ATEX, etc.)
- Membres de l'équipe requis pour chaque session (qui peuvent être externes ou internes à l'entreprise)
- Arrangements relatifs à la préparation du rapport (intermédiaire) et final
- Plan de suivi des actions.

2.5.2. Préparation, collecte des informations :

Cette seconde étape vise à collecter l'ensemble des informations pertinentes pour mener le travail d'analyse de façon efficace. En fonction du type d'analyse, ces informations peuvent comprendre :

- La description fonctionnelle de l'installation/processus/activité/tâche à étudier et de son environnement ;
- L'analyse des accidents survenus sur des installations, activité, tâche ou processus similaires (retour d'expérience) ;
- Les fiches de poste, groupes homogènes d'exposition (GHE) ;
- Les fiches de sécurité des substances dangereuses ;

Une attention particulière est portée sur l'utilisation des dernières révisions des documents utiles à l'exécution de l'analyse de risque. (Gestion des risques, Procédure FERTAL , 2015) .

2.6. Evaluation des risques :

L'évaluation des risques est le processus global d'identification, d'analyse et maîtrise. Les risques sont évalués au niveau de l'organisation, au niveau des unités, pour des projets, des activités individuelles ou des risques particuliers.

Les étapes distinctes du processus d'évaluation des risques d'une installation ou d'un projet sont ensuite explicitées dans les points suivants ainsi que présentées dans un logigramme dans l'**Annexe-II**.

2.7. Choix des méthodes d'analyse des risques utilisés dans notre étude :

Dans notre étude, on va utiliser, en premier lieu, la méthode HAZOP (HAZard and OPerability study), permet l'identification des causes et des conséquences possibles des dérives des paramètres de fonctionnement des instruments au niveau d'unité d'acide nitrique , et l'identification du niveau SIL requis des différents barrières de sécurité pour la maîtrise des risques liés à l'exploitation, dans le but d'assurer le fonctionnement en sécurité de l'unité au niveau du complexe de production d'acide nitrique- FERTIAL- Arzew.

2.7.1. Description de la méthode HAZOP :

2.7.1.1. Historique HAZOP :

La méthode HAZOP a été développée par la société Imperial Chemical Industries (ICI) au début des années 1970. Elle a depuis été adaptée dans différents secteurs d'activité. L'Union des Industries Chimiques (UIC) a publié en 1980 une version française de cette méthode dans son cahier de sécurité n°2 intitulé « Etude de sécurité sur schéma de circulation des fluides ».

Considérant de manière systématique les dérives des paramètres d'une installation en vue d'en identifier les causes et les conséquences, cette méthode est particulièrement utile pour l'examen de systèmes thermo hydrauliques, pour lesquels des paramètres comme le débit, la température, la pression, le niveau, la concentration... sont particulièrement importants pour la sécurité de l'installation.

De par sa nature, cette méthode requiert notamment l'examen de schémas et plans de circulation des fluides ou schémas PID (Piping and Instrumentation Diagram).

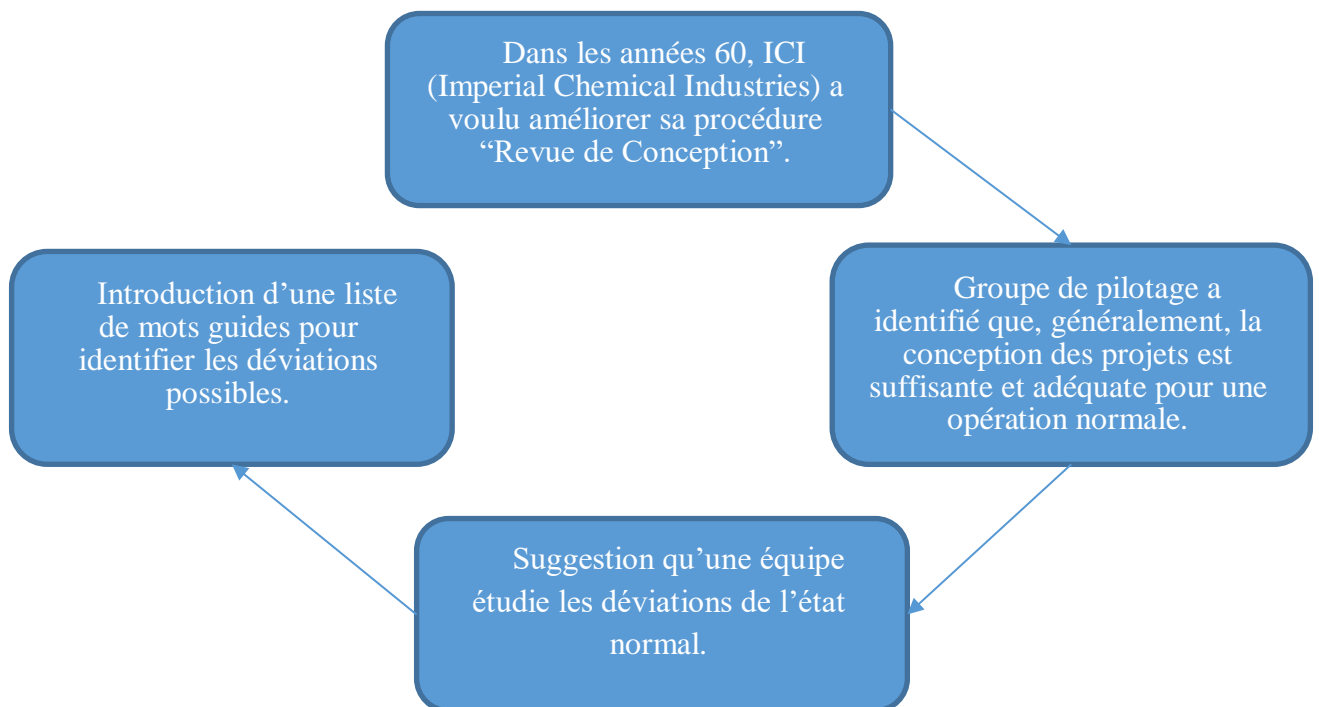


Figure 9 : Historique HAZOP

2.7.1.2. Définition et objectifs :

A. Définition :

Méthode HAZOP : « ... application d'un examen critique formel et systématique aux du procédé et de l'ingénierie d'une intentions installation neuve ou existante afin d'évaluer le potentiel de danger lié à la mauvaise utilisation, ou au mauvais fonctionnement, d'éléments d'équipement et leurs effets sur l'installation dans son ensemble... » .

B. Objectifs :

Une étude HAZOP est un processus d'identification détaillée des dangers et des problèmes d'exploitabilité, exécuté par une équipe. HAZOP s'attache à l'identification des déviations potentielles par rapport à l'intention de conception, à l'examen de leurs causes possibles et à l'évaluation de leurs conséquences.

Le but d'une étude HAZOP est en premier lieu d'identifier et d'évaluer les risques associés à un procédé de fabrication. L'objectif principal de cette analyse est de vérifier la conception du procédé afin d'identifier les déviations opératoires et les interactions de procédé qui pourraient conduire à des situations dangereuses ou des problèmes opératoires. Cette identification découle de l'identification des risques.

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

– « ... identification des problèmes potentiels d'exploitabilité posés par le système et, en particulier, l'identification des causes, des perturbations du fonctionnement et des déviations dans la production susceptibles d'entraîner la fabrication de produits non conformes... ».

2.7.1.3. Domaine d'application :

La méthode HAZOP est la méthode la plus répandue dans le monde pour la prévention des pertes.

Elle aborde et étudie, aussi bien les risques pour la sécurité et la santé des personnes, que les risques pour l'environnement ou les risques financiers.

Elle s'applique, ou peut s'appliquer, à de nombreux systèmes industriels dits « thermo hydrauliques » où des produits (liquides, gaz, solides) sont mis en mouvement dans des installations. Ces systèmes sont particulièrement adaptés car leur fonctionnement peut être

facilement caractérisé par des grandeurs physiques mesurables (T, P, débit...), ainsi que par des enchaînements d'opérations (automatiques ou manuelles). Les analyses de risques de type HAZOP sont requises par l'Administration lorsque des procédés présentent des risques majeurs.

2.7.1.4. Déroulement HAZOP :

La mise en œuvre de l'HAZOP nécessite la constitution d'un groupe de travail rassemblant autour d'un animateur, garant de la méthode, une équipe pluridisciplinaire ayant une connaissance approfondie de l'installation décrite sur des plans détaillés. La méthode consiste à décomposer le système considéré en sous-ensembles, appelés « noeuds », puis à l'aide de mots-clés, ou mots guides, spécifiques à la méthode, faire varier les paramètres du système par rapport à ses points de consignes, appelées « intentions de conception ».

On obtient ainsi une déviation dont l'équipe examinera les causes possibles et en déduira leurs conséquences potentielles pour l'ensemble du système, d'où l'emploi fréquent d'«analyse des déviations » pour caractériser la méthode HAZOP.

L'équipe se concentre alors sur les déviations conduisant à des risques potentiels pour la sécurité des personnes, des biens et de l'environnement. Elle examine et définit ensuite les actions recommandées pour éliminer, en priorité, la cause et/ou éliminer ou atténuer les conséquences.

L'analyse des déviations fait l'objet d'un enregistrement sous forme de tableaux des déviations, base indispensable pour la mise en place ultérieure des actions recommandées par le groupe de travail.

La méthode HAZOP conventionnelle comporte alors une estimation a priori de la probabilité d'apparition des déviations et de la gravité de leurs conséquences. On obtient une estimation semi quantitative du risque, se poursuivant par une évaluation permettant de définir l'acceptabilité ou non du risque. On qualifie alors la méthode HAZOP de «probabiliste» par rapport à l'approche originelle qualifiée de « déterministe ».

CHAPITRE 2 : Analyse des risques

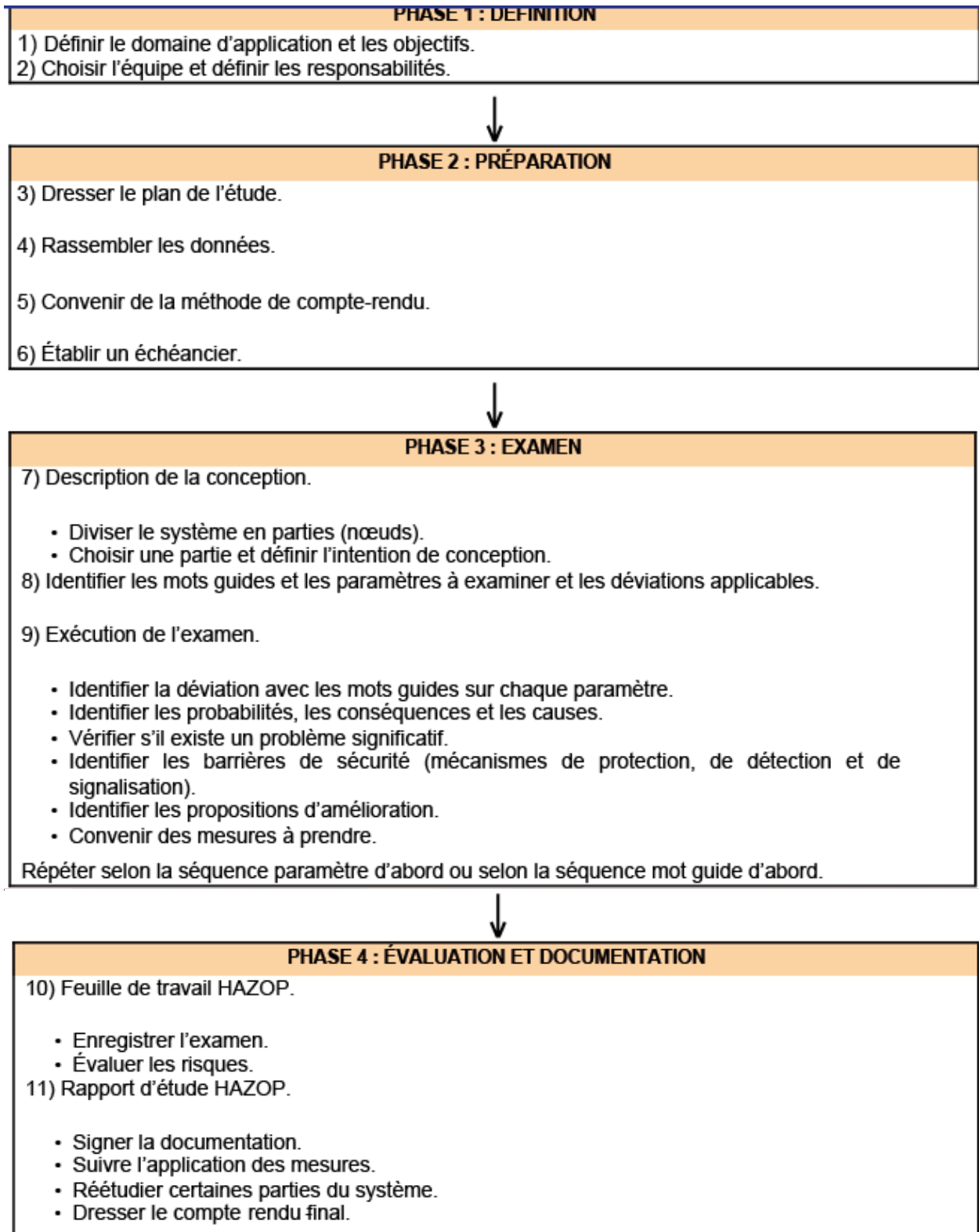


Figure 10 : Déroulement de la méthode HAZOP

A. Composition de l'équipe :

Les membres de l'équipe doivent être choisis pour leur connaissance des aspects techniques et opérationnels d'installations semblables à l'installation à l'étude ou de l'installation existante en cas d'extension ou revamping.

Un équipe typique d'un HAZOP est composée au minimum de :

- **Leader** : Personne avec expérience en ce qui concerne l'identification de risque et la méthodologie spécifique à utiliser.

- **Secrétaire** : Responsable de l'enregistrement des discussions à l'aide d'un logiciel adapté.

- Un représentant de la production
- Un représentant de la maintenance
- Un représentant de l'instrumentation
- Un représentant de HSE
- Un représentant de l'ingénierie

La composition finale de l'équipe, sera décidée par le leader selon son critère en fonction des caractéristiques de l'installation à analyser. À noter qu'il est conseillé pour des raisons d'opérativité et d'efficacité, de ne pas dépasser huit (8) personnes (leader et scribe inclus).

2.7.1.5. Qualitative ou non :

La méthode HAZOP originelle se limitait à l'identification des dangers et, pour ce faire, ne fait appel qu'à des notions qualitatives comme le montre **le tableau I**. En revanche, la méthode HAZOP peut devenir « semi-quantitative » dès lors que l'on fait apparaître les notions de probabilité d'occurrence et de gravité des conséquences. La séquence s'étend, et devient alors celle présentée au tableau :

CHAPITRE 2 : Analyse des risques

Tableau 8 : Méthode HAZOP originelle (déterministe).

Nœud	Paramètres	Déviations	Causes	Conséquences	Recommandation

Tableau 9 : Méthode HAZOP semi-quantitative (probabiliste).

Nœud	Paramètres	Déviations	Causes	Conséquences	Avant réduction			Protections	Après réduction			Recommandations
					G	P	R		G	P	R	

2.7.1.6. Procédure HAZOP :

A. La Méthodologie :

Une revue HAZOP consiste à analyser les déviations possibles d'une installation par rapport à une situation normale. L'analyse est menée sur la base des schémas de l'installation (P&ID), par un groupe de travail multidisciplinaire associant les concepteurs de l'installation et les exploitants futurs, en utilisant une méthode de type « brainstorming ».

La réflexion est guidée par une liste de mots guides, tels que « trop de », « pas de », etc., qui associés à des paramètres de procédé, tels que pression ou température, forment des dérives potentielles.

L'HAZOP permet d'identifier les dispositions de prévention des causes et de protection vis-à-vis des conséquences pour une déviation donnée et propose des améliorations éventuelles si ces dispositions sont insuffisantes. De plus, le risque associé à chaque situation de déviation est évalué.

Les informations relatives à l'analyse des déviations sont reportées dans un tableau type appelé « tableau des déviations ».

La méthode HAZOP, analyse des perturbations, est une analyse systématique et formalisée d'identification des risques et de problèmes d'opérabilité d'installations ou de procédés.

L'identification systématique et la détermination des causes et des conséquences des perturbations susceptibles de survenir au cours de l'exploitation des installations permettent une analyse de l'intégrité opérationnelle du système étudié.

1. er pas : Sélectionner le premier nœud

2. ème pas : Établir l'intention de conception et les conditions opératoires

3. ème pas : Appliquer le premier mot-clé au premier paramètre

4. ème pas : Identifier toutes les causes et les enregistrer : seules les causes dont l'origine est à l'intérieur du nœud sont prises en compte

5. ème pas : Identifier la/les conséquence(s) sans barrière de protection. Les conséquences peuvent être à l'intérieur du nœud ou à l'extérieur du nœud. Dans la pratique, on se limitera aux nœuds voisins.

6. ème pas : Évaluer la/les conséquence(s) et les fréquences, d'abord sans barrière de protection.

7. ème pas : Lister toutes les barrières existantes.

8. ème pas : Évaluer à nouveau la/les conséquence(s) et les fréquences, cette fois avec toutes les barrières de protection en place

9. ème pas : *Si les barrières existantes sont jugées insuffisantes*, les membres de l'équipe doivent se mettre d'accord sur les recommandations à prendre pour réduire le risque au niveau acceptable. Pour valider les recommandations l'accord de 75% des participants est suffisant.

10. ème pas : Continuer avec le mot-clé suivant. Après l'application de tous les mots guides sur le premier paramètre, continuer avec le paramètre suivant. Une fois tous les mots guides utilisés, continuer sur le prochain nœud jusqu'à couvrir tout le système étudié.

a. Mots Guides :

La réflexion est guidée par une liste de mots guides, tels que « trop de... », « Pas de... », Etc., qui associés à des paramètres de procédé, tels que pression ou température, forment des dérives potentielles.

Une synthèse est présentée dans la table qui suit :

Tableau 10 : Mots guides

Paramètres	Mots guides	Paramètres	Mots guides
Débit	-Trop de -Pas de / pas assez de /Inverse	Composition	-Autre
Pression	-Trop de -Pas assez de	Perte d'utilité	-Perte d'air instrument -Perte d'électricité -Perte d'eau de service -Perte de vapeur -Etc.
Température	-Trop de -Pas assez de	Operations	-Maintenance -Start-up -Shut-down
Niveau	-Trop de -Pas assez de		

B. Cotation :

Après l'identification des risques et problèmes potentiels, une évaluation du risque est réalisée en identifiant la fréquence d'occurrence ainsi que la gravité des conséquences.

Cette évaluation est basée sur le principe de la matrice de risque. Les conséquences sont classées en quatre catégories :

- La sécurité pour le personnel du site
- La sécurité pour les personnes situées à l'extérieur du site
- L'environnement
- La production

Le but final est d'identifier toutes les dérives potentielles relatives aux installations.

CHAPITRE 2 : Analyse des risques

La matrice de risque à utiliser pour la cotation, ainsi que les classes de gravité et de probabilité sont dans les tables suivantes :

Tableau 11 : Matrice de risque

Probabilité P	Probable	P5	G1P5	G2P5	G3P5	G4P5	G5P5
	Improbable	P4	G1P4	G2P4	G3P4	G4P4	G5P4
	Très improbable	P3	G1P3	G2P3	G3P3	G4P3	G5P3
	Extrêmement improbable	P2	G1P2	G2P2	G3P2	G4P2	G5P2
	Extrêmement rare	P1	G1P1	G2P1	G3P1	G4P1	G5P1
Niveaux de risque		INACCEPTABLE	G1	G2	G3	G4	G5
		ALARP	Modéré	Sérieux	Majeur	Catas-trophique	Désas-treux
		ACCEPTABLE	Gravité G				

CHAPITRE 2 : Analyse des risques

Tableau 12 : Échelle de gravité

Gravité	Personnel	Public	Environnement	Production/biens
G5	Décès multiples. Hospitalisation multiples avec effets irréversibles	Un décès. Incapacité permanente, multiple hospitalisation ou effet majeur de santé publique.	Pollution majeure externe au site et / ou une perte importante de la vie aquatique.	Plus de 180 jours de perte de production
G4	Un à trois décès. Incapacité permanente, multiple hospitalisation ou effet majeur de santé publique.	Blessure grave ou effet sur la santé avec une ou plusieurs journées d'arrêt de travail ou des effets importants sur la santé	Pollution importante avec des conséquences environnementales externes au site	De 30 à 180 jours de perte de production
G3	Blessure grave ou effet sur la santé avec une ou plusieurs journées d'arrêt de travail ou des effets importants sur la santé	Blessures mineures ou effet sur la santé. Traitement médical avec travail restreint ou effet sur la santé à moyen terme	Une importante pollution interne au site.	De 5 à 29 jours de perte de production
G2	Blessures mineures ou effet sur la santé. Traitement médical avec travail restreint ou effet sur la santé à moyen terme	Blessé léger ou effet sur la santé. Traitement médical, effets sur la santé mineur, premiers secours.	Déversement modéré dans la limite du site	De 1 à 4 jours de perte de production
G1	Blessé léger ou effet sur la santé. Traitement médical, effets sur la santé mineur, premiers secours.	Pas d'effet à l'extérieur du site	Léger effet. Déversement dans les limites du site, sans conséquences sur l'environnement	Moins de 1 jour de perte de production

Tableau 13 : Échelle de probabilité

Probabilité	Description	Fréquence
P5	Probable Pourrait se produire plusieurs fois pendant la vie d'une installation	$> 10^{-2}$
P4	Improbable Pourrait se produire une fois sur un ensemble de 10 à 20 unités similaires sur une période de 20 à 30 ans	10^{-2} à 10^{-3}
P3	Très improbable Une fois par an sur un ensemble de plus de 1000 unités Pourrait se produire une fois sur un ensemble de 100 à 200 unités similaires sur une période de 20 à 30 ans Est déjà survenu dans la société, mais des mesures correctives ont été prises	10^{-3} à 10^{-4}
P2	Extrêmement improbable Est déjà survenu dans l'industrie, mais des mesures correctives ont été prises	10^{-4} à 10^{-5}
P1	Extrêmement rare Événement physiquement possible mais n'a jamais ou rarement eu lieu sur une période de 20 à 30 ans pour un grand nombre de sites	$<10^{-5}$

C. Informations nécessaires pour la méthode HAZOP :

Toute la documentation utilisée doit être mise à jour, en devant travailler, dans chaque cas, avec les dernières révisions qui reflètent fidèlement l'actuel état des processus.

La documentation suivante est nécessaire pour réaliser une étude HAZOP :

- Description du procédé
- PFDs
- P&IDs
- Bilan matières
- Lay-outs

- Description des interlocks, diagrammes causes et effets
- Procédures opératoires
- Material safety data sheet (MSDS)

D. Rapport HAZOP :

Un rapport doit être préparé avec le résultat de l'étude. Le contenu du rapport doit inclure (Méthode HAZOP, Procédure FERTIAL, 2015) :

- Introduction
- Objectifs
- Description des installations concernées
- Description de la méthodologie
- Liste des nœuds étudiés
- Lieu et dates des sessions HAZOP
- Recommandations HAZOP
- Feuilles de travail HAZOP
- Liste des participants
- Documentations utilisées
- P&ID's

2.7.2. Systèmes instrumentés de sécurité (SIS) :

Les systèmes instrumentés de sécurité contribuent, avec les autres niveaux de protection, à la réduction du risque afin d'atteindre le niveau de risque tolérable. Ils constituent, probablement, l'une des mesures de réduction de risque les plus importantes. Sont exposés ci-après la définition et les modes de fonctionnement de ces systèmes

2.7.2.1. Définition d'un SIS :

Un *SIS*, aussi appelé boucle de sécurité, est un ensemble d'éléments (matériel et logiciel) assurant la mise en état de sécurité des procédés lorsque des conditions prédéterminées sont atteintes.

Pour la norme CEI 61508 définit les SIS comme suit : « un système E/E/PE (électrique/électronique/électronique programmable) relatifs aux applications de sécurité comprend tous les éléments du système nécessaires pour remplir la fonction de sécurité».

Annexe III

Les Systèmes Instrumentés de Sécurité (SIS) sont utilisés comme moyens de sécurité pour réaliser des Fonctions Instrumentées de Sécurité (SIF) afin de mettre le processus dans un état de repli de sécurité si le processus se trouve dans des conditions dangereuses de fonctionnement.

La norme CEI 61511 définit, quant à elle, les systèmes instrumentés de sécurité comme « système instrumenté utilisé pour mettre en œuvre une ou plusieurs fonctions instrumentées de sécurité. Un SIS se compose de n'importe quelle combinaison de capteur(s), d'unité logique(s) et d'élément(s) terminal (aux) ».

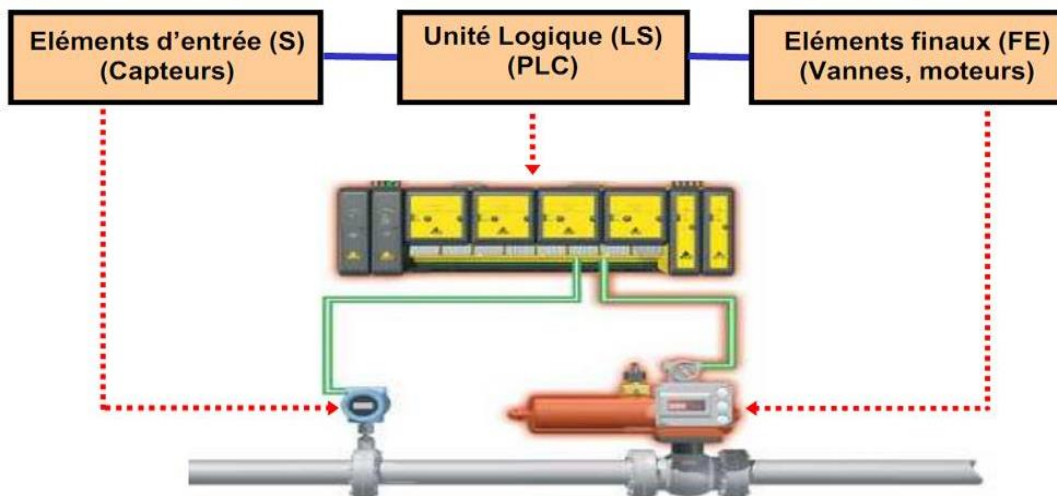


Figure IV : Système instrumenté de sécurité

2.7.2.2. La fonction instrumentée de sécurité (SIF) :

Les principales étapes de la norme IEC 61508 [IEC61508 98] et ses normes filles sont déclinées dans ce qu'on appelle le cycle de vie, c'est-à-dire que ces normes traitent depuis.

l'analyse des risques jusqu'à l'exploitation des fonctions de sécurité instrumentées SIF (Safety Instrumented Functions).

Une SIF est définie pour obtenir un facteur de réduction du risque mise en œuvre pour

un SIS. Lorsque le SIS est considéré comme un système réalisant une barrière de protection fonctionnelle, cette barrière est considérée comme une fonction de sécurité. Une fonction instrumentée de sécurité est spécifiée pour s'assurer que les risques sont maintenus à un niveau acceptable par rapport à un événement dangereux spécifique.

Une fonction instrumentée de sécurité est à réaliser par un système instrumenté de sécurité (ou par une combinaison des composantes de ce système), par un système relatif à la sécurité basé sur une autre technologie ou par un dispositif externe de réduction de risque.

Une fonction instrumentée de sécurité est composée de :

- Un ou plusieurs initiateurs,
- Une unité logique de traitement (automate),
- Un ou plusieurs éléments finaux.

Initiateur : Un élément ou un ensemble d'éléments qui permet de détecter qu'un procédé ou un équipement est en dehors de sa plage de fonctionnement.

Exemples : système de mesure (incluant capteur, transmetteur, câble, amplificateur, carte électronique,...), relais, carte électronique d'entrée.

Élément final : Un élément ou un ensemble d'éléments qui agit sur une variable du procédé ou sur un équipement afin de mettre le procédé dans un état sûr ou de limiter les conséquences de l'événement non désiré.

Exemples : vanne (incluant la commande, l'actionneur, la vanne, câbles), relais, carte électronique de sortie, sprinkler,

Un ou plusieurs initiateurs d'une fonction peuvent aussi faire partie d'une autre fonction ; ceci est vrai également pour les éléments finaux.

Pour illustrer et rendre plus claire cette définition, nous proposons l'exemple d'un

Équipement utilisé dans la fonction instrumentée de sécurité :

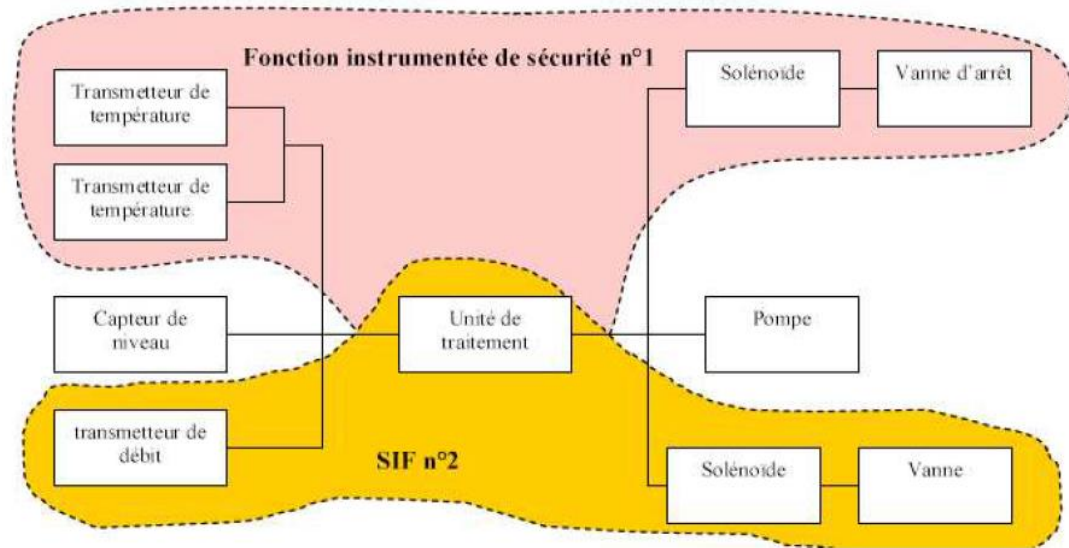


Figure 11 : Fonction instrumentée de sécurité

2.7.2.3. Allocation du niveau d'intégrité de sécurité (SIL requis) :

Une fois le risque tolérable défini et la réduction nécessaire du risque estimée, les exigences d'intégrité de sécurité affectées au SIS, pour chaque fonction de sécurité, doivent être spécifiées (en termes de *SIL*) requis.

La CEI 61511 décrit deux types de méthodes, qualitatives et quantitatives de détermination du niveau d'intégrité de sécurité (*SIL*) correspondant à un phénomène dangereux spécifié (scénario d'accident) lors de la phase d'analyse des risques :

A. Méthodes qualitatives :

La norme CEI 61508 reconnaît qu'une approche quantitative pour déterminer le niveau d'intégrité de sécurité (*SIL*) d'une fonction instrumentée de sécurité (*SIF*) n'est pas toujours possible et qu'une approche alternative pourrait parfois être appropriée. Cette alternative consiste en un jugement *qualitatif*. Quand une méthode qualitative est adoptée, un certain nombre de paramètres de simplification doivent être introduits. Ils permettent de qualifier le phénomène dangereux (accident) en fonction des connaissances disponibles. Les normes CEI 61508 et 61511 présentent deux méthodes qualitatives. Le graphe de risque conventionnel et la Matrice de gravité (matrice de risque, matrice des couches de protection).

B. Méthodes quantitatives :

Ces méthodes sont les plus rigoureuses et les plus précises. L'estimation quantitative de la fréquence de l'événement dangereux (redouté) en constitue la base. La mise en œuvre d'une méthode quantitative nécessite les éléments suivants :

La mesure cible de sécurité (fréquence tolérable d'accident : *Ft*).

2.7.2.4. Objet SIL:

L'objectif d'une revue SIL est d'attribuer un objectif de « niveau d'intégrité » (niveau SIL) à chaque fonction de sécurité instrumentée (Safety Instrumented Function – SIF) d'une installation industrielle.

2.7.2.5. Détermination du SIL :

Selon la norme CEI 61511 le niveau d'intégrité de sécurité (SIL) est : « niveau discret (parmi quatre possibles) permettant de spécifier les exigences concernant l'intégrité de sécurité des fonctions instrumentées de sécurité, à allouer aux systèmes instrumentés de sécurité. Le niveau d'intégrité de sécurité 4 possède le plus haut degré d'intégrité ; le niveau 1 possède le plus bas »

Les normes internationales de sécurité fonctionnelle CEI 61508 et CEI 61511 définissent une démarche d'analyse du niveau d'intégrité d'un système de sécurité. Elles nous aident suite à une démarche bien définie, à déterminer le niveau d'intégrité de sécurité (SIL) pour une fonction instrumentée de sécurité. La norme CEI 61511 décrit différentes méthodes de détermination de SIL, mais aucune n'est à privilégier.

2.7.2.6. Procédure SIL :

A. Méthode des graphes de risques:

La méthodologie employée pour déterminer un niveau SIL est une évaluation du risque basée sur une matrice de risques. Il s'agit d'une évaluation qualitative des conséquences potentielles consécutives (Méthode SIL (Niveau d'intégrité de Sécurité), Procedure FERTIAL, 2015) :

- À la défaillance du système de contrôle du procédé, et
- Au non-fonctionnement – suite à sollicitation - de la fonction de sécurité destinée à protéger l'installation contre cet événement.

La méthode des graphes de risques décrite dans la norme IEC 61511 est généralement employée pour évaluer le SIL d'une fonction de sécurité.

Cette méthode nécessite d'évaluer 4 paramètres :

- Paramètre « C » : Conséquences de l'événement dangereux,
- Paramètre « F » : Taux d'occupation de la zone dangereuse,

CHAPITRE 2 : Analyse des risques

- Paramètre « **P** » : Possibilité d'éviter l'événement dangereux,
- Paramètre « **W** » : Taux de sollicitation.

La signification de ces différents termes est donnée dans la norme IEC 61511 et est reprise dans le tableau suivant :

Tableau 14 : Signification des termes utilisés dans la méthode des graphes de risques.

Signification des termes utilisés dans la méthode des graphes de risques	
Paramètre	Description
Conséquence	C Conséquences attendues en termes d'atteinte à la vie humaine ou de blessures, d'atteinte à l'environnement ou aux biens au cas où l'événement dangereux se produit.
Occupation "temps d'exposition"	F Probabilité que la zone dangereuse soit occupée lorsque l'événement dangereux se produit. Elle est déterminée en calculant la fraction de temps pendant laquelle la zone soumise à l'effet dangereux est occupée
Probabilité pour que le danger soit évité	P La probabilité que les personnes exposées puissent éviter le danger si la fonction de sécurité est défaillante. Ceci dépend de l'existence de moyens indépendants d'alerte et d'évacuation des Personnes
Taux de sollicitation "taux de demande sans protection"	W Le nombre de fois par an où la fonction de sécurité considérée est sollicitée. Ceci peut être déterminé en prenant en compte toutes les défaillances qui pourraient conduire à l'événement dangereux et en estimant l'occurrence globale. Les autres couches de protection doivent être prises en compte.

L'objectif de la revue SIL est de définir le niveau SIL par rapport aux conséquences de l'événement dangereux sur les personnes, mais aussi par rapport aux conséquences sur l'environnement et les biens.

Un graphe de risques est alors utilisé pour chacune des trois catégories de conséquences (personnes, environnement et dommages aux biens) ; le SIL retenu pour la fonction de sécurité est le plus élevé des trois niveaux.

B. Graphes de risques et des échelles de cotation :

Les graphes de risques ainsi que les définitions des paramètres issus de la norme IEC 61511 sont les suivants :

CHAPITRE 2 : Analyse des risques

Tableau 15 : Échelles de cotation des paramètres d'évaluation du risque

Échelles de cotation des paramètres d'évaluation du risque				
Paramètre de risque		Définition		
		Atteintes aux personnes	Dommmages à l'environnement (d'après IEC 61511)	Dommmages aux biens
Conséquences « C »	C1	Blessures légères infligées à des personnes	Rejet ayant des conséquences mineures	Perte mineure (perte production jusqu'à 2 jours ou dommages mineurs aux équipements)
	C2	Blessures graves permanentes infligées à une ou plusieurs personnes ; décès d'une personne	Rejet limité au site, ayant des conséquences significatives	Perte locale (perte production jusqu'à 2 semaines ou dommages local d'équipements sans rechange)
	C3	Décès de plusieurs personnes	Rejet à l'extérieur du site, ayant des conséquences importantes, auxquelles il peut être remédié rapidement sans laisser d'atteinte durable	Perte importante (perte production jusqu'à 6 mois ou dommages importants d'équipements essentiels)
	C4	Effet catastrophique, de très nombreuses personnes tuées	Rejet à l'extérieur du site, ayant des conséquences importantes, auxquelles il ne peut pas être remédié rapidement ou qui laissent des atteintes durables	Perte très importante (perte production plus que 6 mois ou dégâts considérables sur l'unité de procés)
Occupation « F »	F1	Présence improbable du personnel dans la zone dangereuse (< 10% du temps) Rare	Paramètre « F » non applicable	Paramètre « F » non applicable
	F2	Présence probable du personnel dans la zone dangereuse (>= 10% du temps) Fréquent		

CHAPITRE 2 : Analyse des risques

Possibilité d'évité « P »	P1	Possibilité d'éviter le danger sous certaines conditions Possible	Possibilité d'éviter le danger sous certaines conditions	Possibilité d'éviter le danger sous certaines conditions
	P2	Impossibilité d'éviter le danger invraisemblable	Impossibilité d'éviter le danger	Impossibilité d'éviter le danger
Taux de sollicitation « W »	W1	Moins d'une fois tous les 10 ans Très faible probabilité		
	W2	Comprise entre 1 fois par an et une fois tous les 10 ans Faible probabilité		
	W3	Plus d'une fois par an Forte probabilité		

✓ **Graphes de risque :**

On emploie un graphe de risque pour chaque catégorie de conséquences. En pratique, un niveau SIL 4 ne doit jamais être requis pour une fonction de sécurité, car les matériels (capteurs, automates, actionneurs) ne permettent pas d'atteindre ce niveau très élevé de fiabilité. Les graphes de risques sont donnés ci –après :

Tableau 16 : Graphes de risque sécurité des personnes d'après IEC 61511



CHAPITRE 2 : Analyse des risques

Tableau 17 : Graphes de risque "l'environnement" et "Dommages Aux biens" d'après IEC61511

Graphe de risque « Environnement » et « Dommages aux biens » d'après IEC 61511																					
Risque	Légende																				
	<table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">W3</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">W2</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">W1</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">1</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">a</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">2</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">1</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">a</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">3</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">2</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">4</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">3</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">b</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">4</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">3</td> </tr> </table>	W3	W2	W1	1	a	-	2	1	a	3	2	1	4	3	2	b	4	3	<p>C = Conséquences P = Possibilité d'éviter la conséq. W = Fréquence de l'évènement sans SIS (fréquence de sollicitation)</p> <p>- : Pas d'exigence de sécurité a : Pas d'exigence spéciale de sécurité b : Un simple SIF n'est pas suffisant 1, 2, 3, 4 = Niveau SIL</p>	
W3	W2	W1																			
1	a	-																			
2	1	a																			
3	2	1																			
4	3	2																			
b	4	3																			

Le paramètre **P1** est choisi uniquement si les 3 conditions suivantes sont remplies :

- Des équipements permettent d'avertir l'opérateur que le système instrumenté de sécurité (SIS) est défaillant,
- Des équipements indépendants permettent d'arrêter et d'éviter le danger ou permettent à toutes les personnes de se mettre en lieu sûr,
- Le délai entre le moment où l'opérateur est averti et l'apparition de l'évènement dangereux est supérieur à 1 heure, ou bien suffisant pour prendre les actions

Le but du paramètre « W » est d'évaluer la fréquence de sollicitation du système de sécurité considéré (Méthode SIL (Niveau d'intégrité de Sécurité), Procedure FERTIAL, 2015).

C. Liste des fonctions retenues :

Étant donné que les différentes fonctions de sécurité instrumentées sont mises en œuvre pour la protection de plusieurs scénarios, la revue SIL a été faite pour examiner le scénario de conséquences plus graves ou qui a moins de protections indépendantes. Le niveau d'intégrité SIL ainsi obtenu couvre les autres scénarios.

Les fonctions de sécurité instrumentées qui ont été identifiées comme protections pendant l'étude HAZOP ont fait part de la revue SIL.

La liste des fonctions retenues se montre dans le tableau suivant :

Tableau 18 : La liste des fonctions retenues

SIF N°	Équipement	Tag SIF
1	Évaporateur principal E2100	LAHL505
2	Conduite NH3 entre E2102 et S2103	TISA209
3	Réacteur R2101	TRAH217 TRAH219
4	Réacteur R2101	TRAL217 TRAL219
5	Ballon B2114	LAH508
6	Ballon B2103	LAH509
7	Chaudière H2109	LAHL506
8	Condenseur E2107	TISA226
9	Réchauffeur gaz de queue E2108	TRAH220
10	Réacteur R2102	TRAH207
11	Turbine à gaz KG2101	TAS 701
12	La conduite de gaz d'échappement entre KG2101 et H2109	TISAH237
13	Le corps HP du compresseur	TS615 TS616

D. Organisation de la Revue :

La revue SIL est toujours menée après une revue HAZOP ; en effet,

- Les scénarios de sollicitation des fonctions de sécurité sont identifiés pendant l'HAZOP.
- La revue HAZOP peut conduire à ajouter/supprimer ou modifier des fonctions de sécurité,

La revue SIL est une revue menée en groupe de travail, sous la conduite d'un animateur, assisté d'un secrétaire ; un logiciel est utilisé pour remplir les tableaux d'analyse de chaque fonction SIF.

E. Préparation de la revue :

La préparation consiste à :

- Identifier toutes les fonctions de sécurité, à partir des P&IDs et des diagrammes cause-effet,
- S'assurer qu'une description complète de chaque fonction de sécurité est disponible, sous forme de diagrammes cause-effet, ou de logigrammes de sécurité,
- Sélectionner les fonctions qui doivent être évaluées,
- Transcrire la description de chaque fonction dans le logiciel à utiliser, en liaison avec le spécialiste instrumentation/automatisme,
- S'assurer que la documentation ainsi que le matériel seront disponibles pour le premier jour de la revue :

- ✓ Rapport de la revue HAZOP,
- ✓ Diagrammes causes-effets ou logigrammes de sécurité, o Plans de circulation des fluides,
- ✓ PC portable équipé du logiciel, vidéoprojecteur, tableau blanc...


Cette préparation doit être réalisée de préférence en liaison avec l'ingénieur procédé et/ou l'ingénieur instrumentation/automatisme qui a défini les fonctions de sécurité.

F. Rapport de SIL :

Le rapport de la revue SIL comprendra à minima les points suivants (Méthode SIL (Niveau d'intégrité de Sécurité), Procedure FERTIAL, 2015) :

- ✚ Contexte de la mission,
- ✚ Objectifs de la mission,
- ✚ Méthodologie (échelles de cotation des paramètres, graphes de risques)
- ✚ Liste des fonctions retenues et justification des choix,
- ✚ Liste des documents de référence (PIDs, diagrammes cause-effets ou logigrammes de sécurité, rapport HAZOP,)
- ✚ Nom des participants, dates de la revue SIL,

CHAPITRE 2 : Analyse des risques

-  Principaux résultats :
- ✓ Niveaux SIL retenus pour chaque fonction,
- ✓ Liste des actions suggérées par le groupe de travail,
- ✓ Conclusion.

Un modèle de tableau de revue SIL :

Niveaux SIL retenus pour chaque fonction de sécurité instrumentée											
SIF N°	Équipement	Tag SIF	Initiateur	Actionneur	Action associée	But de fonction	C	F	P	W	SIL
1											

Tableau 19 : Revue SIL

2.8. Conclusion :

La méthode **HAZOP** est une méthode systématique et un outil puissant dans le domaine des procédés utilisant des fluides. Elle nous a aidé à identifier toutes les causes des scénarios ainsi leurs enchainements, mais elle ne peut pas traiter les scénarios assez complexes.

La Méthode des graphes de risques employée pour déterminer un niveau **SIL** est une évaluation du risque basée sur une matrice de risques. Il s'agit d'une évaluation qualitative des conséquences potentielles consécutives.

D'autre part, la détermination du SIL requis montre à l'employeur la nécessité ou non de la mise en place des barrières de sécurité et plus précisément le niveau d'intégrité de sécurité exigé pour que la barrière soit satisfaisante et ainsi d'établir ou maintenir les processus dans un état de sécurité.

CHAPITRE 3 :
PRESENTATION DU COMPLEXE
FERTIAL

CHAPITRE 3 : Présentation du complexe FERTIAL

3.1. Introduction :

FERTIAL, société des fertilisants d'Algérie, est une société issue d'un partenariat signé en août 2005 entre le groupe algérien ASMIDAL et le groupe espagnole Grupo Villar Mir. Installée à Annaba et Arzew, l'entreprise a une capacité de production annuelle d'un million de tonnes d'ammoniac dont une partie est utilisée pour la production d'engrais azotés et phosphatés.

3.2. Division FERTIAL :

L'entreprise FERTIAL est implantée sur deux sites ; le site de Annaba et celui d'Arzew.

• Usine d'Annaba :

Située dans la zone industrielle d'Annaba, l'usine s'étend sur une superficie de 103 hectares et emploie 700 personnes.

• Usine d'Arzew :

Située dans la zone industrielle d'Arzew (Oran), l'usine s'étend sur une superficie de 110 hectares et emploie 520 personnes.



Figure 12: Division FERTIAL

3.3. L'histoire de FERTIAL :

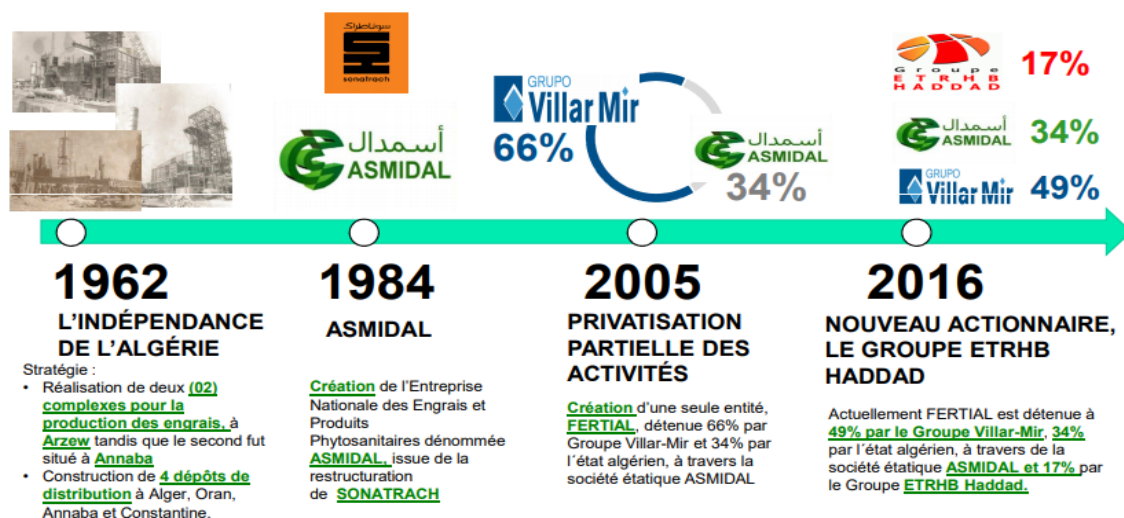


Figure 13 : Historique de FERTIAL

L'usine d'Arzew ou le complexe d'engrais azoté /Arzew est la 1^{er} unité pétrochimique mise en Algérie pour la production d'ammoniac. Elle a été installée dans les années 1960 à l'intérieur de la zone industrielle d'Arzew et dépendait à l'époque de l'entreprise nationale d'hydrocarbure SONATRACH. La mise en route des différentes unités de production du complexe a eu lieu en mars 1963. Compte tenu des besoins sans cesse croissant en matière d'engrais à échelle nationale il était devenu nécessaire d'étendre la capacité de production.

En effet le contrat pour la construction d'unité d'ammoniac a été signé en 1971 entre la « SONATRACH » et la société française « CREUSOTE LOIRE ENTREPRISE » selon le procédé KELLOGG.

Un 2^{ème} contrat a été signé en juillet 1974 avec la société autrichienne « VOEST ALPINE » pour la construction des deux unités d'acide nitrique et de nitrate d'ammonium et une unité d'utilités toutes ces unités fonctionnent selon le procédé de la firme « CHIMICO »

En 1984 la restructuration de l'entreprise nationale « SONATRACH » a donné naissance à 13 entreprises dont l'entreprise nationale des engrais et des produits phytosanitaires appelée communément « ASMIDAL » qui englobe le complexe d'ammoniac et d'engrais azoté d'Arzew. Début de l'année 2005, « ALZOFERT » et « FERTIAL » deux filiales d'ASMIDAL deux sociétés publiques productrices d'engrais ont été fusionnées pour donner naissance à une seule

CHAPITRE 3 : Présentation du complexe FERTIAL

société « **FERTIAL SPA** ». Au plus tard, l'Aout de la même année, la société a été privatisée pour le compte du groupe espagnol VILLA MIR.

3.4. Situation géographiques :

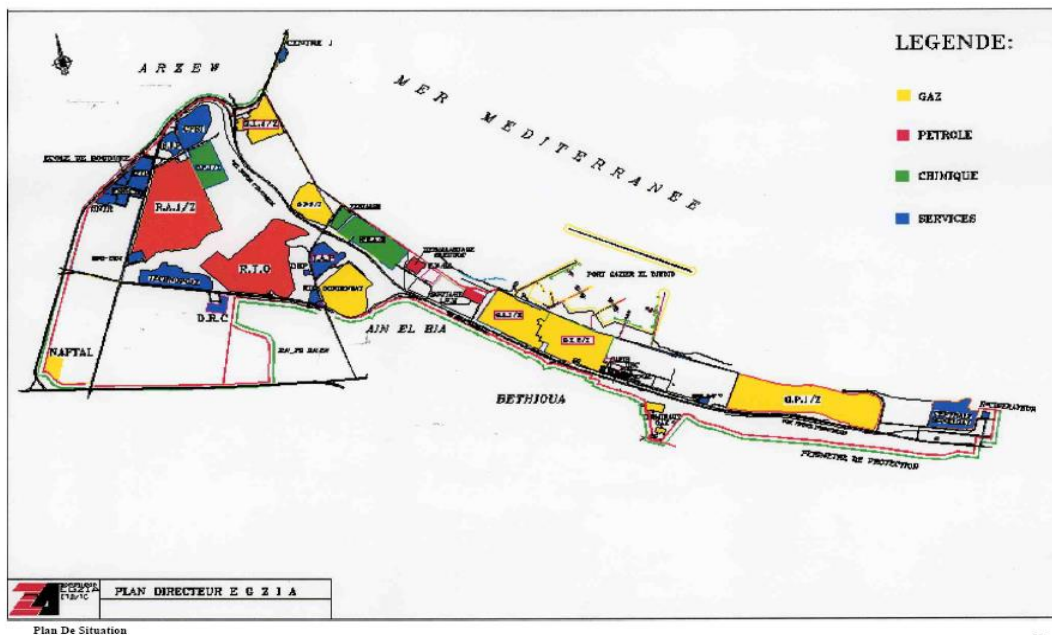
L'usine **FERTIAL** est située au bord de la mer, sur la plateforme industrielle d'Arzew à 40km à l'ouest d'Oran, 3km à l'est d'Arzew et 4km à l'ouest de Bathioua.

Il occupe une superficie de 110 hectares répartis comme suit :

- 90 hectares correspondant aux installations construites entre 1970 et 1973.
- 20 hectares correspondant aux installations construite en 1984 et elle se situe au voisinage du port d'Arzew lui permettent les enlèvements par bateau des produits finis (Ammoniac liquide à -33°C et engrais)

Il est limitrophe de l'IAP au nord, GNL2 à l'est et du GPL3 à l'ouest.

3.5. Plan de situation :



3.6. Objectif du complexe FERTIAL :

FERTIAL a trois objectifs essentiels :

- Valoriser les hydrocarbures par un traitement local.
- Dégager un surplus pour l'exportation des engrais et de l'ammoniac.
- Satisfaire la demande nationale en matière d'engrais azoté.

FERTIAL dispose de plusieurs unités pour pouvoir réaliser ces objectifs :

- Unités de production de l'ammoniac.
- Unités de production de l'acide nitrique.
- Unités de nitrate d'ammonium.
- Trois centres utilités pour le traitement d'eau de mer, la production d'eau distillée et la production de vapeur d'eau.
- Un groupe turbo alternateur pour la production d'énergie électrique.
- Deux unités de stockages et de conditionnement des engrais.
- Un centre pour le stockage d'ammoniac.
- Un laboratoire pour les analyses chimiques et physiques.

3.7. Normes et Certifications FERTIAL :

Pour atteindre les plus hauts standards européens il y a eu l'implantation de toute une série de standards (**Figure**) pour l'efficacité opérationnelle dans les domaines de la qualité, l'environnement, la sécurité, l'excellence et la consommation de l'énergie. **Annexe IV.**



Figure 14 : Diagramme des standards organisations implante à FERTIAL

3.8. Organisation du complexe d'ammoniac « FERTIAL » :

L'usine d'Arzew **FERTIAL** se compose de plusieurs directions :

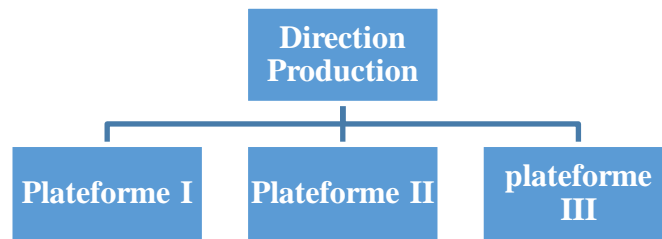
- Direction de production : elle comporte toute les unités de production
- Direction de maintenance :
- Direction technique.
- Direction administration.
- Direction ressources humaines.
- Direction finance.
- Direction QHSE.
- Direction Approvisionnement Manutention.

Rôle de chaque de direction est :

A. Direction Production :

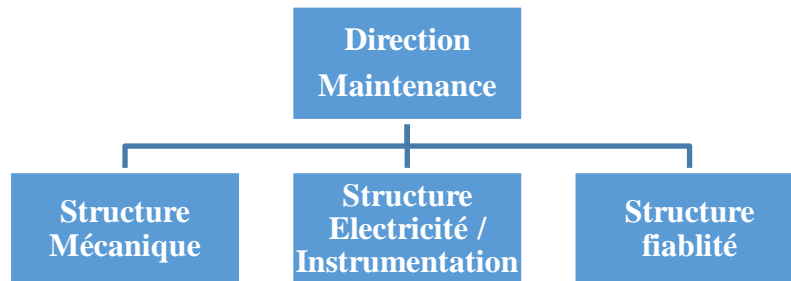
CHAPITRE 3 : Présentation du complexe FERTIAL

Cette direction a pour rôle de diriger l'exploitation des installations du complexe et d'en assurer le bon fonctionnement en conformité avec les procédures de marche et du programme établis.



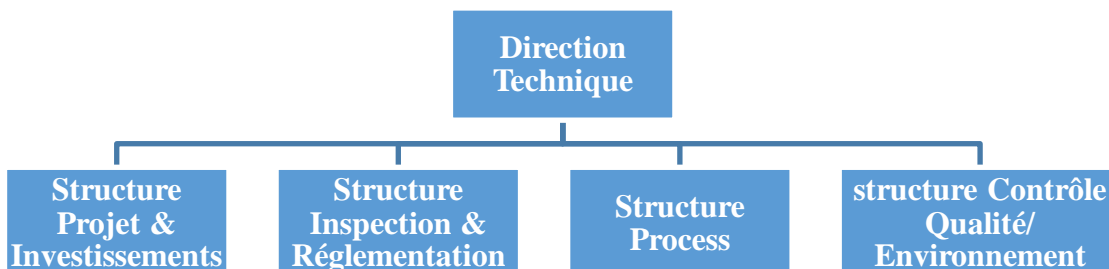
B. Direction Maintenance :

Celle-ci est responsable des interventions de réparation de tous les équipements et /ou appareils en panne dans le complexe. Il dispose des structures et services pour assurer les différentes prestations sollicitées.



C. Direction Technique :

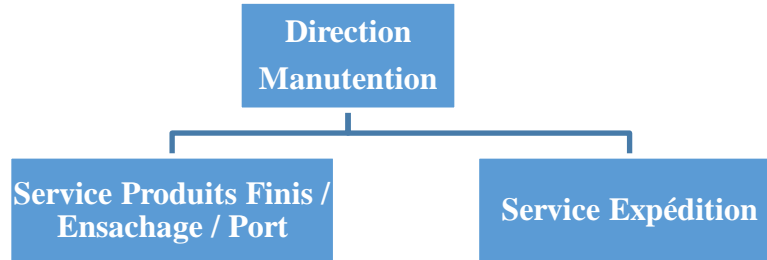
Elle est appelée à faire le suivi des équipements et leur contrôle, à contrôler la qualité des matières premières, produits intermédiaires, produits finis (analyse laboratoire), à faire le suivi des travaux neufs et modifications, le contrôle process des unités.



CHAPITRE 3 : Présentation du complexe FERTIAL

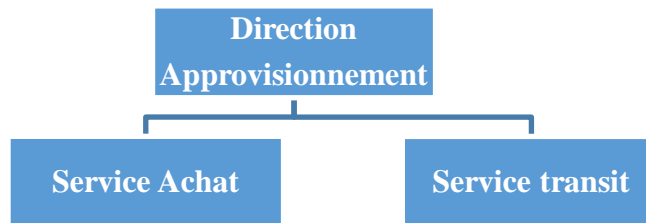
D. Direction Manutention :

Cette direction est chargée de l'expédition des produits finis (ensachage, le transport maritime : port, etc...).



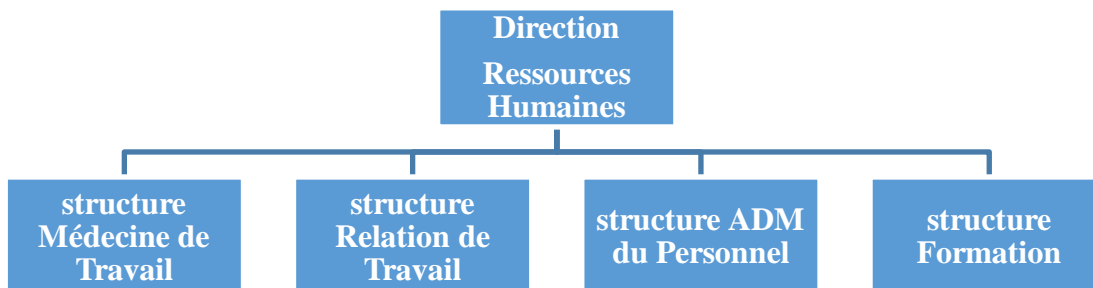
E. Direction approvisionnement :

Cette direction est chargée de fournir les besoins des autres directions (demandes d'achats, services, ...) et aussi chargé à la gestion des fournisseurs et sous-traitants.

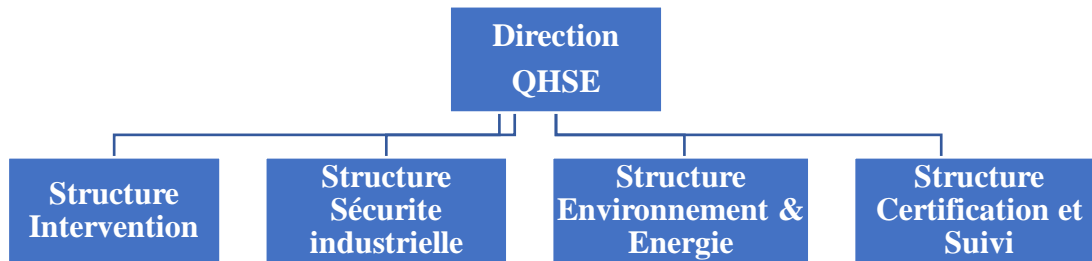


F. Direction ressources humaines :

Il gère les ressources humaines du complexe avec ses services en prenant en charge la courbe de carrière des agents, la gestion administrative du personnel (paie, assurance, congé.....), la formation du personnel, le contrôle périodique médical



G. Organisation et missions de la direction QHSE :



- **Rôles et responsabilités de la direction QHSE :**

- ✓ Veille au respect de l'application de la réglementation en matière de QHSEE.
- ✓ Veille au respect des procédures en matière de QHSEE.
- ✓ Mets en œuvre et décline la stratégie de l'entreprise en matière de QHSEE.
- ✓ Assurer la mise en œuvre du plan de gestion environnemental (PGE).
- ✓ Assurer la mise en œuvre des programmes relatifs au Plan Interne d'Intervention Interne (PII).
- ✓ Assure le suivi pour le maintien de la certification ISO 9001/14001/50001/170025 et OHSAS 18001 et ISO 17025 relative au laboratoire agronomique.
- ✓ Assure la mise en œuvre et le suivi des audits QHSEE.
- ✓ Organisation de deux journées par an (semestriel et annuel) pour le partage du retour d'expérience.
- ✓ Elaborer le rapport d'activité mensuel, semestriel et annuel avec bilan statistiques et le communiquer au Directeur de l'usine et à la Direction Centrale QHSE.

- **Rôles et responsabilités de la structure sécurité industrielle (prévention) :**

- ✓ Le suivi et le contrôle de la mise en place de la conformité réglementaire dans le domaine de la sécurité industrielle.
- ✓ L'identification des objectifs d'amélioration en matière de maîtrise des risques industriels.
- ✓ La mise en œuvre des plans de prévention relatifs au système de gestion de la sécurité (SGS) issu de l'étude de dangers (EDD).

CHAPITRE 3 : Présentation du complexe FERTIAL

✓ L'élaboration et l'actualisation des référentiels et procédures relatifs à la maîtrise des risques industriels générés par les activités.

✓ Elaboration d'une cartographie des risques industriels.

✓ Participer aux évaluations des risques liés aux modifications et aux travaux spécifiques.

✓ Participation aux études de risques (type HAZID, HAZOP, What-If...).

✓ Mise en œuvre du plan de prévention des risques aux postes de travail sur la base de l'EvRP (Evaluation des Risques Professionnels) dans le cadre du système de management de la santé et sécurité au travail (OHSAS-18001).

✓ L'identification des bonnes pratiques et le suivi de leur mise en œuvre à travers les structures de la société.

✓ La conduite des investigations sur les accidents industriels.

✓ Le partage du retour d'expérience dans le domaine de la sécurité industrielle.

✓ Réaliser des campagnes de sensibilisation, information et communication.

✓ La participation à la définition des besoins en formation dans le domaine de la sécurité industrielle.

- **Rôles et responsabilités de la structure intervention :**

✓ Réaliser le programme de simulation d'urgence en relation avec le Plan Interne d'Intervention Interne (PII).

✓ Assurer la mise à jour du PII issu de l'étude de dangers (EDD).

✓ Mise en œuvre du plan de gestion des urgences dans le cadre du système de management de la santé et sécurité au travail (OHSAS-18001).

✓ Contrôler les barrières de protection (Détection, extinction, masques à cartouche...).

✓ Elaboration, développement et révision des référentiels et procédures pour l'amélioration de la gestion des urgences et des crises.

✓ Participation aux investigations des accidents.

CHAPITRE 3 : Présentation du complexe FERTIAL

- ✓ Analyse et partage de l'information en matière de retour d'expérience dans le domaine de la gestion des urgences et des crises.
- ✓ Vérifier le matériel fixe de protection contre l'incendie (Réseaux anti-incendie, douche de sécurité, lave yeux lignes de vie...).
- ✓ Vérifier le matériel mobile d'intervention.
- ✓ Réaliser des audits et des évaluations des exercices de simulations.
- ✓ Réaliser le suivi des audits du système de gestion des crises et des urgences.
- ✓ Réaliser des campagnes de sensibilisation, information et communication.
- ✓ Participer à la mise en place du plan de formation en matière d'intervention.
- ✓ Suivi des indicateurs (KPI) en relation avec l'environnement et l'énergie.
- **Rôles et responsabilités de la structure environnement/ énergie :**
 - ✓ Mise en œuvre du plan de gestion environnemental (PGE) dans le cadre du système de management environnemental (SME-ISO14001).
 - ✓ Assurer la mise à jour du plan de gestion environnemental (PGE) issu de l'étude d'impact sur l'environnement (EIE).
 - ✓ Assurer le suivi de la remise en état des lieux.
 - ✓ Développement de l'expertise et appui nécessaire aux structures de la société, dans les domaines de l'environnement et du développement durable.
 - ✓ Elaboration et Actualisation des référentiels et procédures relatifs à la prévention et la maîtrise des risques sur l'environnement générées par la société.
 - ✓ Suivi du programme de l'efficacité énergétique.
 - ✓ Réaliser l'audit environnemental.
 - ✓ Réaliser l'audit énergétique.
 - ✓ Réaliser des campagnes de sensibilisation, information et communication.
 - ✓ Participation aux investigations des accidents.

CHAPITRE 3 : Présentation du complexe FERTIAL

✓ Participation à la mise en place des plans de formation en matière d'environnement et énergie.

✓ Suivi des indicateurs (KPI) en relation avec l'environnement et l'énergie.

• **Rôles et responsabilités de la structure certification/ suivi :**

✓ Assurer le suivi pour le maintien de la certification ISO 9001 relative à la qualité.

✓ Assurer le suivi pour le maintien de la certification ISO 14001 relative à l'environnement.

✓ Assurer le suivi pour le maintien de la certification ISO 50001 relative à l'énergie.

✓ Assurer le suivi pour le maintien de l'accréditation ISO 17025 relative au laboratoire agronomique.

✓ Assurer le suivi pour le maintien de la certification OHSAS 18001 relative à la santé et sécurité au travail.

✓ Réaliser les audits internes (1/semaine).

✓ Suivre les plans d'actions NC/AC (état de clôture des actions).

✓ Préparer et suivi des revues de Direction (selon les normes).

✓ Réaliser des campagnes de sensibilisation, d'information et de communication notamment en matière de veille réglementaire et normative.

✓ Assurer la sensibilisation relative à la veille réglementaire QHSEE.

✓ Participation aux investigations des accidents.

3.9. Les différentes composantes du complexe :

a. Unité de production d'ammoniac :

Ammoniac I II produit 1800t/j d'ammoniac liquide en partant de matière première préliminaire le gaz naturel(GN), la vapeur d'eau et de l'air.

b. Unité d'acide nitrique :

FERTIAL possède une importante unité de production d'acide nitrique avec une capacité de production annuelle 2.400.000 tonnes

c. Unité de nitrate d'ammonium :

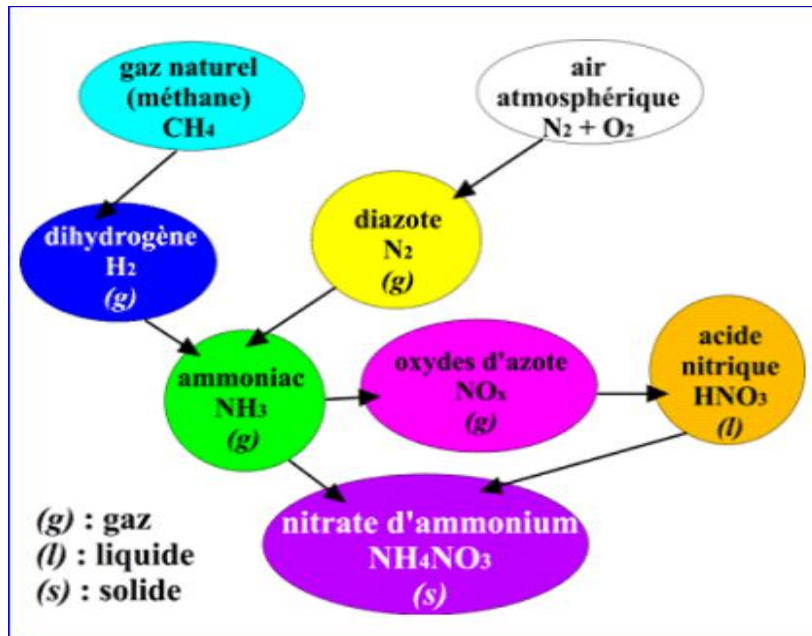


Figure 15 : Les unités de production du complexe FERTIAL

d. Laboratoire :

Un laboratoire est mis en place pour le contrôle de la qualité des différents produits semi-finis et produits finis et voir s'ils sont conformes aux normes exigées par l'organisme. Il permet aussi de contrôler la composition et les anomalies liées aux procédés de séparations et de purifications.

e. Les utilités :

• Pomperie :

Elle se situe au bord de la mer, elle permet d'expédier l'eau de mer vers les unités de production pour le refroidissement et vers la section de production d'eau distillée. Elle comprend un bassin, des canalisations et des pompes. Il y a injection de chlore qui se fait en trois niveaux :

- 1/ Au niveau de la canalisation
- 2/ Au sein du bassin
- 3/ A l'entrée du bassin.

Cette injection consiste à éliminer les algues et les microorganismes.

L'eau subit une filtration en trois niveaux :

- Entrée du bassin : Décantation
- Au niveau du bassin : Elimination des grandes particules

CHAPITRE 3 : Présentation du complexe FERTIAL

- Dans les tamiseurs rotatifs : (Elimination des moules) l'eau filtrée passe dans un bassin d'aspiration où elle subit une chloration puis refoulée vers les unités à l'aide de six pompes dont deux réserves



- **Distillation :**

Les installations de dessalage utilisant la distillation en plusieurs paliers, soit avec recyclage de la saumure en cas de multi-flash comme « SCAM », soit rejet catégorique comme le cas des évaporateurs de principes thermo-compresseur comme «SIDEM», ces blocs de distillation peuvent fonctionner séparément ou en parallèle, la production de chaque bloc est contrôlée, c'est-à-dire la totalité des solides dissous dans l'eau ne doit pas dépasser une conductivité demandée = 5 μ s.

L'eau distillée contient des quantités résiduelles des solides dissous (<5ppm) ainsi que les traces des métaux et de CO₂. Pour atteindre la qualité requise, l'eau dessalée est soumise à des traitements supplémentaires ou stockée directement comme dans le cas des utilités I et II.

- **Déminéralisation :**

L'eau dessalée est acheminée vers l'installation déminéralisation où il y'aura comme son nom l'indique l'élimination maximale des minéraux contenues dans l'eau dessalé, l'opération de cette dernière se fait par un échange ionique et qu'on l'appellera eau traitée, ensuite à la sortie de la déminéralisation la production sera stockée dans des réservoirs ou bacs, suivant les besoins de l'unité l'eau traitée est soutirée par une pompe puis transférée par la suite au dés-aérateur (dégazeur).

- **Dégazeur :**

Suivant les besoins de l'unité, l'eau traitée est soutirée de des bacs de stockage par une pompe puis transféré par la suite au dés-aérateur où elle subit un dégazage physique, injection de vapeur 'par la température', et chimique par injection de l'hydrazine (N₂H₄).

CHAPITRE 3 : Présentation du complexe FERTIAL

Après ce traitement dans le dégazeur, cette eau devient à la sortie eau de chaudière et servira alors pour alimenter les chaudières et les ballons de vapeur.

- **Chaudière :**

Les chaudières et les ballons de vapeur sont alimentées avec l'eau de chaudière par des pompes installés en dessous du dégazeur, elles produisent la vapeur à haute, moyen et base pression qui serviront comme énergie calorifique et énergie mécanique.

3.10. Procédure de production :

3.10.1. Procédé de production de l'Acide Nitrique :

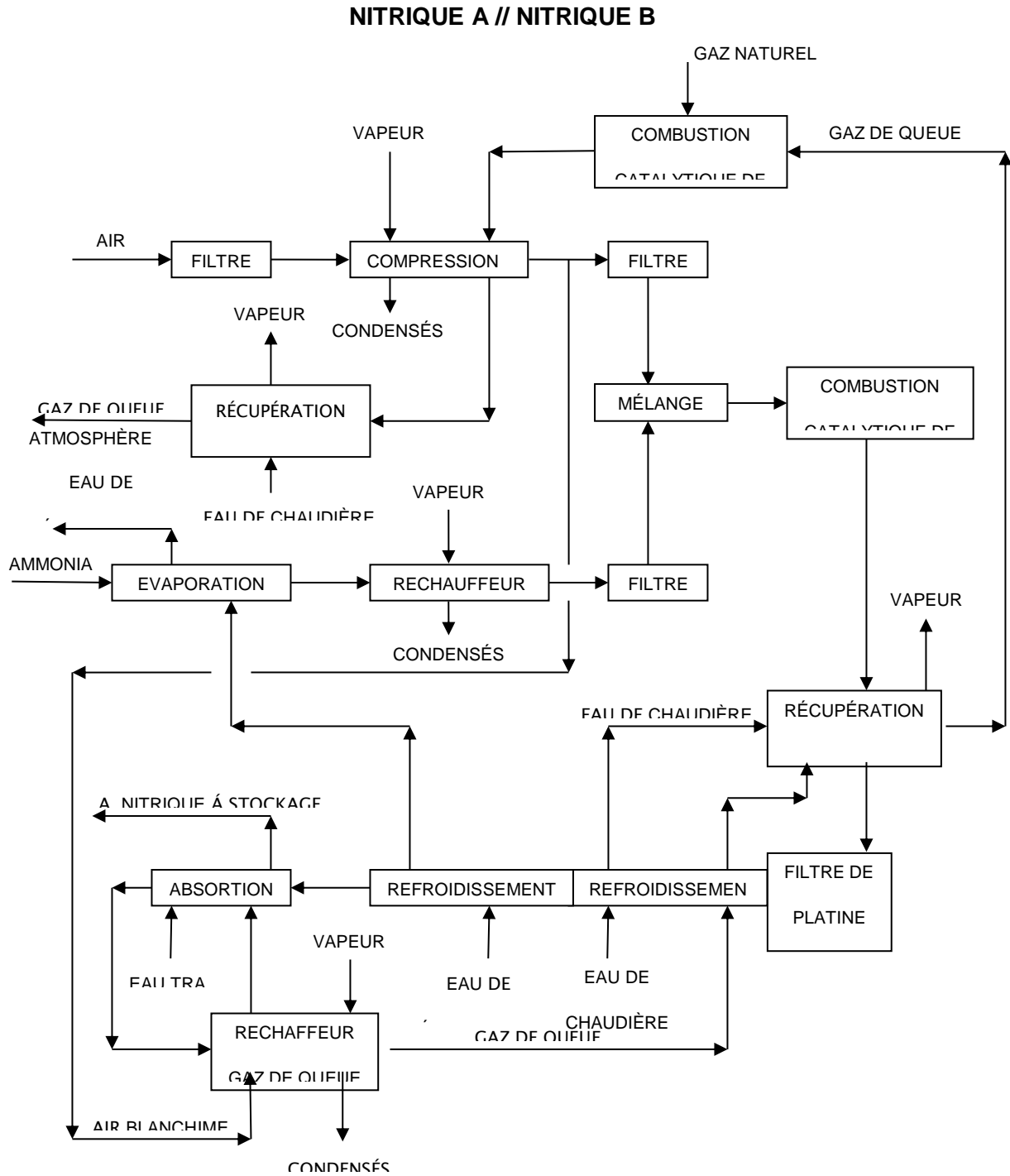


Figure 16 : Procédé de production de l'Acide Nitrique

3.10.2. Description générales de l'Unité :

Il y a deux unités égales de production Nitrique A et Nitrique B, chacune est dessinée pour une capacité productive de 400 Tonnes/jour d'acide nitrique à 100% sont du type de ligne simple et agit conformément au procédé de haute pression, et sont constitués en plusieurs sections comme suit :

- Compression d'air, évaporation d'ammoniac et mélange des deux.
- Oxydation de l'ammoniac et train d'échange
- Refroidissement des gaz d'oxydation.
- Refroidissement et absorption des gaz d'oxydation avec eau
- Combustion catalytique du gaz de queue
- Stockage final, Consommation et Expédition

Les deux unités A et B étant identique et totalement indépendante nous nous limiterons à décrire une seule unité sans préciser à chaque fois A ou B dans les repères équipements

L'air une fois filtré, il est comprimé dans le compresseur centrifuge et mélangé avec le gaz ammoniac dans un mélangeur appelé M-2101A/B avant d'entrer dans le réacteur R-2101A/B, et en présence de l'oxygène de l'air, l'azote ammoniacal s'oxyde catalytiquement à NO.

Les gaz sortie réacteur R-2101, passent à travers un filtre ou seront récupérés les poussières de catalyseur (Pt) puis par un train d'échange ou il subira une série de refroidissement successif avant d'entrer dans la colonne d'absorption C-2101. Au niveau de la zone inférieure de cet équipement, le NO s'oxyde en NO₂ et dans son chemin ascendant à travers la colonne il sera absorbé par l'eau qui descend vers le fond à travers des plateaux à calottes en se transformant en acide nitrique HNO₃

L'acide nitrique formé est débarrassé des gaz d'oxydes d'azote dissous grâce à l'air de blanchiment, l'oxygène en excès permet également d'oxyder les NO en NOx.

Sous l'effet de la pression différentiel l'acide nitrique sort de la colonne est envoyé aux bacs de stockage comme produit fini.

3.10.3. Description de l'Unité par sections :

A. Compression d'air, Évaporation et de mélange des deux

L'air atmosphérique passe à travers un filtre d'air appelé S2101 puis comprimé à 8,65 bars eff dans un compresseur centrifuge K-2101 entraîné par une turbine à vapeur KT-2101 et une turbine à gaz KG-2101. Cette dernière fournie en fonctionnement normal environ 90% de la puissance requise par le compresseur, tandis que la turbine à vapeur est dimensionnée de façon à pouvoir fournir 33% de la puissance du compresseur pour faire face à la demande de puissance lors du démarrage.

Le compresseur axial comprend deux corps (un corps BP et un corps HP) avec :

- UN réfrigérant intermédiaire air/eau réfrigération E-2119
- Une turbine à gaz.KG.2101
- Une turbine à vapeur avec poste de condensation E-2117
- La console d'huile de graissage et de régulation
- Un système anti-pompage corps HP/BP

L'air comprimé par le compresseur est divisé en deux parties, la partie principale passe par le filtre S-2102 pour aller au mélangeur air/ammoniac M-2101 où le rapport est maintenu entre 9.6 à 11 % au niveau du réacteur d'oxydation R-2101, L'autre partie de l'air nommé "Air de blanchiment", est refroidi par les gaz de queue provenant en haut de la colonne à travers les E-2116 avant d'être envoyé en bas de la colonne d'absorption.

L'ammoniac liquide à 18,3° C et 12,8 bars eff. Alimentant l'unité d'acide nitrique peut venir soit de l'unité d'ammoniac, soit du stockage intermédiaire et passe dans l'évaporateur E-2101 où il est évaporé grâce à l'eau chaude d'une température de 46°C provenant du condenseur d'acide faible E-2107.

L'ammoniac vapeur passe ensuite dans un séparateur B-2104 où les gouttelettes de liquide sont retournées à l'évaporateur E-2101 puis circule vers le surchauffeur E-2102 où il est surchauffé avec de la vapeur basse pression de 3,5 bars eff et envoyé dans le filtre d'ammoniac S-2103 avant d'entrer dans le mélangeur air/ammoniac M-2101 où il est mélangé avec l'air comprimé. Un évaporateur d'ammoniac auxiliaire E-2115 est monté en parallèle avec l'évaporateur d'ammoniac principal pour pouvoir maintenir la pression d'ammoniac prévu pour la marche de l'unité.

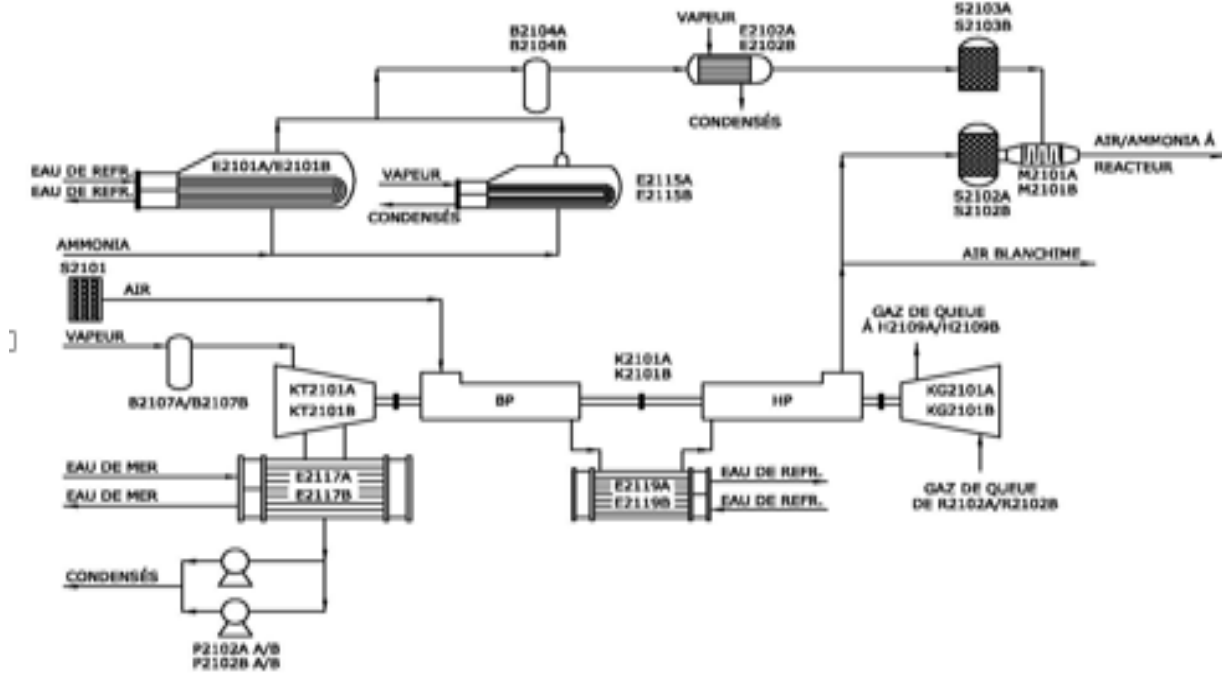


Figure 17 : Diagramme de Compression d'air, Évaporation d'ammoniac et de mélange des deux

B. Oxydation de l'ammoniac et train d'échange :

L'air comprimé et la vapeur d'ammoniac surchauffée en quantités contrôlées se mélangent au niveau du mélangeur M2101 puis sont injectés dans le réacteur R2101 composé d'un panier de toile de Platine Rhodié .Le réacteur est équipé de deux pulvérisateurs d'hydrogène (Allumeurs) situé au-dessus des toiles de platine rhodié est utilisés pendant le démarrage afin de chauffer le catalyseur à la température de réaction avant l'injection de l'ammoniac.

Le gaz produit par la réaction d'oxydation riche en NO passe par une chaudière de récupération de chaleur puis par un filtre de récupération de poussière de catalyseur (platine) avant de passer par une série d'échangeurs de chaleur ou a lieu l'oxydation du NO en NO2 et le refroidissement du gaz process à une température appropriée pour l'absorption.

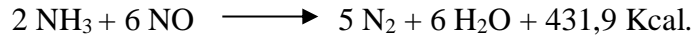
L'oxydation de l'ammoniac est très exothermique et les produits de réaction quittent le lit du catalyseur à environ 900° C.

La réaction principale d'oxydation en présence de catalyseur est :

CHAPITRE 3 : Présentation du complexe FERTIAL



Les réactions secondaires dont l'importance quantitative dépend de l'activité du catalyseur et des paramètres de marche sont :



Le gaz chaud quittant le brûleur coule autour des tubes du réchauffeur de gaz de turbine E-2108 situé dans la chambre du brûleur H-2114. La chambre du brûleur est une chaudière à double paroi où le gaz chaud cède sa chaleur à l'eau de chaudière

Le gaz venant de la chambre du brûleur passe dans les tubes de la chaudière de récupération de chaleur H-2103 où il cède sa chaleur en produisant de la vapeur moyenne pression VM (17 bars eff.). La chaudière H-2103 est reliée au ballon B2103.

Le gaz de procédé quittant la chaudière H-2103 à environ 253° C passe dans le filtre de récupération de catalyseur S-2104 où la poussière de platine du catalyseur est récupérée dans les filtres en céramique. Le gaz s'échauffe à travers les filtres en raison de l'oxydation de l'oxyde d'azote en dioxyde d'azote et sort à environ 267° C puis passe dans les tubes du réchauffeur de gaz de queue E-2105 où il transfère sa chaleur au gaz de queue provenant du réchauffeur E-2113 et enfin le gaz passe dans les tubes des réchauffeurs d'eau de chaudière E-2106 où il est refroidi à environ 162° C par l'eau d'alimentation de chaudière avant de quitter le train d'échange.

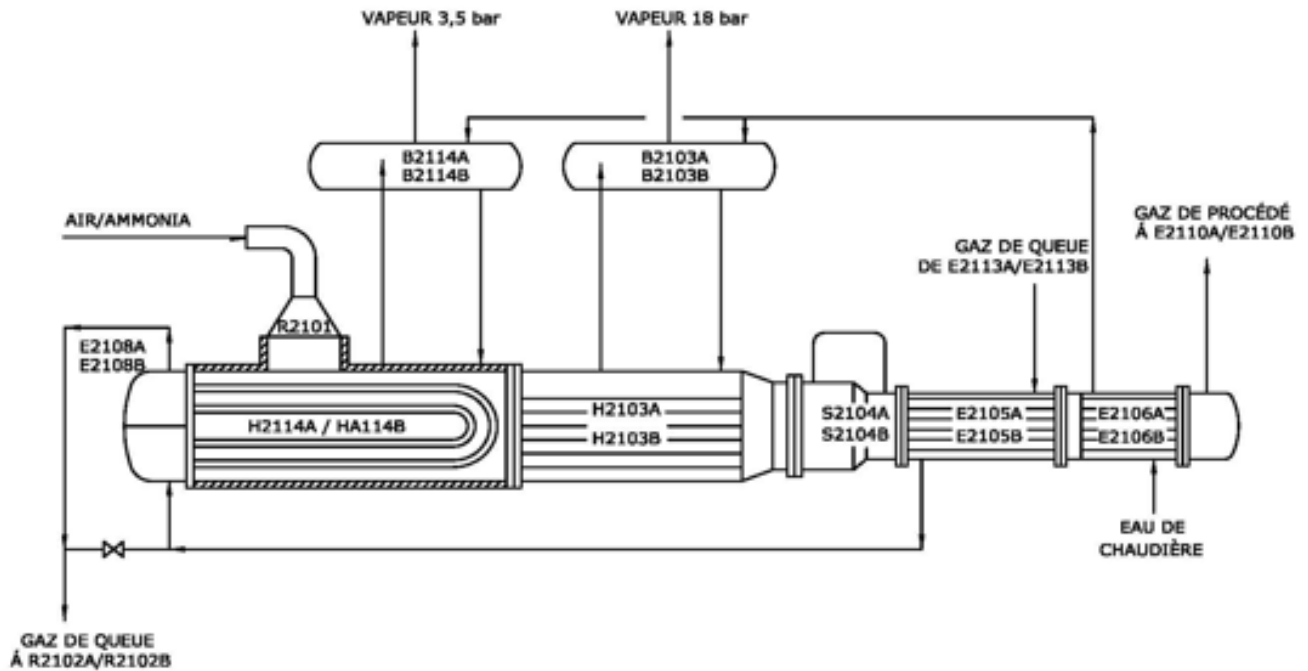


Figure 18 : Diagramme d'Oxydation de l'Ammoniac et train d'échange

C. Refroidissement et absorption de gaz process dans l'eau :

À la sortie du train d'échange, le gaz process est refroidi de 162° à 116° C dans le refroidisseur du gaz nitrique E-2110 par l'eau chaude de refroidissement provenant des serpentins de refroidissement des plateaux de la tour d'absorption.

Ensuite, le gaz passe dans le condenseur d'acide faible E-2107 où l'acide nitrique commence à se former à environ 113° C. Le mélange gaz acide est refroidi à 60° C avec l'eau de refroidissement provenant des serpentins de la tour d'absorption. L'acide faible formé atteint une concentration de 42% est introduit dans la colonne d'absorption C-2101 tandis que le gaz est injecté au fond de cette dernière.

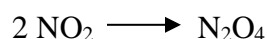
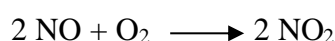
La colonne d'absorption C-2101 est divisée en trois parties :

La zone de blanchiment - La zone d'oxydation - La zone d'absorption

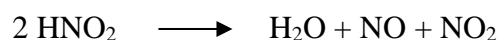
La partie inférieure formée de plateaux de blanchiment où l'acide à 55% provenant des plateaux d'absorption est mis en contact avec de l'air de blanchiment ayant une température de 101° C, les oxydes dissous sont séparés et l'acide nitrique formé.

CHAPITRE 3 : Présentation du complexe FERTIAL

La quantité d'air injecté est réglée manuellement pour maintenir une concentration d'oxygène de 2% dans le gaz de queue à la sortie de la colonne C.2101. L'air qui monte de la section de blanchiment se mélange avec le gaz de procédé provenant du condenseur d'acide faible et le mélange traverse les plateaux d'oxydation. Ces plateaux servent à l'oxydation de NO à NO₂, selon les réactions suivantes :



Il n'y a pas d'écoulement de liquide dans ces plateaux, l'acide descendant est détourné autour des plateaux. Le rapport NO₂/NO des oxydes d'azote quittant cette section est de l'ordre de 9 NO₂ à 1 NO. Les plateaux restants de la colonne sont prévus pour l'absorption à contre-courant de NO₂ dans l'eau pour produire de l'acide nitrique, selon les réactions suivantes :



La chaleur produite à travers les réactions est éliminée au moyen d'eau de réfrigération circulant dans des serpentins installés du plateau 5 au plateau 31.

L'acide faible provenant du condenseur d'acide faible est introduit au niveau du plateau numéro 14 tandis que les condensats de la turbine à vapeur sont introduits au niveau du plateau supérieur avec un débit contrôlé pour obtenir la concentration précise de l'acide produit.

L'acide du plateau inférieur d'absorption contourne la section oxydation et s'écoule directement dans la section de blanchiment. L'acide blanchi produit s'écoule du fond de colonne C.2101 vers les bacs de stockage à travers une vanne automatique LCV.512 .

Les condensats envoyés à partir bac T-2106 par l'intermédiaire des pompes d'appoint P2101A/B au plateau supérieur proviennent de la récupération des condensats de la turbine KT-2101.

CHAPITRE 3 : Présentation du complexe FERTIAL

L'échappement de la turbine à gaz est refroidi à environ 204° C dans une chaudière de récupération de chaleur de gaz de turbine H-2109 en produisant de la vapeur Basse Pression (3,5 bars eff.). Finalement, le gaz de queue est envoyé à la cheminée vers l'atmosphère.

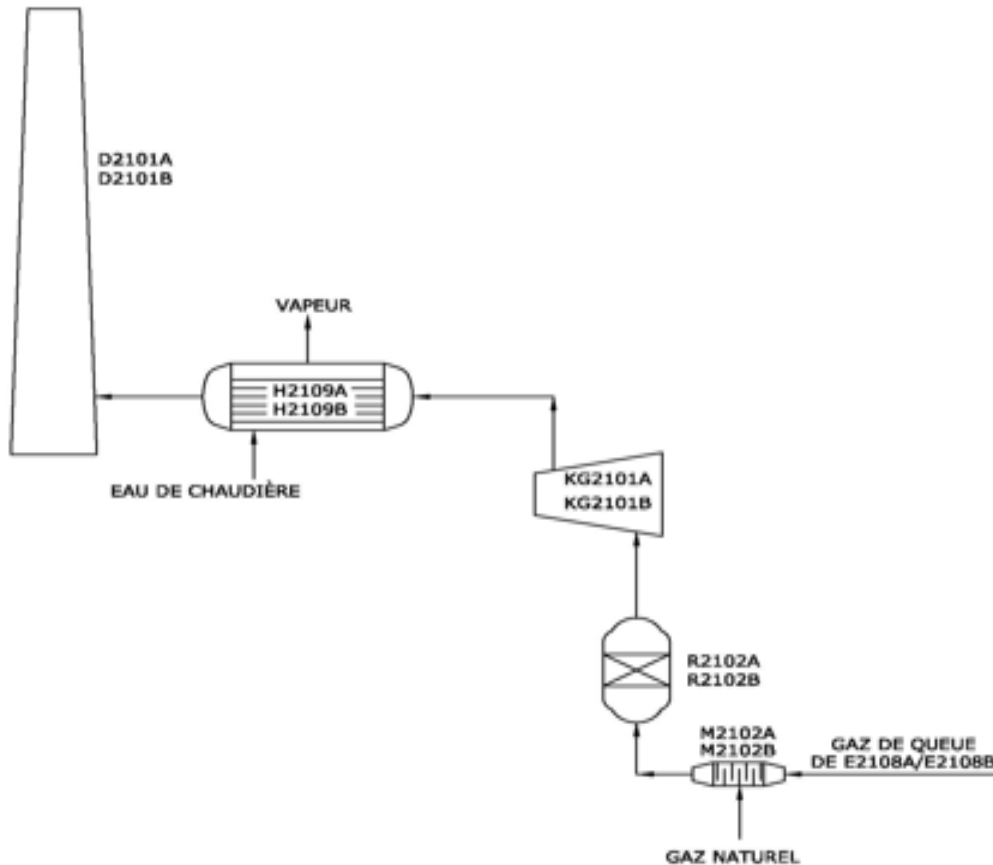


Figure 20 : Diagramme de Réduction Catalytique du gaz de queue

E. Stockage final, consommation et expédition :

Pour le stockage de l'acide produit, on dispose de cinq bac, dénommés NINA-IA, NINA-IB et NINA-IC, avec une capacité de stockage chacun de 380.tonnes et NINA-IIA, NINA-IIB et NINA-IIC, avec une capacité de stockage dans chacun de 460.tonnes

L'acide produit par les unités peut être stocké dans n'importe quel bac.

CHAPITRE 3 : Présentation du complexe FERTIAL

Tous les bacs peuvent être utilisés pour la consommation interne servant aux unités de nitrates, tandis que seuls les bacs NINA-I A / B / C peuvent être utilisés pour le chargement de l'acide destiné à la commercialisation.

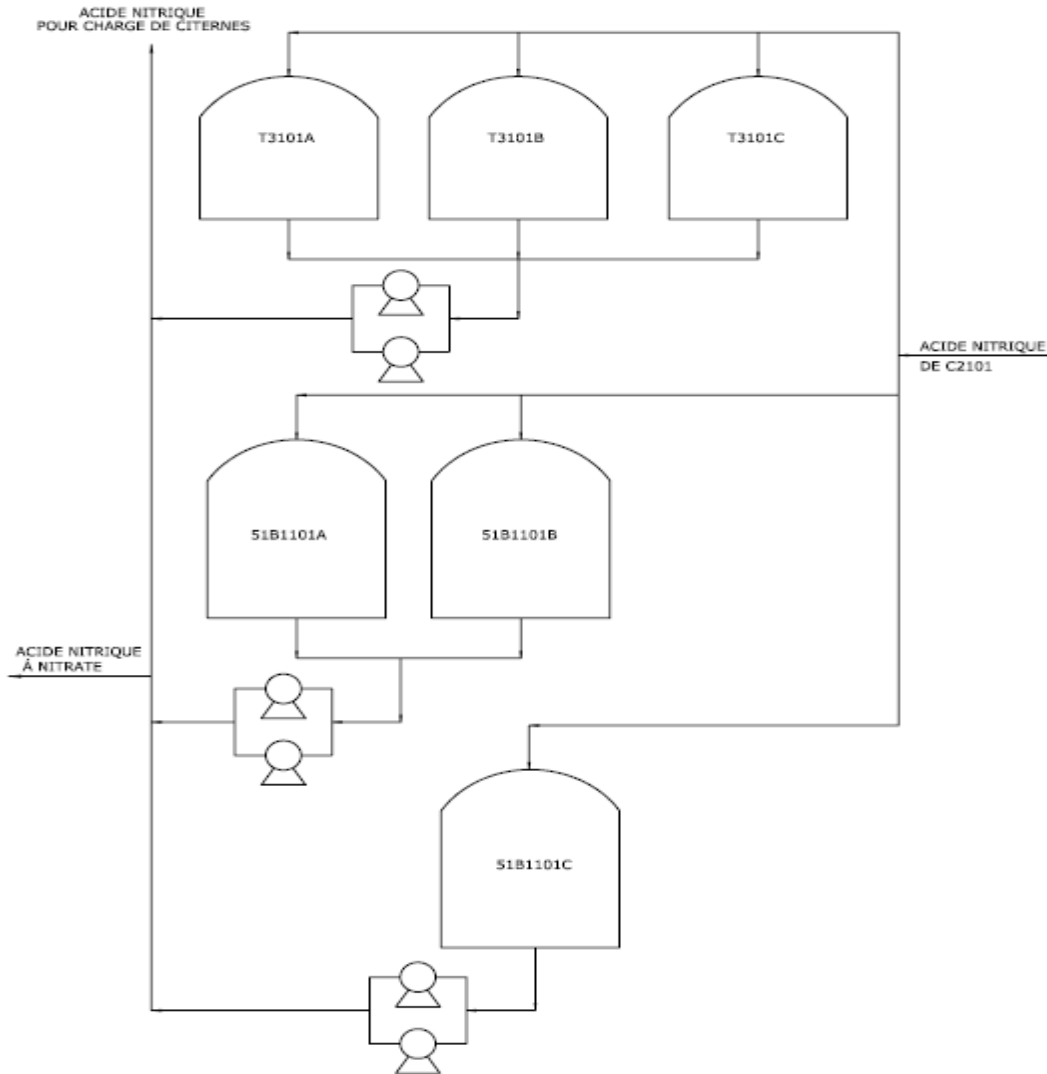


Figure 21 : Diagramme de Stockage final, Consommation et Expédition

3.11. Conclusion :

L'unité de production d'acide nitrique HNO_3 joue un rôle capital dans le complexe de production dont son indisponibilité est une situation gravement non souhaitée ainsi les conséquences qui peuvent résulter des dommages graves sur les personnes, l'environnement, les installations et la production. Pour toutes ces raisons, l'installation requiert qu'on veille à son fonctionnement en sécurité

CHAPITRE 4 :

ETUDE DE CAS (SYNTHESE)

4.1. Introduction :

Comme l'unité d'acide nitrique une unité motrice du complexe de production, on doit assurer son bon fonctionnement ainsi que sa disponibilité. D'après le Rex (retour d'expérience), les risques majeur explosion est l'évènement que redoute FERTIAL.

Dans ce chapitre, plusieurs outils pratiques et une démarche sont mis en œuvre dans le but de maîtriser tel évènement.

4.2. Synthèse :

4.2.1. Mise en œuvre de la méthode HAZOP :

A. Liste des nœuds :

Les nœuds étudiés pendant l'analyse HAZOP ont été les suivants : (**Annexe V**)

1. **Nœud N°1** : Circuit ammoniac chaud : bain Marie jusqu'à M2101 mélangeur.
2. **Nœud N°2** : Circuit Gaz de process : Mélangeur M2101 jusqu'à plateau de la colonne N°4.
3. **Nœud N°3** : Circuit Gaz de Queue : la colonne C2101 jusqu'à M2102 mélangeur.
4. **Nœud N°4** : Circuit Air.
5. **Nœud N°5** : Circuit de VB (Basse pression de vapeur).
6. **Nœud N°6** : Circuit du CH₄.
7. **Nœud N°7** : Circuit d'eau de refroidissement.

B. Tableaux HAZOP :

L'application de la méthode HAZOP selon les données précédentes nous a menées à ces tableaux :

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

Tableau 20 : Analyse du scénario N°1

Processus : Unité de production acide nitrique HNO3 Plan P&ID : JCDSA.0150.9101 B Tableau N° :1			Date :	6 avril 2021	Révision :	0										
			HAZOP chairman :	Mlle : Hadjer BENIKHLEF												
			Membres d'équipe :	Mr Aboubakr MIMOUNI----ingénieur sécurité Mr Mohammed HADJADJ-----chef structure production Mr Omar BOUNACEUR-----chef d'unité												
Nœud	Paramètres	Déviation	Causes	Conséquences	Avant Réduction des Risques			Protections Existantes Safeguards	Après Réduction des Risques			Recommandations	Après Recommandation			
					G	P	R		G	P	R		G	P	R	
R01	Nœud N°1 Circuit ammoniac chaud bain Marie jusqu'à M2101 mélangeur	Pression	Trop de pression	- Défaillance de la vanne VB (reste ouverte) qui préchauffe le bain Marie - Endommagement de la canalisation par pression haute - Endommagement les équipements de circuits	G 3	P 5	R 3 P 5	-THI Indicateur de température local -TE thermocouple 58206B -PSV -LIC502 -LAHL505	G 3	P 2	R 3 P 2	-Rendre opérationnel la vanne automatique de VB bain marie (TCV58206)	G 3	P 1	R 3 P 1	

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

R02			-Arrêt de production		G 2	P 5	G 2 P 5	-PSV 2102 A / B -PI -THI -TE	G 2	P 2	G 2 P 2			
R03			-Endommagement de la surchauffeur E2102 -Endommagement évaporateur principale E2101 -Endommagement de séparateur B2104	-Fermeture brusque de la vanne FRCV 003	G 2	P 5	G 2 P 5	-PC133 -TI240 -PI102 -TISA209 -TAL209 -PT101 -TE0038 Temperature des toiles de platine - -TE217 -TE219 -PSV 2102 A / B	G 2	P 2	G 2 P 2			
R04			-Endommagement de la surchauffeur E2102	-Encrassement de filtre S2103	G 3	P 5	G 3 P 5	-PDI110 (Difference de pression) -PC133 -TI240 -PI102 -TISA209 -TAL209 -PT101 -TE0038 Temperature des toiles de platine - -TE217 -TE219	G 3	P 2	G 3 P 2			

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

R05				-Rupture de canalisation (Fuite de NH3)	-Pollution environnementale -Arrêt de production -Accident humain	G 3	P 3	G 3 P 3	-Maintenance préventive (les gammes) -Sécurité intervention (Réseau d'eau incendie)	G 2	P 2	G 2 P 2	-Intensifier (renforcer) les contrôles d'épaisseurs	G 1	P 1	G 1 P 1
R06				-fissuration au niveau de calandre E2101	-Pollution environnementale -Arrêt de production -Accident humain	G 4	P 3	G 4 P 3	-Maintenance préventive (les gammes) -Test d'épreuve -Sécurité intervention (Réseau d'eau incendie)	G 3	P 2	G 3 P 2				
R07			Pas assez de pression	-Niveau bas dans E2101	-Arrêt de production	G 1	P 5	G 1 P 5	LG 503 LAHL 505	G 1	P 3	G 1 P 3				
R08				-Fissuration au niveau de calandre E2102	-Pollution environnementale -Arrêt de production	G 4	P 3	G 4 P 3	-Maintenance préventive (les gammes) -Test d'épreuve -Sécurité intervention (Réseau d'eau incendie)	G 3	P 2	G 3 P 2				
R09				-Pression basse d'ER	-Perturbation de process de production	G 1	P 4	G 1 P 4	PI PT	G 1	P 3	G 1 P 3				
R10				-Température basse de ER (Eau de refroidissement)	-Perturbation de process de production	G 1	P 4	G 1 P 4	-TE (thermocouple) au niveau de circuit de ER -THI	G 1	P 3	G 1 P 3				

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

R11		Débit	Trop de Débit	-Pression très haute E2101	-Arrêt de production -Endommagement du catalyseur -Endommagement de R2101	G 5	P 5	G 5 P 5 P 5	-Rapport Air/NH3 -TS217 -TS219 -TISA 209 -SSV601	G 3	P 2	G 3 P 2			
R12				-Défaillance FRCV003 (Reste ouverte)	-Arrêt de production -Endommagement du catalyseur -Endommagement de R2101	G 5	P 5	G 5 P 5	-TS209 Température très basse de NH3 -LAHH505 niveau très haut de NH3 dans E2101 -TE217 et TE219 Niveau très bas des chaudières -Rapport Air/NH3	G 3	P 1	G 3 P 1			
R13			Pas assez de Débit	-pression basse d'E2101	-Arrêt de production	G 1	P 4	G 1 P 4	-PCV101 A	G 1	P 2	G 1 P 2			
R14				-Défaillance FRCV003 (Reste fermer)	-Arrêt de production	G 2	P 4	G 2 P 4	-Intervention opérateur SDC	G 1	P 2	G 1 P 2			
R15			Inverse Débit	-Chute brusque de la pression	-Arrêt de production	G 2	P 4	G 2 P 4	-Clapet anti retour	G 1	P 4	G 1 P 4			
R16			Perte d'utilité	Perte d'air d'instrument	-Fissuration importante de la conduite d'air	-Perturbation de process de production	G 3	P 4	G 3 P 4	-PT129 -PI129 -Maintenance préventive	G 3	P 1	G 3 P 1		

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

R17				-Fermeture par erreur de la vanne manuelle qui alimente l'unité par l'air	-Perturbation des vannes automatiques -instabilité des paramètres de marche -Arrêt de production	G 1	P 3	G 1 P 3	-PT129 -PI129 -Sensibilisation par le biais des réunions de groupe	G 1	P 1	G 1 P 1				
R18				-Trop de Température d'ER	-Pression haute de NH3 qui provoque un endommagement possible de la conduite, équipements	G 4	P 5	G 4 P 5	-PSV -TE241 -PCV101A/B	G 4	P 2	G 4 P 2	-Intensifier (renforcer) les contrôles d'épaisseurs	G 4	P 1	G 4 P 1
R19				-Trop de Température de VB	-Pression haute de NH3 qui provoque un endommagement possible de la conduite, équipements	G 4	P 5	G 4 P 5	-PI102 (VB) -TI246 (NH3) -TS209 (NH3 depuis SDC)	G 4	P 2	G 4 P 2	-Intensifier (renforcer) les contrôles d'épaisseurs -Installation d'une PCV à l'entrée du E2102 pour By-Pass de la VB en cas de haute température,	G 2	P 1	G 2 P 1
R20				-Pression haute de VB	-Pression haute de NH3 qui provoque un endommagement possible de la conduite, équipements	G 4	P 5	G 4 P 5	-PI102 (VB) -TI246 (NH3) -TS209 (NH3 depuis SDC)	G 4	P 2	G 4 P 2	-Intensifier (renforcer) les contrôles d'épaisseurs -Installation d'une PCV à l'entrée du E2102 pour By-Pass de la VB en cas de haute température,	G 2	P 1	G 2 P 1
R21				Pas assez de température	-Basse température de VB au niveau de E2102	G 2	P 5	G 2 P 5	-TI246 -PI102 -TS209 -TISA209	G 2	P 2	G 2 P 2				

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

R22			-Basse température de ER au niveau de E2101	-Pression basse qui provoque l'arrêt de l'unité	G 2	P 5	G 2 P 5	-TI241 -TISA209	G 2	P 2	G 2 P 2			
R23			-Défaillance vanne manuelle de la VB qui surchauffe le bain Marie	-Mauvais rendement de E2101 (présence de plusieurs tubes bouchés) -Arrêt de production	G 3	P 4	G 3 P 4	-Maintenance préventive -TSA209	G 3	P 2	G 3 P 2			
R24	Niveau	Trop de Niveau	-Défaillance LCV501 reste ouverte	-Endommagement toile de platine voir - Arrêt de production	G 3	P 5	G 3 P 5	-LG 503 -LAHL 505 -LIC502 avec LT TE217 et TE219	G 3	P 2	G 3 P 2			
R25		Pas assez de Niveau	-Défaillance LCV501 reste fermée	-Arrêt de production	G 2	P 5	G 2 P 5	-LG 503 -LAHL 505 -LIC502 avec LT	G 2	P 2	G 2 P 2			
R26	Composition	Autre composition	-Pollution ER par NH3 au niveau E2101	-Arrêt de production	G 2	P 5	G 2 P 5	-Analyse laboratoire PH mètre	G 2	P 2	G 2 P 2			
R27	Opération	Opération Maintenance	-Mauvaise configuration des instruments des mesures (LCV PCV FSV)	-Perturbation de process voir arrêt de production	G 2	P 2	G 2 P 2	-LG -PI -THI -Ronde opérateur	G 2	P 1	G 2 P 1			
R28			-Mauvaise qualité d'intervention de maintenance	-Perturbation de process voir arrêt de production	G 3	P 2	G 3 P 2	-Suivre de l'inspection (technique)	G 3	P 1	G 3 P 1			
R29			-Placement des pièces non conforme (joint non conforme...)	-Perturbation de process voir arrêt de production	G 3	P 4	G 3 P 4	-les études de conformités	G 3	P 1	G 3 P 1			
R30		Opération Start up	NA	NA										

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

Tableau 21 : Analyse du scénario N°2

Tableau N° 2																
	Nœud	Paramètres	Déviation	Causes	Conséquences	Avant Réduction des Risques			Protections Existantes Safeguards	Après Réduction des Risques			Recommandations	Après Recommandation		
						G	P	R		G	P	R		G	P	R
R32	Nœud N° 2 Circuit Gaz de process Mélangeur M2101 jusqu'à plateau de la colonne N°4	Pression	Trop de pression	-Encrassement des équipements (bouchage)	-Endommagement des équipements	G 3	P 4	G 3 P 4	-Ouverture des antis pompages compresseur K2101	G 1	P 4	G 1 P 4				
R33			Pas assez de pression	-Perforation train d'échange	-Arrêt de production -Pollution environnementale	G 4	P 4	G 4 P 4	-maintenance préventive -réseau d'extinction fixe anti incendie	G 2	P 2	G 2 P 2				
R34		Débit	Trop de Débit	-Défaillance de FCV003 reste ouverte	-Mélange explosif (15% à 28%)	G 5	P 5	G 5 P 5	-Rapport air / NH3 > a 12 % provoque le déclenchement de la section d'oxydation -TS219 -TS217 -Réseau anti incendie	G 1	P 5	G 1 P 5				
R35				-Présence des gouttelettes NH3 dans le R2101	-Augmentation du rapport air / NH3 voir un mélange explosif	G 5	P 5	G 5 P 5	-Rapport air / NH3 > a 12 % provoque le déclenchement de la section d'oxydation	G 4	P 1	G 4 P 1				

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

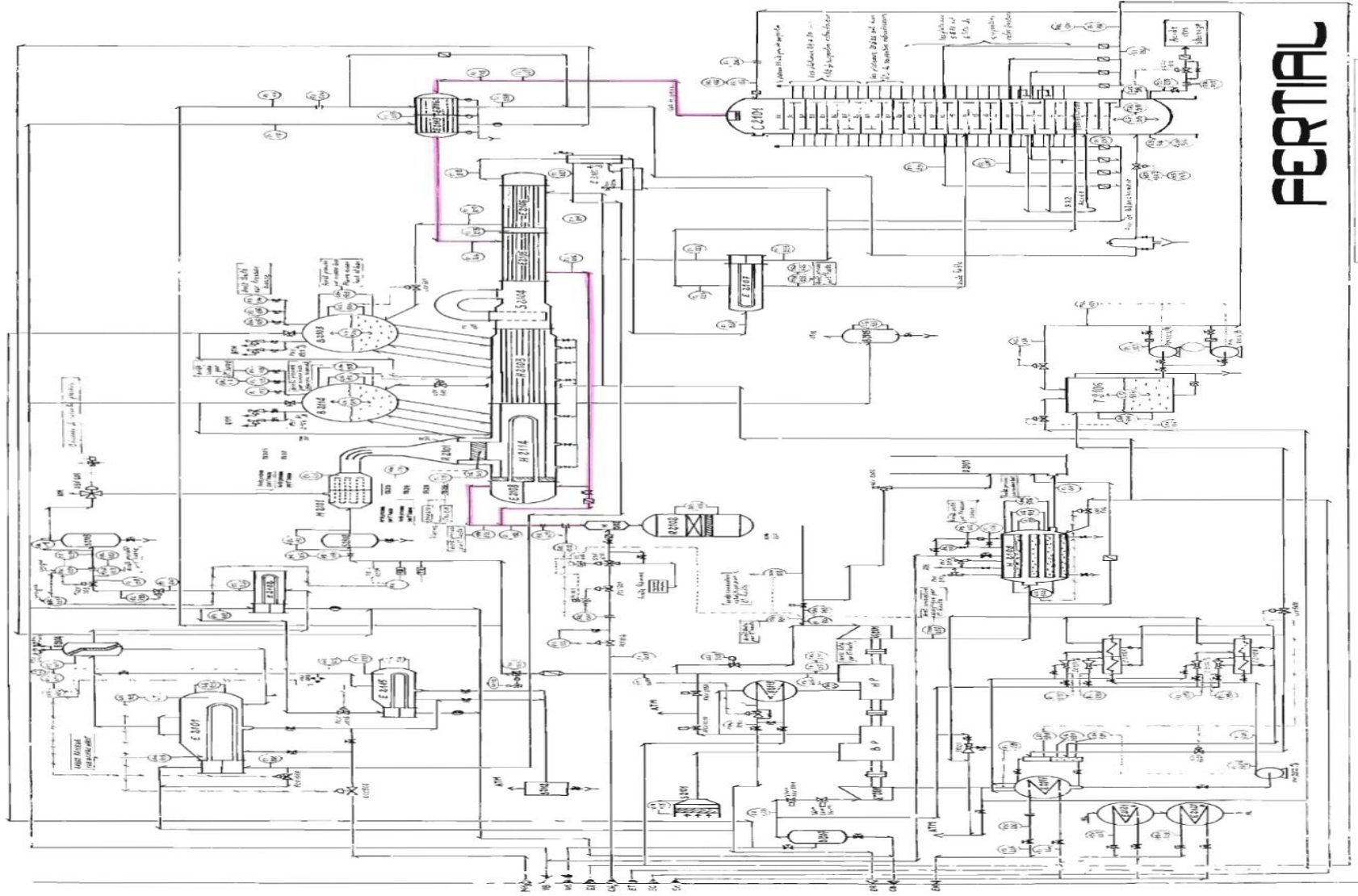
									-TS219 -TS217 -TAH219 -réseau incendie (minimise les dégâts) -maintenance préventive							
R36		Pas assez de Débit	-Fissuration M2101	-Perturbation de process	G 3	P 2	G 3 P 2	G 2	P 1	G 2 P 1						
R37			-Défaillance FCV003 reste fermée	-Perturbation de process (basse température de gaz de process) voir arrêt de production	G 2	P 4	G 2 P 4	G 2	P 2	G 2 P 2						
R38		Inverse Débit	NA	NA												
R39	Perte d'utilité	Perte d'air d'instrument ation	Voir le circuit d'ammoniac	Voir le circuit d'ammoniac												
R40	Température	Trop de Température	-Trop de débit ammoniac pas assez débit air (air / NH3 élevée)	-Endommagement de platine -Endommagement des équipements -Arrêt de production	G 5	P 4	G 5 P 4	G 2	P 2	G 2 P 2						

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

R41		Pas assez de température	-Perforation des tubes de chaudières provoque un excès d'eau dans le gaz de process	-Basse production HNO3	G 3	P 3	G 3 P 3	-Maintenance de préventive -teste d'épreuve	G 3	P 2	G 3 P 2				
R42			-Pas assez de débit NH3	-Perturbation process Basse production HNO3	G 3	P 4	G 3 P 4	-TAL219 -TS219 -TAL217 -TS217 -FT003	G 3	P 2	G 3 P 2				
R43	Niveau	Trop de Niveau	NA	NA											
R44		Pas assez de Niveau	NA	NA											
R45	Composition	Autre composition	-Perforation des tubes des chaudières	-Excès d'eau dans le gaz de process voir basse température	G 3	P 4	G 3 P 4	-Intervention opérateur -Maintenance préventive -Test d'épreuve	G 1	P 2	G 1 P 2				
R46	Opération	Opération Maintenance	Voir le circuit d'ammoniac	Voir le circuit d'ammoniac											
R47		Opération Start up	Voir le circuit d'ammoniac	Voir le circuit d'ammoniac											
R48		Opération Shut down	Voir le circuit d'ammoniac	Voir le circuit d'ammoniac											

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

Noeud N°3



JCDSA.0150.9101 B REV 1

MTE/ISAM
MZZAZ
Destituer
Verificateur

1 - Ajout de la boucle de producton TS217 - Elimination ligne de refroidissement avec TCV 206
Rer

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

Tableau 22 : Analyse du scénario N° 3

Tableau N°		3																
	Nœud	Paramètres	Déviation	Causes	Conséquences	Avant Réduction des Risques			Protections Existantes Safeguards	Après Réduction des Risques			Recommandations	Après Recommandation				
						G	P	R		G	P	R		G	P	R		
R49	Nœud N° 3 Circuit Gaz de Queue la colonne C2101 jusqu'à M2102 mélangeur	Pression	Trop de pression	NA	NA													
R50			Pas assez de pression	NA	NA													
R51		Débit	Trop de Débit	NA	NA													
R52			Pas assez de Débit	NA	NA													
R53			Inverse Débit	NA	NA													
R54		Perte d'utilité	Perte d'air d'instrumentation	NA	NA													
R55		Température	Trop de Température		NA	NA												
R56					-Rupture de canalisation air de blanchiment	-Déclanchement d'unité	G3	P2	G3	-Maintenance préventive	G3	P1	G3					
R57			Pas assez de température		-Rupture de canalisation de la VB	-Déclanchement d'unité	G3	P2	G3	-Maintenance préventive	G3	P1	G3					
R58					-Fermeture vanne manu de la VB qui	-Pas de conséquence considérable	G1	P2	G1	-Intervention operateur	G1	P1	G1					

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

			provoque pas assez de température de VB				P 2	-PI117 -TI214			P 1					
R59		Niveau	Trop de Niveau	NA	NA											
R60			Pas assez de Niveau	NA	NA											
R61		Compositio n	Autre composition	-Perforation des tubes E2116	-Augmentation le taux d'O2 dans le gaz de queue	G 1	P 2	G 1 P 2	-Maintenance préventive -Teste d'épreuve	G 1	P 1	G 1 P 1				
R62				-Perforation des tubes E2113	-Formation d'acide nitrique	G 3	P 3	G 3 P 3	-Analyse laboratoire -Ronde operateur -Maintenance préventive -Teste d'épreuve	G 3	P 2	G 3 P 2				
R63		Opération	Opération Maintenance	Voir le circuit d'ammoniac	Voir le circuit d'ammoniac											
R64			Opération Start up	Voir le circuit d'ammoniac	Voir le circuit d'ammoniac											
R65			Opération Shut down	Voir le circuit d'ammoniac	Voir le circuit d'ammoniac											

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

Tableau 23 : Analyse du scénario N°4

Tableau N°		4														
	Nœud	Paramètres	Déviation	Causes	Conséquences	Avant Réduction des Risques			Protections Existantes Safeguards	Après Réduction des Risques			Recommandations	Après Recommandation		
						G	P	R		G	P	R		G	P	R
R66	Nœud N° 4 Circuit Air	Pression	Trop de pression	-Encrassement de filtre S2102	-Rupture de la conduite d'air	G 2	P 4	G 2 P 4	-Maintenance préventive -PCV123 -SV123 -PI116 -FI004 -Anti pompage K2101	G 1	P 1	G 1 P 1				
R67			Pas assez de pression	-Défaillance de FPCV2105 A / B reste ouverte	-Perturbation de process voir arrêt de production	G 2	P 4	G 2 P 4	-PT107 -Anti pompages FFPCV2107 A / B	G 2	P 2	G 2 P 2				
R68				-Freinage de la turbine KT2101	-Perturbation de process voir arrêt de production	G 2	P 4	G 2 P 4	-PT107 Anti pompages FFPCV2107 A / B	G 2	P 2	G 2 P 2				
R69				-Fissuration de la conduite d'air vers le mélangeur	-Endommagement la conduite Arrêt de production	G 3	P 4	G 3	-Maintenance préventive	G 3	P 2	G 3				

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

							P 4				P 2				
R70	Débit	Trop de Débit	-Défaillance de la vanne HCV603 (reste ouverte)	-Pas assez de débit d'air qui provoque rapport élevé Air / NH3 voir un mélange explosif	G 5	P 4	G 5 P 4	-FRCV003 -SSV601 -Rapport Air/NH3 -FT003 -TS217 et TS219	G 3	P 2	G 3 P 2				
R71			-Encrassement de filtre S2102	-Trop de pression qui provoque la rupture de la conduite d'air	G 2	P 4	G 2 P 4	-Maintenance préventive -PCV123 -SV123 -PI116 -FI004 -Anti pompage K2101	G 1	P 1	G 1 P 1				
R72		Pas assez de Débit	-Défaillance de FPCV2105 A / B reste ouverte	-Perturbation de process voir arrêt de production -Création d'un mélange explosif (augmentation le rapport air / NH3	G 2	P 4	G 2 P 4	-PT107 -Anti pompes FFPCV2107 A / B -FRCV003	G 2	P 2	G 2 P 2				
R73			-Freinage de la turbine KT2101	-Perturbation de process voir arrêt de production -Création d'un mélange explosif (augmentation le rapport air / NH3	G 2	P 4	G 2 P 4	-PT107 -Anti pompes FFPCV2107 A / B -FRCV003	G 2	P 2	G 2 P 2				
R74		Inverse Débit	NA	NA											
R75	Perte d'utilité	Perte d'instrumentation	Voir le circuit d'ammoniac	Voir le circuit d'ammoniac											

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

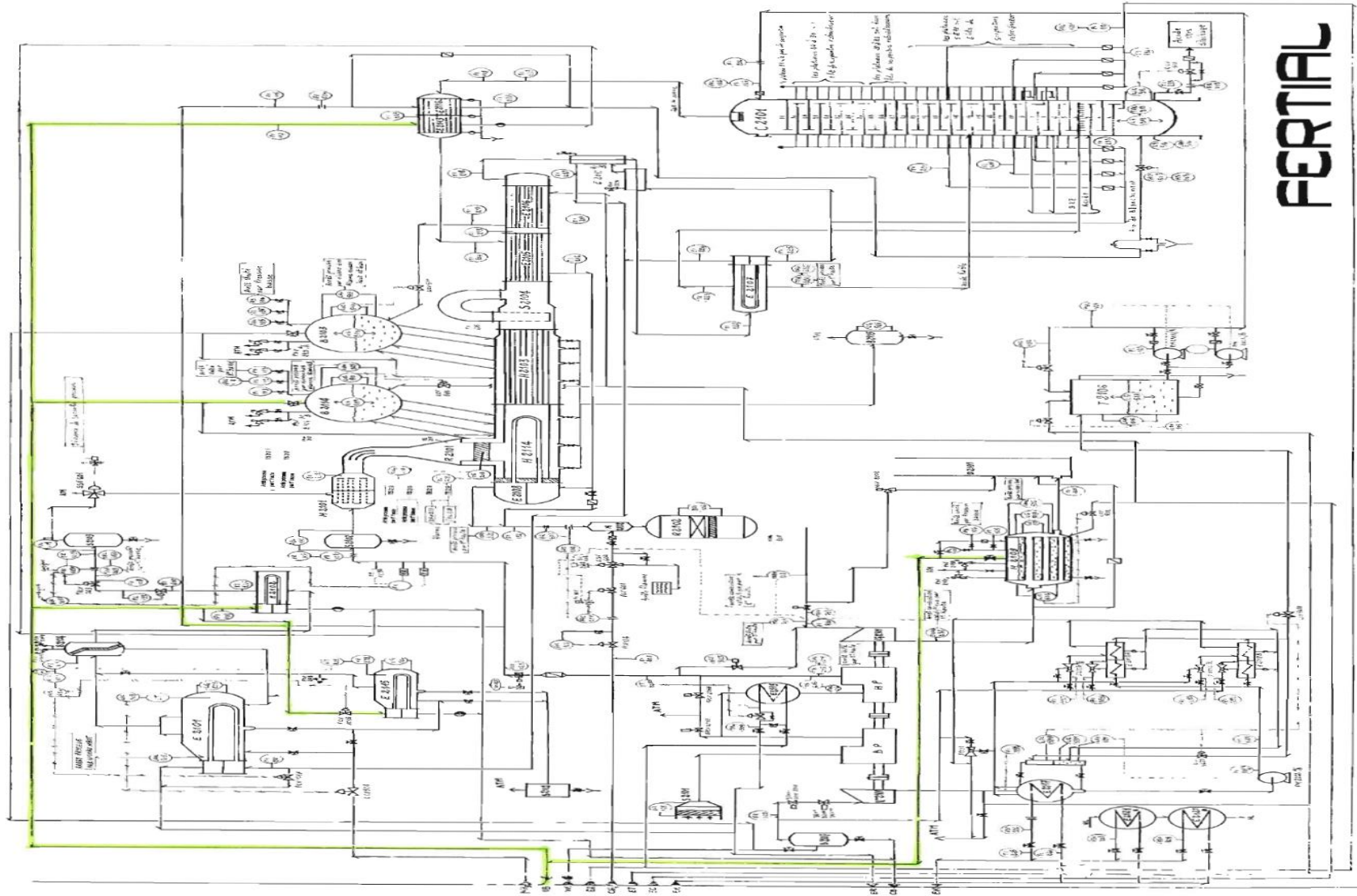
R76		Température	Trop de Température	-Pas assez de pression d'ER dans le réfrigérant	-Endommagement de E2119 -Endommagement du K2101 -Arrêt de production	G 5	P 5	G 5 P 5	-PT74107	G 5	P 5	G 5 P 5	-Installation d'une 2eme pompe et la mettre en auto avec un PS. - Mettre en œuvre le projet de changement du filtre d'air à l'aspiration du corps BP. -mise en service TS615 TAH615.	G 1	P 1	G1P 1		
R77				Pas assez de débit d'ER dans le réfrigérant	-Endommagement de E2119 -Endommagement du K2101 -Arrêt de production	G 5	P 5	G 5 P 5	-PT74107	G 5	P 5	G 5 P 5	-Installation d'une 2eme pompe et la mettre en auto avec un PS. -Mettre en œuvre le projet de changement du filtre d'air à l'aspiration du corps BP. -mise en service TS615 TAH615	G 1	P 1	G1P 1		
R78				-Défaillance réfrigérant E2119	-Endommagement de corps HP du compresseur K2101 -Arrêt de production	G 4	P 4	G 4 P 4	-Maintenance préventive	G 4	P 3	G 4 P 3	-Avoir la disponibilité du corps HP du compresseur et le réfrigérant E2119 dans le magasin	G 4	P 1	G4P 1		
R79				Pas assez de température	-Défaillance de la vanne TCV80350 reste ouverte	-Perturbation de la réaction CH ₄ / Gaz de queue	G 2	P 2	G 2 P 2	-TS616 -TAL616	G 2	P 1	G 2 P 1					
R80				Niveau	Trop de Niveau	NA	NA											

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

R81			Pas assez de Niveau	NA	NA												
R82		Composition	Autre composition	-Défaillance de E2119 qui provoque un mélange ER/Air	-Endommagement de compresseur partie HP voir arrêt de production	G 3	P 3	G 3 P 3	-Maintenance préventive -TS616 -TAL616	G 3	P 2	G 3 P 2					
R83				-Les impuretés (des poussières)	-Endommagement de compresseur voir arrêt de production	G 3	P 4	G 3 P 4	-DPI125	G 3	P 2	G 3 P 2					
R84		Opération	Opération Maintenance	Voir le circuit d'ammoniac	Voir le circuit d'ammoniac												
R85			Opération Start up	Voir le circuit d'ammoniac	Voir le circuit d'ammoniac												
R86			Opération Shut down	Voir le circuit d'ammoniac	Voir le circuit d'ammoniac												

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

Novus N°5



JCDSA.0150.9101 B REV 1

MAZAZ Classificateur
MTE/MSN Verificateur

1 - Ajout de la boucle de pression TS217 - Elimination ligne de refroidissement avec TCV206
REV

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

Tableau 24 : Analyse du scénario N°5

Tableau N° 5																
	Nœud	Paramètres	Déviation	Causes	Conséquences	Avant Réduction des Risques			Protections Existantes Safeguards	Après Réduction des Risques			Recommandations	Après Recommandation		
						G	P	R		G	P	R		G	P	R
R87	Nœud N° 5 Circuit de VB (Basse pression de vapeur)	Pression	Trop de pression	-Défaillance de la vanne LCV510 reste fermé	-Niveau bas d'eau de Ballon B2114 qui provoque endommagement de la chaudière	G 4	P 4	R 4	-PI113 -PS112 -PS113 -LG519 -LIC510 -PSV2104 A / B	G 4	P 1	R 1				
R88				-Arrêt alimentation d'eau de chaudière EC	-Niveau bas d'eau de Ballon B2114 qui provoque endommagement de la chaudière -Endommagement des tubes de H2109	G 4	P 4	R 4	-PI113 -PS112 -PS113 -LG519 -LIC510 -LG520 -LIC502 -PSV2104 A / B -PSV2110 A / B -PS106 -PT125 -PAL107	G 4	P 1	R 1				

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

R89			-Défaillance de la vanne LCV502 reste fermé	-Niveau bas d'eau de Ballon B2114 qui provoque endommagement de la chaudière -Endommagement des tubes de H2109	G 4	P 4	G 4 P 4	-PS106 -PT125 -PAL107 -LG520 -LIC502 -PSV2110 A / B	G 4	P 1	G 4 P 1				
R90			-Fissuration de la conduite de VB	-Accident humain -Perte de production	G 3	P 2	G 3 P 2	-Maintenance préventive -TISA209	G 3	P 1	G 3 P 1				
R91		Pas assez de pression	-Niveau très haut d'eau de ballon B2114	-Basse de température de surchauffeur E2102 -Basse de température de E2113 -Basse de température de bain Marie 58W1101 -Mauvais chauffage de NH3 à travers les lignes de tressages	G 2	P 3	G 2 P 3	-PI113 -PS112 -PS113 -LG519 -LIC510 -LG520 -PI102 -TISA209 -TI Local -PI117 -TE58206 -PI local de VB	G 2	P 1	G 2 P 1				

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

R92			-Niveau très haut d'eau de H2109	-Basse de température de surchauffeur E2102 -Basse de température de E2113 -Basse de température de bain Marie 58W1101 -Mauvais chauffage de NH3 à travers les lignes de tressages	G 2	P 3	G 2 P 3	-LIC502 -PS106 -PT125 -PAL107 -TISA209 -TI Local -PI117 -TE58206 -PI local de VB	G 2	P 1	G 2 P 1				
R93		Trop de Débit	NA	NA											
R94		Pas assez de Débit	-Défaillance de la vanne LCV502 reste fermé	-Niveau bas de la chaudière qui provoque un déclenchement d'unité -Endommagement de la chaudière H2109	G 4	P 4	G 4 P 4	-PS106 -PT125 -PAL107 -LG520 -LIC502	G 4	P 2	G 4 P 2	-Étudier la nécessité d'installer une autre vanne auto LCV	G 4	P 1	G4P 1
R95			-Défaillance de la vanne LCV510 reste fermé	-Niveau bas d'eau dans le ballon B2114 qui provoque un déclenchement d'unité -Endommagement de la chaudière H2114	G 4	P 4	G 4 P 4	-PI113 -PS112 -PS113 -LG519 -LIC510	G 4	P 2	G 4 P 2	-Étudier la nécessité d'installer une autre vanne auto LCV	G 4	P 1	G4P 1
R96		Inverse Débit	NA	NA											
R97	Perte d'utilité	Perte d'air d'instrumentation	-Voir le circuit d'ammoniac	-Voir le circuit d'ammoniac											

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

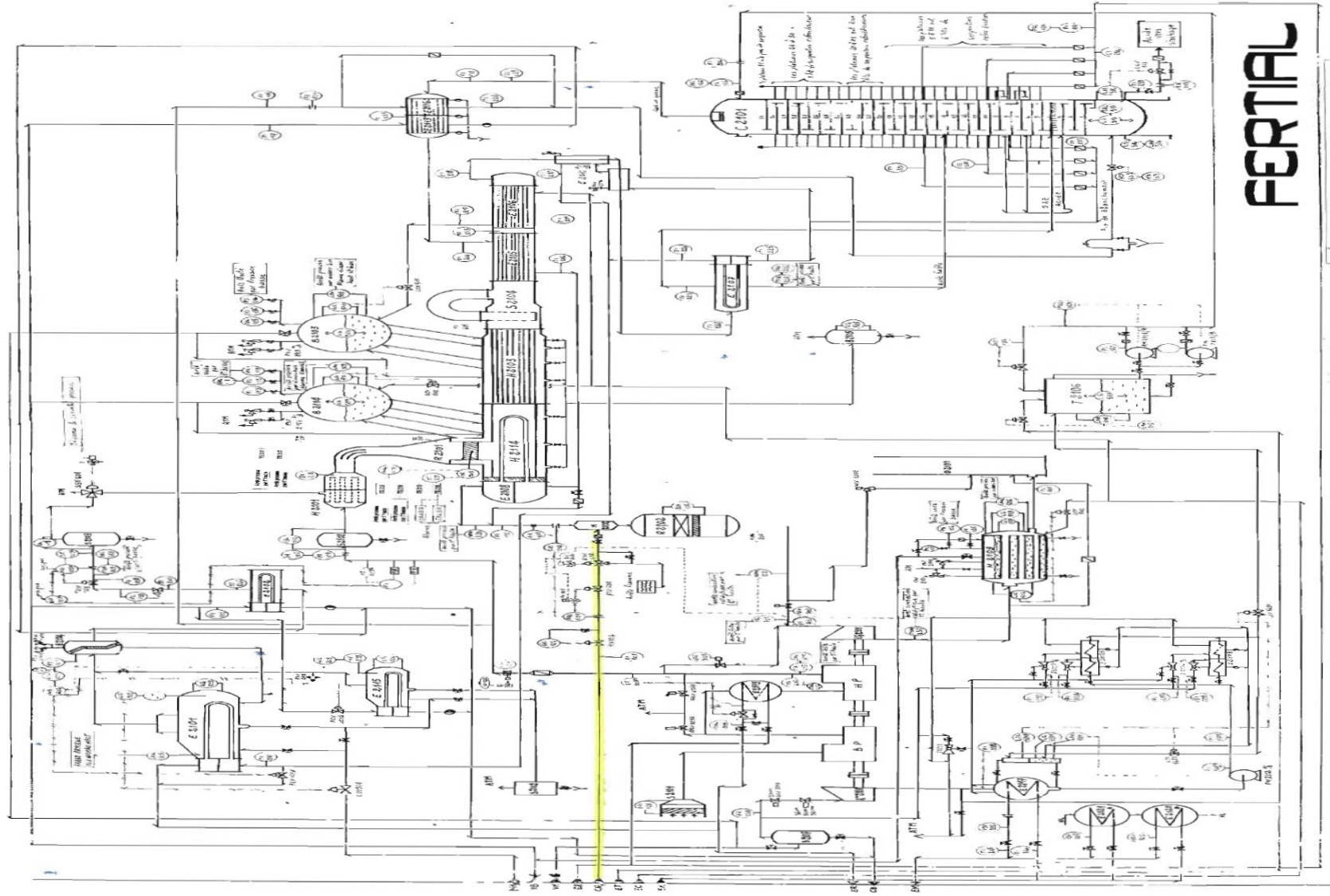
R98		Température	Trop de Température	-Pas assez de niveau d'eau dans la chaudière H2109	-Endommagement de la chaudière H2109 voir arrêt de production	G 4	P 4	G 4 P 4	-PS106 -PT125 -PAL107 -LG520 -LG519 -LAHL506 -LIC502 -LCV502	G 4	P 1	G 4 P 1						
R99				-Pas assez de niveau d'eau dans le ballon B2114	-Endommagement du ballon B2114 voir arrêt de production	G 4	P 4	G 4 P 4	-PI113 -PS112 -PS113 -LG519 -LIC510 -LCV510	G 4	P 1	G 4 P 1						
R100				Pas assez de température	-Trop de niveau d'eau dans la chaudière H2109	-Perturbation de process	G 2	P 3	G 2 P 3	-PS106 -PT125 -PAL107 -LG520 -LIC502 -LCV502	G 2	P 2	G 2 P 2					
R101					-Trop de niveau d'eau dans le ballon B2114	-Perturbation de process	G 2	P 3	G 2 P 3	-PI113 -PS112 -PS113 -LG519 -LIC510	G 2	P 2	G 2 P 2					
R102		Niveau	Trop de Niveau	NA	NA													
R103			Pas assez de Niveau	NA	NA													

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

R10 4		Compositio n	Autre composition	-Perforation des tubes E2113	-Endommagement E2113	G 4	P 3	G 4 P 3	-Maintenance préventive -Test d'épreuve Intervention opérateur	G 3	P 2	G 3 P 2					
R10 5		Opération	Opération Maintenanc e	-Voir le circuit - d'ammoniac	-Voir le circuit d'ammoniac												
R10 6			Opération Start up	-Voir le circuit d'ammoniac	-Voir le circuit d'ammoniac												
R10 7			Opération Shut down	-Voir le circuit d'ammoniac	-Voir le circuit d'ammoniac												

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

Noté N°6:



JCDSA.0150.9101 B REV 1

MAZAL Destituteur
MILENSINI Ventilateur

1 - Ajout de la boucle de protection TS371 - Eliminateur ligne de refroidissement avec TDV 205
REV

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

Tableau 25 : Analyse du scénario N°6

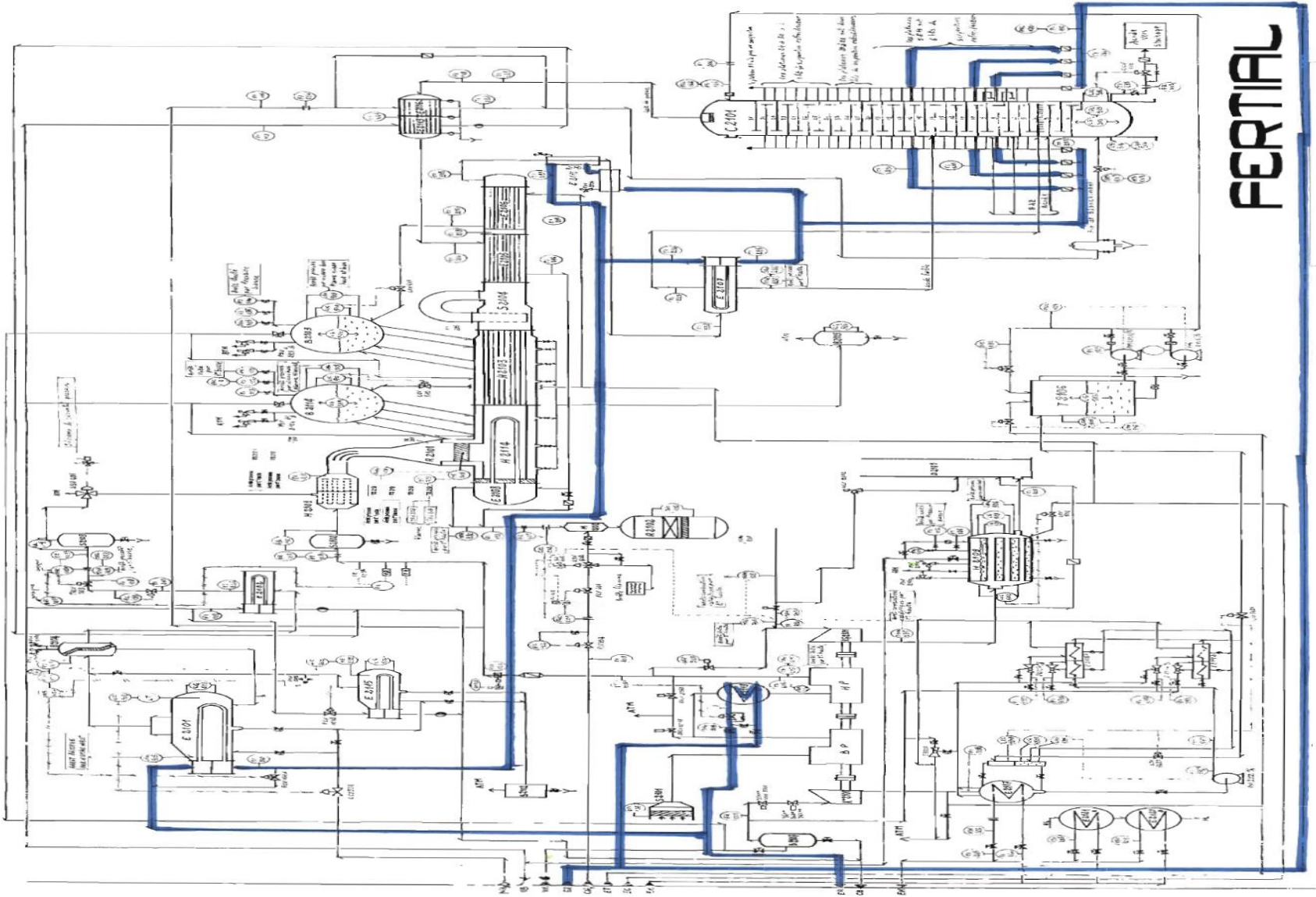
Tableau N° 6																			
	Nœud	Paramètres	Déviations	Causes	Conséquences	Avant Réduction des Risques			Protections Existantes Safeguards	Après Réduction des Risques			Recommandations	Après Recommandation					
						G	P	R		G	P	R		G	P	R			
R108	Nœud N° 6 Circuit du CH4	Pression	Trop de pression	-Défaillance PCV104 reste fermée	-Perturbation de process voir arrêt de production -Rupture canalisation -Arrêt combustion catalytique -Endommagement de KG2101	G 4	P 4	R 4	Maintenance préventive PI104 SSV602 Vanne a trois voie	G 2	P 2	R 2							
R109			Pas assez de pression	-Défaillance PCV104 reste fermée	-Perturbation de process voir arrêt de production -Mauvaise combustion catalytique -Impact environnemental (Pollution émission importante des NOx) -Consommation excessive de vapeur (impact énergétique)	G 2	P 2	R 2	-PT104 -SSV602	G 2	P 1	R 1							
R110			Trop de Débit	-Haute pression de CH4	-Endommagement de mélangeur M2102 -Endommagement de réacteur R2102	G 5	P 2	R 2	TE (thermocouple) 208,206 TISAH 237 TRS 207 réseau incendie (sécurité incendie) maintenance préventive	G 4	P 1	R 1							

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

R11 1	Débit		-Défaillance de la vanne de débit FCV001 reste ouverte	-Endommagement de catalyseur	G 3	P 2	G 3 P 2	-TE (thermocouple) 208, 207,206	G 3	P 1	G 3 P 1				
R11 2		Pas assez de Débit	-Défaillance de la vanne de débit FCV001 reste fermée	-Arrêt de combustion catalytique voir arrêt de production	G 1	P 4	G 1 P 4	-PT104	G 1	P 2	G 1 P 2				
R11 3			-Ouverture spontanée de SSV602	-Arrêt de combustion catalytique voir arrêt de production	G 1	P 4	G 1 P 4	-PT104	G 1	P 2	G 1 P 2				
R11 4		Inverse Débit	NA	NA											
R11 5	Perte d'utilité	Perte d'air d'instrumentation	Voir le circuit d'ammoniac	Voir le circuit d'ammoniac											
R11 6	Température	Trop de Température	-Ouverture brusque de FCV001 suite un trop de débit de CH4	-Endommagement de catalyseur	G 3	P 2	G 3 P 2	-TE (thermocouple) 208, 207,206	G 3	P 1	G 3 P 1				
R11 7		Pas assez de température	-Défaillance de la vanne FCV001 reste fermée	-Arrêt de combustion catalytique voir arrêt de production	G 1	P 3	G 1 P 3	-TE (thermocouple) 208, 207,206	G 1	P 2	G 1 P 2				
R11 8	Niveau	Trop de Niveau	NA	NA											
R11 9		Pas assez de Niveau	NA	NA											
R12 0	Composition	Autre composition	NA	NA											
R12 1	Opération	Opération Maintenance	Voir le circuit d'ammoniac	Voir le circuit d'ammoniac											
R12 2		Opération Start up	Voir le circuit d'ammoniac	Voir le circuit d'ammoniac											
R12 3		Opération Shut down	Voir le circuit d'ammoniac	Voir le circuit d'ammoniac											

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

Noted N°7



JCDSA.0150.9101 B REV 1

MAZZU Desastreur
MTELSAHI Verifier

1 - Ajout de la boucle de protection TS217 - Estimation ligne de refroidissement avec TOY 235
Per

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

Tableau 26 : Analyse du scénario N°7

Tableau N° 7																	
	Nœud	Paramètres	Déviation	Causes	Conséquences	Avant Réduction des Risques			Protections Existantes Safeguards	Après Réduction des Risques			Recommandations	Après Recommandation			
						G	P	R		G	P	R		G	P	R	
R124	Nœud N° 7 Circuit d'eau de refroidissement	Pression	Trop de pression	-Défaillance des vannes manuelles (opercule casser)	Arrêt de production	G1	P3	G1 P3	-PAL120 -PI112	G1	P2	G1 P2					
R125				-Défaillance de vanne PCV74107 reste fermée vers ballon de décharges	-Trop de débit de ER -Défaillance de la vanne 74P1101	G3	P3	G3 P3	-Maintenance préventive -LCV74509 -LG -PI -PT	G3	P1	G3 P1					
R126				-Défaillance de vanne PCV101 reste fermée	-Arrêt de production	G1	P3	G1 P3	PAL120 PI112	G1	P2	G1 P2					
R127			Pas assez de pression	-Encrassement des échangeurs à plaque (Alpha Laval)	-Arrêt de production	G2	P3	G2 P3	-PAL120 -PI112	G2	P2	G2 P2					
R128				-Arrêt accidentel des motopompes 74P1101	-Arrêt de production	G1	P4	G1 P4	-Maintenance préventive -PAL120 -PI112	G1	P2	G1 P2					

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

R129			-Fissuration importante des conduites provoque fuite importante sur le réseau d'ER	-Arrêt de production	G 2	P 3	G 2 P 3	-Maintenance préventive -PAL120 -PI112	G 2	P 2	G 2 P 2				
R130			-Défaillance de vanne PCV74104 reste Ouverte vers ballon de décharges	-Arrêt de production	G 1	P 4	G 1 P 4	-Maintenance préventive -PAL120 -PI112	G 1	P 2	G 1 P 2				
R131			-Défaillance des vannes des purges reste ouverte	-Arrêt de production	G 1	P 4	G 1 P 4	-Intervention operateur -PAL120 -PI112	G 1	P 2	G 1 P 2				
R132		Trop de Débit	-Défaillance de vanne PCV74107 reste ouverte vers ballon de décharges	-Trop de pression dans le circuit de ER	G 1	P 2	G 1 P 1	-Maintenance curative -LG -PT120 PI120	G 1	P 1	G 1 P 1				
R133		Pas assez de Débit	-Défaillance de LCV74509 reste fermée	-Arrêt de production -Endommagement des équipements (E2101 E2107 C2101, E2119)	G 4	P 4	G 4 P 4	-TI223 -TAH226 -TISA226 -TI230 -TI231	G 4	P 2	G 4 P 2	-Étudier la nécessité d'installer Une autre vanne auto LCV			
R134			-Défaillance de vanne PCV74107 reste fermée vers ballon de décharges	-Arrêt de production	G 1	P 3	G 1 P 3	-Maintenance préventive	G 1	P 2	G 1 P 2				

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

R135				-Arrêt accidentel des motopompes de circulation ER 74P1101	-Arrêt de production	G 2	P 3	G 2 P 3	-Maintenance curative 1 / 4 pompe secours	G 1	P 2	G 1 P 2						
R136		Inverse Débit	NA	NA	NA													
R137		Perte d'utilité	Perte d'air d'instrumentation	Voir le circuit d'ammoniac	Voir le circuit d'ammoniac													
R138		Température	Trop de Température	-Défaillance des vannes des purges reste ouverte	-Arrêt de production	G 1	P 4	G 1 P 4	-Intervention operateur -PAL120 -PI112 -TI230 -TI231 -TI224 -TI225 -TAH226 -TISA226	G 1	P 1	G 1 P 1						
R139	-Fissuration importante des conduites provoque Fuite importante sur le réseau d'ER			-Arrêt de production	G 2	P 3	G 2 P 3	-Maintenance préventive -PAL120 -PI112 -TI230 -TI231 -TI224 -TI225 -TAH226 -TISA226	G 2	P 1	G 2 P 1							

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

R140			-Arrêt accidentel des motopompes 74P1101	-Arrêt de production	G 1	P 4	G 1 P 4	-Maintenance préventive -PAL120 -PI112 -TI230 -TI231 -TI224 -TI225 -TAH226 -TISA226	G 2	P 1	G 2 P 1				
R141			-Défaillance de vanne PCV74104 reste Ouverte vers ballon de décharges	-Arrêt de production	G 1	P 3	G 1 P 3	-Maintenance préventive -PAL120 -PI112 -TI230 -TI231 -TI224 -TI225 -TAH226 -TISA226	G 2	P 1	G 2 P 1				
R142			-Encrassement des échangeurs à plaque (Alpha Laval)	-Arrêt de production	G 2	P 3	G 2 P 3	-Maintenance préventive -PAL120 -PI112 -TI230 -TI231 -TI224 -TI225 -TAH226 -TISA226	G 2	P 1	G 2 P 1				
R143	Pas assez de température	Changement climatique l'hiver		Léger variation des paramètres de marches	G 1	P 2	G 1		G 1	P 2	G 1				

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

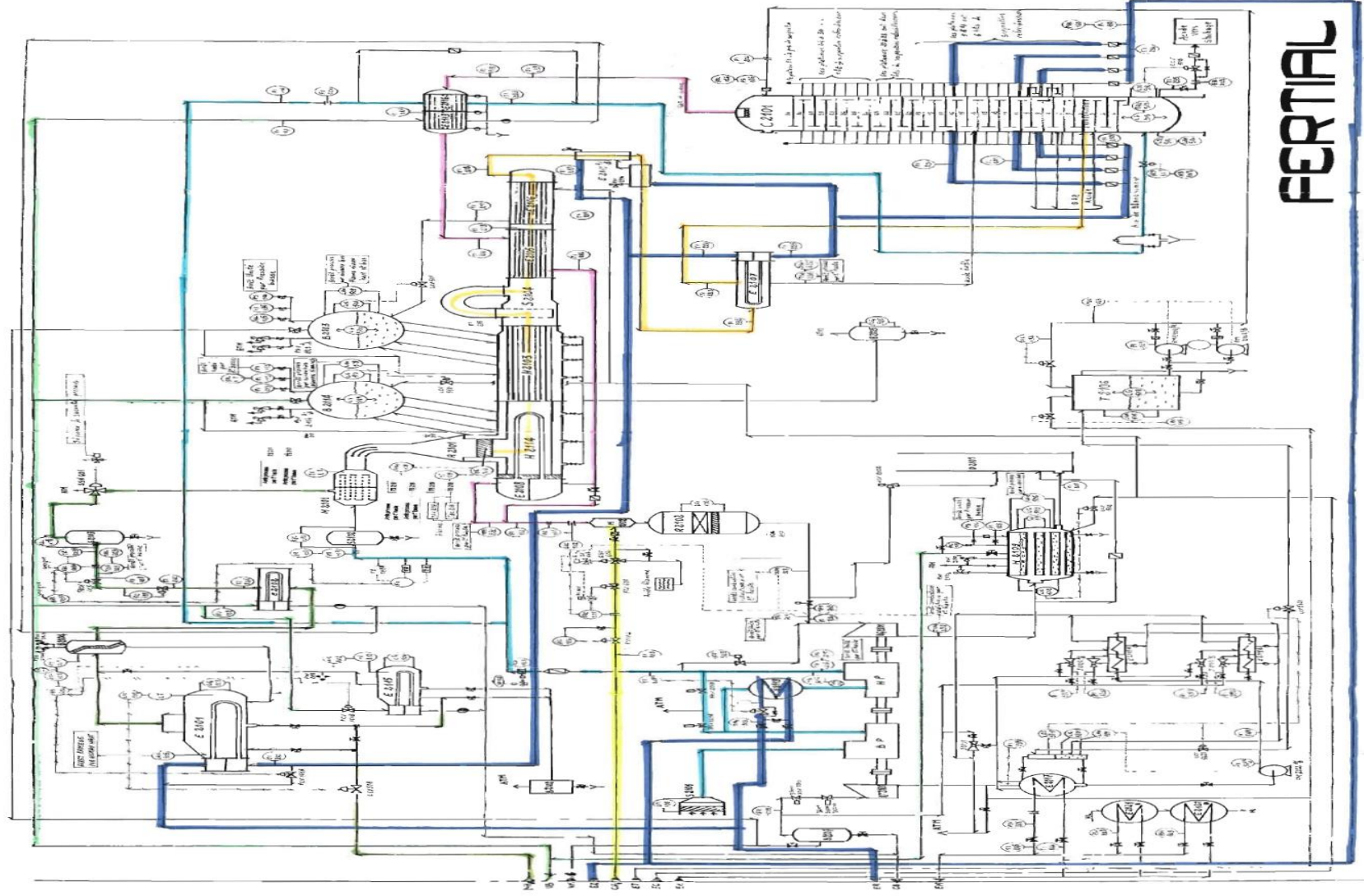
								P 2				P 2					
R14 4		Niveau	Trop de Niveau	NA	NA												
R14 5			Pas assez de Niveau	NA	NA												
R14 6		Compositio n	Autre composition	NA	NA												
R14 7		Opération	Opération Maintenance	Voir le circuit d'ammoniac	Voir le circuit d'ammoniac												
R14 8			Opération Start up	Voir le circuit d'ammoniac	Voir le circuit d'ammoniac												
R14 9			Opération Shut down	Voir le circuit d'ammoniac	Voir le circuit d'ammoniac												

Tableau 1 : Liste de recommandation

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

Noeud N°1 — Noeud N°2 — Noeud N°3 — Noeud N°4



FERTIAL

JCDSA.0150.9101 B REV 1

MAZZAL Verificateur
 MITESANI Verificateur

1 - Appt de la boue de production TSD 1 - Elimination gaze de refroidissement avec TCV 206
 Rev

Noeud N°5 — Noeud N°6 — Noeud N°7

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

C. Liste des recommandations :

Item	Recommandations	Service	Priorité	Date proposé pour la réalisation	Date de clôture d'Action	Commentaires
R01	Rendre opérationnel la vanne automatique de VB bain marée (TCV58206)	Instrumentation		2021-05-02	2021-06-01	
R05	Intensifier (renforcer) les contrôles d'épaisseurs	Technique, Service inspection		2021-05-15	2021-06-15	
R18	Intensifier (renforcer) les contrôles d'épaisseurs	Technique, Service inspection		2021-05-15	2021-06-15	
R19	Intensifier (renforcer) les contrôles d'épaisseurs Installation d'une PCV à l'entrée du E2102 pour By-Pass de la VB en cas de haute température,	Technique, Service inspection Instrumentation		2021-05-02	2021-06-02	
R20	Intensifier (renforcer) les contrôles d'épaisseurs Installation d'une PCV à l'entrée du E2102 pour By-Pass de la VB en cas de haute température,	Technique, Service inspection Instrumentation		2021-05-02	2021-06-02	
R76	Installation d'une 2eme pompe et la mettre en auto avec un PS Mettre en œuvre le projet de changement du filtre d'air à l'aspiration du corps BP Mise en service TS615 TAH615	Maintenance Instrumentation		2021-06-15	2021-07-15	
R77	Installation d'une 2eme pompe et la mettre en auto avec un PS Mettre en œuvre le projet de changement du filtre d'air à l'aspiration du corps BP Mise en service TS615 TAH615	Maintenance Instrumentation		2021-06-15	2021-07-15	
R78	Avoir la disponibilité du corps HP du compresseur et le réfrigérant E2119 dans le magasin	Le magasin		2021-05-15	2021-05-15	
R94	Étudier la nécessité d'installer une autre vanne auto LCV	Technique, Service inspection Maintenance		2021-06-15	2021-07-15	

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

R95	Étudier la nécessité d'installer une autre vanne auto LCV	Technique, Service inspection Maintenance		2021-06-15	2021-07-15	
R133	Étudier la nécessité d'installer une autre vanne auto LCV	Technique, Service inspection Maintenance		2021-06-15	2021-07-15	

Tableau 27 : liste des recommandations

4.2.2. Mise en œuvre de la méthode des graphes des risques(SIL) :

A. Principaux résultats :

Dans le tableau 29 on peut voir les niveaux SIL retenus pour chaque fonction de sécurité instrumentée, avec le résumé des données utilisées pour l'évaluation du risque.

Les actions associées dans le P&ID :

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

Tableau 28 : Niveaux SIL retenus pour chaque fonction de sécurité instrumentée de l'unité de production d'acide nitrique

Niveaux SIL retenus pour chaque fonction de sécurité instrumentée											
SIF N°	Équipement	Tag SIF	Initiateur	Actionneur	Action associée	But de fonction	C	F	P	W	SIL
1	Évaporateur principal E2101	LAHL505	LG503 LS 505	FRCV003 PIC104	Arrêt procédé par niveau haut	Prévenir l'endommagement du M2101et R2101 par empêchement du passage NH3 liquide	C3	F2	P1	W2	SIL2
2	Conduite NH3 entre E2101et S2103	TISA209	TS209	FRCV003 PIC104	Arrêt procédé par température basse	Prévenir l'endommagement du M2101et R2101par empêchement du passage NH3 liquide	C2	F2	P1	W2	SIL1
3	Réacteur R2101	TRAH217 TRAH219	TS217 TS219	FRCV003 PIC104	Arrêt procédé par température haute	Prévenir l'endommagement du catalyseur (toiles de platine/ rhodium)	C1		P1	W2	A
4	Réacteur R2101	TRAL217 TRAL219	TS217 TS219	FRCV003 PIC104	Arrêt procédé par température basse	Prévenir l'endommagement des équipements (voir explosion) par la formation de nitrate d'ammonium dans le train d'échange	C2	F2	P1	W2	SIL1
5	Ballon B2114	LAH508	LG519	FRCV003 PIC104	Arrêt process par niveau bas	Prévenir l'endommagement de H2114 et B2114 et E2108	C3		P1	W3	SIL3
6	Ballon B2103	LAH509	LG520	FRCV003 PIC104	Arrêt process par niveau bas	Prévenir l'endommagement de H2103 et B2103	C3		P1	W3	SIL3
7	Chaudière H2109	LAHL506	LG519 LG 520	FRCV003 PIC104	Arrêt process par niveau bas	Prévenir l'endommagement de la chaudière H2109	C3		P1	W3	SIL3
8	Condenseur E2107	TISA226	TAH226	FRCV003 PIC104	Arrêt process par température haute	Prévenir l'endommagement de la colonne d'absorption et le condenseur E2107	C3		P1	W2	SIL2
9	Réchauffeur gaz de queue E2108	TRAH220	TS220	PIC104	Arrêt process par température haute	Prévenir l'endommagement du M2102 et R2102	C3	F2	P1	W2	SIL2

CHAPITRE 4 : Etude de cas (Synthèse)

10	Réacteur R2102	TRAH207	TRAH208	PIC104 FCV001	Arrêt combustion catalytique par température haute	Prévenir l'endommagement de la turbine à gaz KG2101	C3		P1	W2	SIL2
11	Turbine à gaz KG2101	TAS 701	TIAH702	FRCV001	Arrêt combustion catalytique par température haute du gaz d'entraînement à l'entrée de la turbine à gaz	Prévenir l'endommagement de la turbine à gaz KG2102	C3		P1	W2	SIL2
12	La conduite de gaz d'échappement entre KG2101 et H2109	TISAH237	TS237	FCV001	Arrêt combustion catalytique par température haute du gaz d'échappement à l'entrée de H2109	Prévenir l'endommagement de la turbine à gaz KG2102 et l'endommagement de la chaudière H2109	C3		P1	W2	SIL2
13	Le corps HP du compresseur	TS615 TS616	TRH615 TRH616	XS001	Arrêt unité par température haute	Prévenir l'endommagement du corps HP	C3		P1	W1	SIL3

4.3. Conclusion

On a étudié un total de 13 fonctions de sécurité instrumentées pour lesquelles on a obtenu des niveaux **SIL a**, aucun niveau **SIL -**, deux niveaux **SIL 1**, six **SIL 2**.et quatre **SIL 3**.

Les résultats et l'analyse des scénarios ont abouti à plusieurs SIL tels que le plus élevé est de SIL2 et SIL3 ce qui juge que le risque est inacceptable. À cette optique, on a justifié la nécessité de la mise en place d'un système instrumenté de sécurité **SIS** de niveau d'intégrité 3.

CHAPITRE 5 :

Gestion des rejets gazeux (NO_x et N₂O)

5.1. Introduction

Dans une première phase il est procédé à l'identification des charges polluantes en termes de rejets atmosphériques, les données sont issus de la section précédente, quelques 110 sources sont identifiées à travers tout le complexe

Les impacts des rejets atmosphériques sont évalués en comparant les concentrations ambiantes issues de la modélisation aux critères d'air ambiant, il Ya impact lorsque les concentrations ambiantes sont supérieures aux normes ou critères d'air ambiant.

Comme prescrit par la réglementation il sera procédé à une évaluation périodique des rejets atmosphériques et de la qualité de l'air ambiant via une sous-traitance.



Figure 22 : Emission N₂O

5.2. Gestion des rejets gazeux (NO_x et N₂O) :

Le but de définir les rejets de gaz résiduel à l'atmosphère, la surveillance et le contrôle de ces derniers, ainsi que les manœuvres à effectuer en cas de nécessité au niveau des unités de production.

Les unités d'Acide Nitrique de l'Usine FERTIAL génèrent des oxydes d'azote (NO_x) dans le gaz procès qui, après être sortis de la colonne d'absorption, sont rendus presque totalement inertes par leur combustion avec le gaz naturel au niveau du réacteur de réduction des NO_x. Le gaz dit 'résiduel' est finalement rejeté à l'atmosphère à travers une cheminée.

5.3. La source des rejets gazeux :

Les sources de la pollution atmosphérique à l'intérieur du complexe sont diverses, nous citons ceux qui sont évidentes (cheminés) à savoir :

a. Rejet d'un effluent gazeux appelé gaz de queue dont la composition est variée présentée par les gaz suivants : CO₂, NO₂, N₂O, H₂O, O₂ et N₂, évacués à partir des cheminées des unités d'acide nitrique.

b. Les fuites des installations non étanches de la chaîne de production telle que U20 au niveau de train d'échange et du condenseur (E2107), à cette pollution interne qui affecte l'ensemble des travailleurs et notamment le personnel directement exposé s'ajoute une pollution externe pouvant mettre en danger les personnels des unités de production avoisinantes et même la pollution des agglomérations qui entourent le complexe FERTIAL. Le danger de cette pollution peut être évalué en fonction de deux paramètres essentiels qui sont la teneur et la dispersion des polluants.

5.4. L'effet des oxydes d'azote :

5.4.1. Sur les travailleurs :

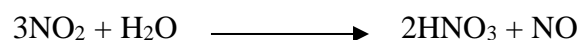
Il est à rappeler que le NO et le NO₂ sont des polluants attaquant directement l'appareil respiratoire de l'être humain et entrent en réaction instantanément avec l'hémoglobine du sang

5.4.2. Sur l'environnement :

a. Les pluies acides :

La pluie est par nature légèrement acide. Son pH est en général proche de 5,6, cependant le pH des pluies dites acides est nettement plus faible de 4 à 4,5. Les pluies acides sont dues au SO₂ et NO₂ rejetés dans l'atmosphère. Ceux-ci sont respectivement oxydés par l'air, en acide nitrique et en acide sulfurique. Ces pluies forment un dépôt acide, qui peut être sec ou humide. Il est sec, lorsqu'il se fait à une courte distance de la source de pollution, car les polluants restent en phase gazeuse. Dans l'air, loin de la source de pollution, le dépôt est humide, car les NOx et le SO₂ sont solubles dans l'eau atmosphérique, les nuages et la pluie.

Les oxydes d'azotes réagissent avec l'eau de l'atmosphère pour former de l'acide nitrique selon la réaction suivante :



Cette acidité des pluies contribue à la corrosion des appareillages de production et le noircissement de la peinture.

5.4.3. Impact sur le milieu :

Les anions apportés NO₃ et SO₄²⁻, se fixent dans le sol selon la quantité d'oxydes de fer ou d'aluminium hydratés présents. Les complexes ainsi formés sont lessivés par la pluie et les conséquences de cette pollution sont alors visibles au niveau des écosystèmes aquatiques. De plus les protons libérés entraînent une diminution du pH du sol, ce qui favorise le développement des champignons au détriment des bactéries et des vers. Ces derniers sont des décomposeurs indispensables à l'équilibre de l'écosystème. Les bactéries sont responsables du phénomène de minéralisation ; elles effectuent la nitrification et la dénitrification de l'azote organique, afin de le transformer en azote minéral, qui est directement utilisable par les végétaux autotrophes.

5.4.4. Impact sur les arbres

Le principal symptôme est en fait la chlorose, c'est un blanchiment des feuilles dû au non développement de la chlorophylle. Les feuilles prennent des taches blanches et marrons surtout à la périphérie.

5.5. Effets de quelques polluants :

✚ **Dioxyde d'azote (NO₂)** : c'est un gaz irritant pouvant pénétrer profondément dans les poumons. Il altère l'activité respiratoire et augmente les crises chez les asthmatiques. Chez les plus jeunes, il favorise des infections microbiennes des bronches. Les effets de ce polluant ne sont pas tous identifiés. Il est un bon indicateur de la pollution automobile.

✚ **Protoxyde d'azote (N₂O)** : Le protoxyde d'azote (N₂O) est un gaz à effet de serre (GES) produit naturellement par les écosystèmes, mais aussi par les activités humaines agricoles et industrielles (la concentration de l'atmosphère en N₂O a augmenté de 18% depuis la révolution industrielle). Malgré sa faible concentration dans l'atmosphère, **ce gaz participe activement à l'effet de serre** : son potentiel de réchauffement global sur un siècle est d'environ 300 fois celui du dioxyde de carbone (CO₂), ce qui signifie que 1 kg de N₂O émis dans l'atmosphère équivaut à l'émission de près de 300 kg de CO₂.

✚ **Ozone (O₃)** : c'est un gaz agressif, fortement irritant pour les muqueuses oculaires et respiratoires. Il pénètre aisément jusqu'aux voies respiratoires les plus fines. Il peut ainsi entraîner des irritations du nez, des yeux et de la gorge, des altérations de la fonction pulmonaire, des essoufflements et des toux. Il exacerbe les crises d'asthme. Il ne semble pas

possible de déterminer un seuil en dessous duquel ce polluant serait totalement inoffensif. De plus, les effets d'une exposition chronique sur le long terme restent encore mal connus.

✚ **Particules en suspension (MES) :** Les plus grosses sont retenues par les voies aériennes supérieures. Les plus dangereuses sont les plus fines, car elles peuvent pénétrer profondément dans les poumons et transporter des composés toxiques. Elles augmentent le risque d'infections respiratoires aiguës chez l'enfant et renforcent des sensibilités allergiques ou des pathologies préexistantes. Une grande partie de cette pollution vient des transports.

Les émissions des moteurs diesels sont particulièrement riches en particules de petites tailles. De plus, certaines particules en suspension contiennent des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) aux propriétés mutagènes et cancérigènes.

✚ **Monoxyde de carbone (CO) :**

- A fortes doses, il est un toxique cardio-respiratoire souvent mortel
- A faibles doses, il diminue la capacité d'oxygénation du cerveau, du cœur et des muscles.

Sa nocivité est particulièrement importante chez les insuffisants coronariens et les fœtus.

5.6. Contrôle des émissions à l'atmosphère dans les unités acide nitrique A et B :

L'usine FERTIAL est obligée de répondre aux exigences légales pour le contrôle des émissions atmosphériques générées au niveau des unités de production selon le **décret exécutif 06- 138**.

- Au titre de l'autocontrôle et de l'auto surveillance, les exploitants des installations générant des rejets atmosphériques doivent tenir un registre ou sont consignés la date et les résultats des analyses qu'ils effectuent selon des modalités fixées par arrêté du ministre chargé de l'environnement et le cas échéant, par arrêté conjoint avec le ministre chargé du secteur concerné.

Les mesures sont effectuées sous la responsabilité de l'exploitant et à ses frais dans les conditions fixées par la réglementation en vigueur.

-les services habilités en la matière effectuent des contrôles périodiques et ou inopinés des rejets atmosphériques visant à s'assurer de leur conformité aux valeurs limites fixées en annexe du présent décret.

-le contrôle des rejets atmosphériques comporte un examen des lieux, des mesures et analyses opérées sur place et des prélèvements d'échantillons aux fins d'analyses. -l'exploitant de l'installation concernée est tenu d'expliquer, commenter ou fonder tout dépassement éventuellement constaté et fournir les actions correctives mises en œuvre ou envisagées.

-les opérations de contrôle, telles que définies ci-dessus donnent lieu à la rédaction d'un procès-verbal établi à cet effet.

Contrôle opérationnel :

Unités d'acide nitrique 20 IIA et IIB :

Le procédé d'acide nitrique est effectué dans quatre étapes de processus fondamentales : purification de l'air et Compression, réalisation du mélange air/ ammoniac, oxydation catalytique de l'ammoniac (combustion), et absorption des oxydes d'azote. Le gaz résiduel sorti de la colonne est épuré dans un réacteur de réduction catalytique par le gaz naturel, qui réduit l'émission de NO_x à **200 ppm** en volume dans les deux unités.

Les émissions dépendent du rendement de la colonne d'absorption, du réacteur d'oxydation et de l'efficacité du réducteur catalytique qui est contrôlé par l'injection de gaz naturel. Bien que son augmentation permette de plus grandes réductions des émissions de NO_x, mais l'excès pourrait produire des niveaux d'émission de gaz naturel. Le processus de réduction catalytique opère dans un intervalle de températures, c'est pourquoi on doit contrôler celles-ci d'autre part, l'épuisement ou l'empoisonnement du catalyseur peut augmenter les émissions.

5.7. Projet de réduction de N₂O :

Afin de contribuer concrètement à l'atténuation du réchauffement global de la terre dû à l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère. On a proposé une réalisation de projet de réduction des émissions de gaz N₂O de l'unité de production d'acide nitrique.

Ces sont des composants gazeux qui absorbent le rayonnement infrarouge émis par la surface terrestre, contribuant à l'effet de serre. L'augmentation de leur concentration dans l'atmosphère terrestre est un facteur à l'origine du récent réchauffement climatique.

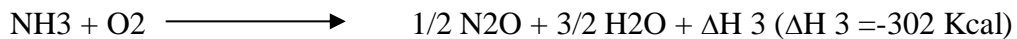
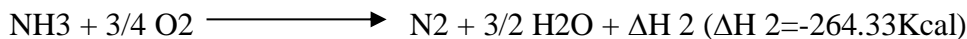
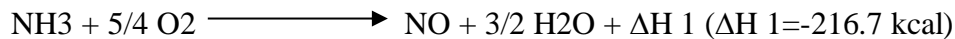
75 % de l'acide nitrique produit est utilisé pour la fabrication directe de nitrates d'ammonium, de nitrates potassiques et calciques, et pour l'acidulation de phosphate lors de la fabrication de NPK's.

- D'autres usages sont :

- production de composés nitro-aromatiques et nitro- alcanes (des explosifs).
- production d'acide adipique (pour fabrication de Nylon).

✚ Étapes de processus :

1. Compression de l'air.
2. Evaporation de l'ammoniac.
3. Oxydation de l'ammoniac.

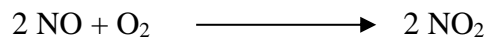


4. Absorption du dioxyde d'azote NO₂.
5. La combustion de gaz de queue.

✚ L'efficacité de la transformation en NO dépend de :

1. L'activité et la sélectivité du catalyseur
2. La température
3. La pression
4. Le mélange air – ammoniac
5. La vitesse de passage du gaz à travers le catalyseur.

Oxydation / Absorption : l'oxydation du gaz NO formé dans le convertisseur s'effectue comme suit :



NO₂ gazeux ainsi formé est absorbé par l'eau de procédé dans colonne à :



✚ Exécution du projet :

1. **Primaire :** la formation de N₂O est évitée dans la réaction en modifiant les mailles catalytiques.
2. **Secondaire :** le N₂O est éliminé tout de suite après sa formation grâce au catalyseur sous les mailles catalytiques.

3. Tertiaire : le N₂O est éliminé entre le gaz de queue après la tour d'absorption.

Processus d'acide nitrique

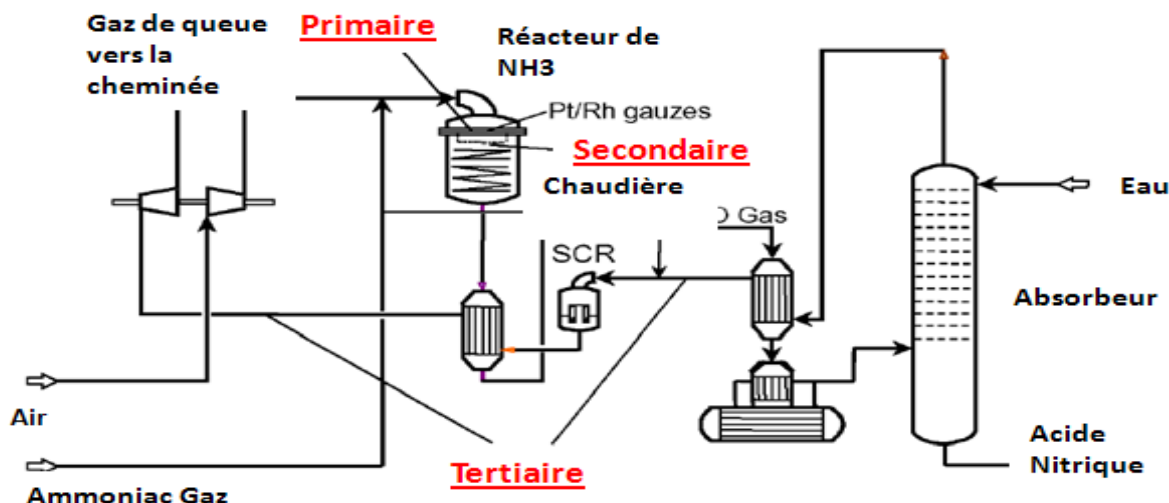


Figure 23 : Exécution du plan de surveillance (monitoring) des émissions.

Options technologiques pour la réduction des Gaz N₂O

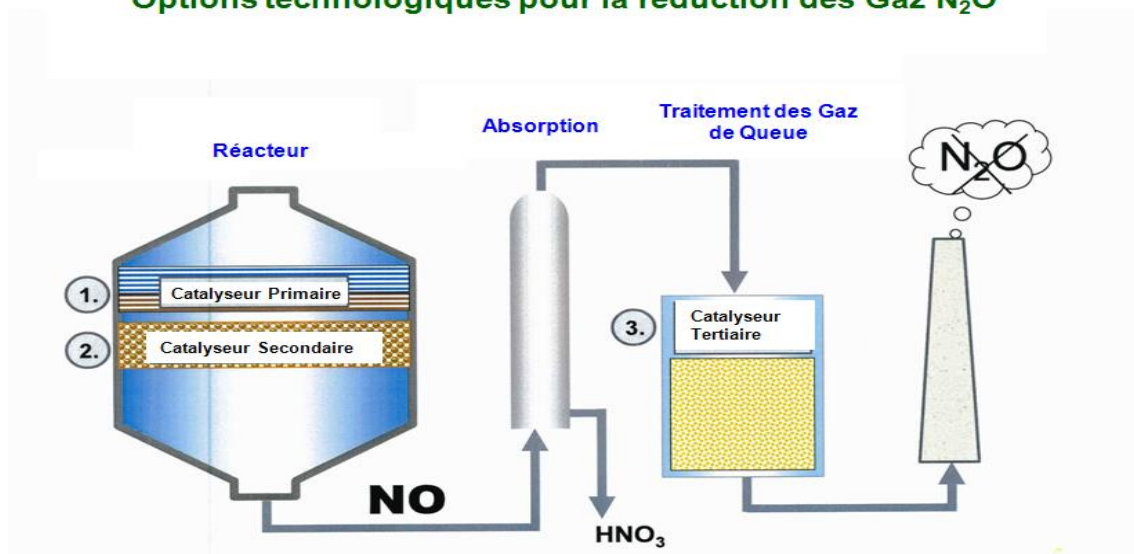


Figure 24 : Options technologiques pour la réduction des gaz N₂O

✚ Comparaison des méthodes de réduction N₂O :

1. Réduction primaire :

- La formation de gaz N₂O dépend de la pression, température, débit de gaz, caractéristiques du catalyseur primaire.

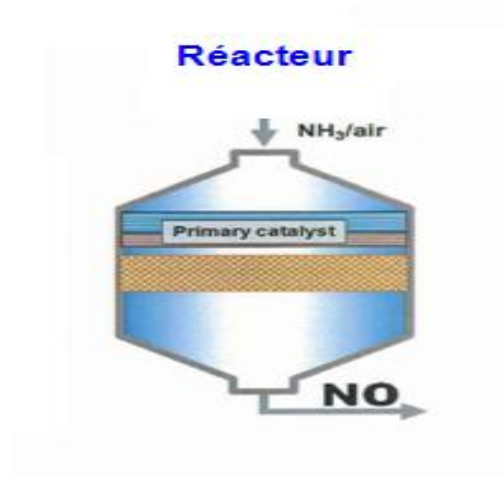


Figure 25 : L'oxydation de l'ammoniac

2. Réduction secondaire :

- La décomposition du N₂O a lieu juste après l'oxydation de l'ammoniac
- Différents composants actifs sont utilisés de nos jours :
 - Métaux précieux
 - Oxydes d'Aluminium, Cérium, Cobalt, Cuivre, Fer, Lanthanium, Zinc
- Le Montage et la Conception du Panier sont primordiaux afin d'éviter des problèmes



Figure 26 : Efficacité de la réduction jusqu'à 90 %

3. Réduction tertiaire :

- La décomposition ou réduction du N₂O a lieu dans les gaz de queue comprimés
- Les Catalyseurs à base de Zéolites typiquement utilisés
- Catalyseur installé dans un réacteur séparé ou partageant le réacteur de Réduction Catalytique Sélective (SCR) des Gaz NO_x (après modifications)
- Nécessité d'adapter le moyen de réduction à la T° des gaz de queue

CHAPITRE 5 : Gestion des rejets gazeux (NO_x et N₂O)

- Coût d'investissement élevé pour les unités existantes (qui n'ont pas prévu cette modification)
- Anciennes unités ont une basse T° des gaz de queue, et nécessitent du combustible Supplémentaire pour la décomposition du gaz N₂O (Coût)



Figure 27 : Efficacité de la réduction jusqu'à 95 %

✚ **Projet réduction de gaz N₂O :**

On a opté pour l'installation de la technologie secondaire de réduction des gaz N₂O dans son unité d'acide nitrique, car elle constitue la meilleure combinaison des facteurs suivants :

- Une grande efficacité (rendement) : > 80 %
- Coûts d'investissement raisonnables
- Faibles coûts d'exploitation et perturbation minimale du procédé
- Technologie sûre, fiable, ayant fait ses preuves (nombreuses références sur de longues périodes).

1..1.Objectif

- 85% - 90% de réduction des émissions d'oxyde nitreux (N₂O) lors de la production d'acide nitrique.
- Vente de crédits d'émissions à un pays industrialisé.

1..2.Projet

- Installation d'une nouvelle technologie de réduction de N₂O dans le brûleur d'oxydation de l'ammoniac, afin de réduire les émissions.

CHAPITRE 5 : Gestion des rejets gazeux (NOx et N2O)

- Installation d'un système automatique complet de surveillance (monitoring) des émissions afin de mesurer les réductions réelles d'émissions.

1..3.Monitoring (surveillance) du Gaz N₂O

- ✓ Analyseur N₂O
- ✓ Enregistreur de flux de gaz
- ✓ Système de conditionnement d'échantillons et de calibrage
- ✓ Système de prise et enregistrement des données toutes les 3 secondes
- ✓ Assurer le rendement du catalyseur

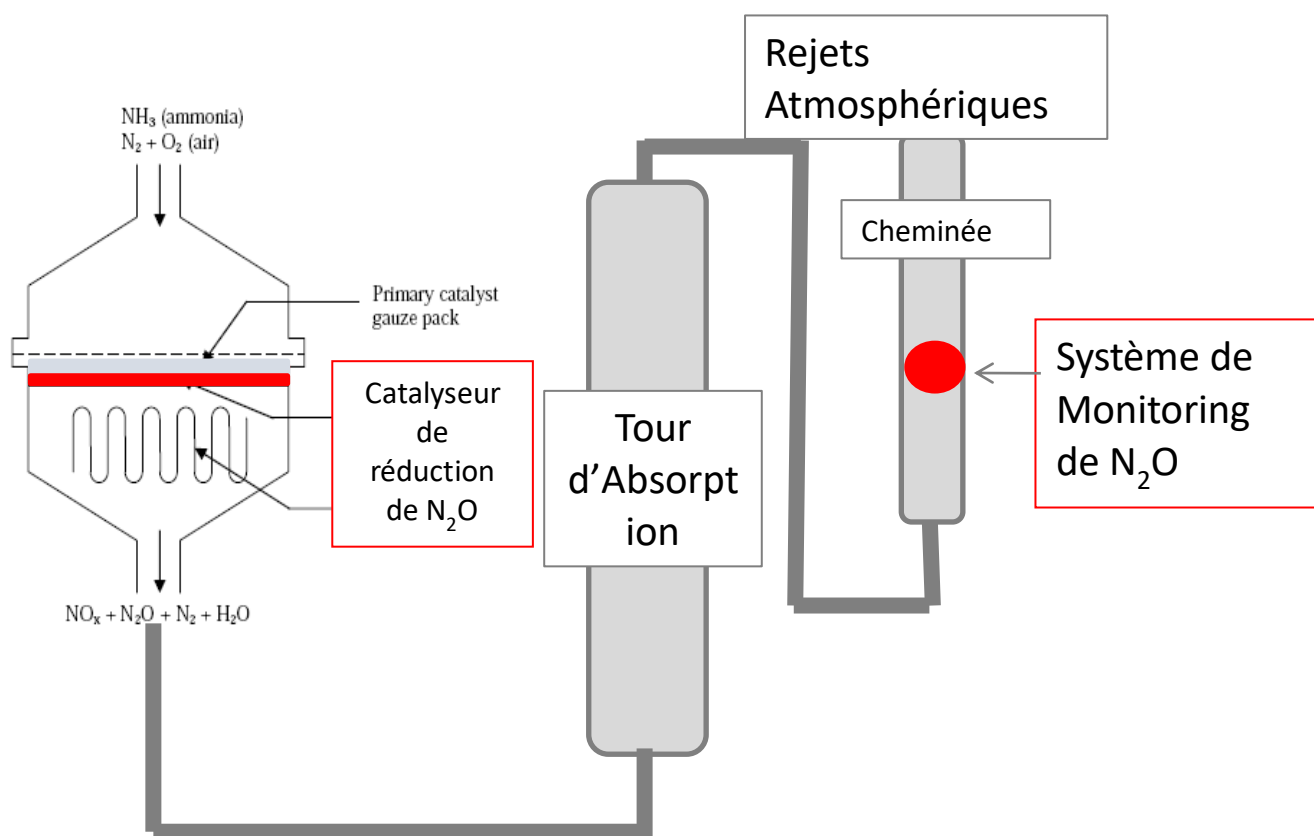


Figure 28 : Proposition schématique du programme

Remarque

Et pour de meilleurs un résultat on se doit d'utiliser un débitmètre pour calculer le débit de N₂O.

5.8. Conclusion :

On a proposé à la fin de ce mémoire un projet de réduction de gaz à effet de serre N₂O.

Ce projet va améliorer la situation de l'unité puisqu'on va y installer une technologie de pointe et un système de monitoring moderne.

L'installation du catalyseur n'augmentera pas le bruit à l'usine, et n'engendrera aucun autre effet négatif dans la région.

Il n'a pas non plus d'impacts négatifs sur l'environnement (ex : la terre, l'eau, etc..) ou sur la santé des personnes (riverains ou de l'usine).

Ce projet consistera simplement à installer un catalyseur secondaire à l'intérieur du réacteur d'oxydation de l'ammoniac. A la fin de sa durée de vie (env. 3 ans), le catalyseur devra être remplacé et renvoyé chez le fabricant.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Les substances chimiques et les installations industrielles présentent des dangers intrinsèques, qui engendrent des risques. Malgré toutes les mesures de prévention prises, le risque zéro n'existe pas surtout lorsqu'il est question d'accidents industriels majeurs, il est important de spécifier les difficultés liées à l'évaluation des composantes du risque, à savoir les difficultés d'associer, à chaque événement indésirable, une probabilité de survenance et un montant de dommage précis.

Un accident, quel que soit sa nature peut entraîner des conséquences fâcheuses sur le plan social et économique pour l'être humain, le matériel (équipements, installations) et l'environnement qui sont exposés aux différents risques engendrant de graves accidents allant de la blessure simple jusqu'à une catastrophe écologique énorme.

Le travail présenté dans ce mémoire donne un aperçu sur les grands axes relevant des différents risques liés à l'unité de production d'acide nitrique HNO₃. Cette unité présente en particulier des capacités limitées en termes de production, 75 % de l'acide nitrique produit est utilisé pour la fabrication directe de nitrates d'ammonium, de nitrates potassiques et calciques, et pour l'acidulation de phosphate lors de la fabrication de NPK's,

Après avoir analysé les risques en utilisant la méthode HAZOP, onze scénarios ont été jugés inacceptables suite à une cotation à l'aide de la matrice des risques. Cette étape a montré la présence d'un risque résiduel, dont son maîtrise nécessite des résultats plus pointus et plus détaillés, ce qui n'est pas le cas pour la HAZOP car ne traite pas tous les scénarios à cause de leurs complexités. On a essayé de formuler des recommandations permettre de garantir un niveau de risque acceptable.

De ce fait, on a utilisé la méthode des graphes des risques qui nous a permis de déterminer le niveau d'intégrité de sécurité requis (SIL requis) au niveau de tous les instruments de l'unité,

on a étudié un total de 13 fonctions de sécurité instrumentées pour lesquelles on a obtenu des niveaux **SIL a**, aucun niveau **SIL -**, deux niveaux **SIL 1**, six **SIL 2**. et quatre **SIL**

3.

On a proposé à la fin de ce mémoire un projet de réduction de gaz à effet de serre N₂O.

Ce projet va améliorer la situation de l'unité puisqu'on va y installer une technologie de pointe et un système de monitoring moderne.

CHAPITRE 2 : Analyse des risques
