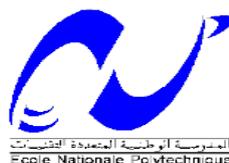


ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE



**Projet de fin d'étude  
Pour l'obtention du diplôme  
d'Ingénieur d'Etat en QHSE-GRI**

**Intitulé**

**EVALUATION DES BARRIERES DE SECURITE  
D'UN PROCEDE INDUSTRIEL**

**Application de la méthode LOPA sur un four de  
rebouillage H- 201 – MPP1 - SONATRACH/DP/HRM**

**Etudié par :** OUDIHAT Kaouter

**Proposé par :** CHATI Makhlouf

**Encadré par :** CHATI Makhlouf  
DJOUADI Karima  
TOUAHAR Bachir

Promotion Juin 2015

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم مختلف حواجز السلامة المستخدمة في عملية صناعية و ذلك بتطبيق طريقة LOPA . لهذا الغرض، اختير الفرن H-201 الموجود في الوحدة MPP1 بحاسي الرمل لهدف التأكد من درجة SIL الذي يجب أن يكون 2. لكي نطبق طريقة LOPA على الفرن H-201، يجب أولاً تحديد السيناريوهات الخطيرة من دراسة HAZOP ، التي قامت بها شركة اليابانية JGC في أبريل 2007 ، ثم قد تم تقييم نتائج هذه السيناريوهات وفقاً لأثرها و بناء على ذلك، تم اختيار سيناريوهات رئيسية لدراستها. لهذا، تم تحديد طبقات مختلفة من السلامة المثبتة على النظام (ونفذت هذه الطبقات على مرحلتين: أولاً أثناء التشييد وثانياً بعد التوصيات التي قدمتها شركات التأمين) لمعالجة السيناريوهات الخطيرة المختارة وتقييم سلامة الحواجز الموجودة على وجه التحديد SIS ، و ذلك بحساب SIL .

الدراسة المنجزة تشير إلى أن شدة سيناريوهات الحوادث المدروسة أقل من معايير القبول (critères d'acceptabilité) ، مما يدل على أن حواجز السلامة الموجودة في الفرن H-201 جيدة وتستجيب بشكل جيد للغرض المطلوب.

كلمات البحث : LOPA ، SIL ، HAZOP ، SIS ، critères d'acceptabilité

## Résumé

Le présent travail a pour objet d'évaluer les différentes barrières de sécurité utilisées dans un procédé industriel par l'application de la méthode LOPA.

A cet effet, on a procédé à l'examiner d'un Four H- 201 de MPP1 à HRM afin de vérifier son niveau SIL qui doit être de 2.

Pour appliquer la méthode LOPA au Four H-201, on a d'abord identifié les scénarios majeurs relevés par l'étude HAZOP qui a été réalisée par la Société Japonaise JGC en Avril 2007, puis on a évalué les conséquences de ces scénarios en fonction de leur criticité et, en fonction de cela, les scénarios jugés majeurs sont sélectionnés pour étude.

Pour cela, les différentes couches de protection installées sur le système ont été identifiées pour faire face aux scénarios majeurs sélectionnés afin d'évaluer la performance des barrières de sécurité mises en place et plus précisément celle des SIS et ce, par le calcul des SIL.

Ces couches ont été réalisées en deux étapes : d'abord lors de la construction puis à la suite des recommandations émises par les assureurs.

L'étude réalisée montre que la gravité des scénarios d'accident étudiés est inférieure aux critères d'acceptabilités fixées, ce qui démontre que la performance des barrières de sécurité implantées au sein du Four H-201 est satisfaisante, et que par conséquent, ces barrières répondent bien à l'exigence requise.

**Mots clés:** LOPA, SIL, HAZOP, SIS, critères d'acceptabilités.

## Abstract

The purpose of this study is to evaluate the safety of different barriers used in an industrial process by the application of the LOPA method.

For this purpose, it was decided to consider a heater reboiler H 201 in MPP1 to HRM to check its SIL level that must be level 2.

To apply the method LOPA to system heater reboiler H-201, it was first identified the major scenarios using HAZOP study that was conducted by the Japanese JGC Corporation in April 2007 and then it was assessed the impact of these scenarios according to their criticality and according to this, where the major scenarios considered will be selected for study.

For this, the different layers of protection installed on the system have been identified (these layers were carried out in two stages: first during construction and following the recommendations made by insurers) to address the major scenarios end has selected to evaluate the performance of safety barriers set up and more precisely that of the SIS and that, by calculating the SIL.

The study shows that the severity of the accident scenarios studied is below the criteria of acceptability set, demonstrating that the performance security barriers located in the a heater reboiler H-201 is good and respond well to these barriers the requirement required.

**Keywords:** LOPA, SIL, HAZOP, SIS, acceptability criteria.

# *Dédicace*

*Je dédie ce travail à :*

*Mes parents et toute ma famille*

*Mes amis (es)*

**KAOUTER**

# *Remerciements*

*Remercier, c'est le plaisir de se souvenir de tous ceux qui, par leurs encouragements, leur disponibilité, leur amitié et leur compétence, ont su créer une ambiance de travail qui m'a permis de finaliser ce mémoire.*

*Je tiens à remercier Monsieur OUADJAOUT, Professeur à l'Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, d'avoir accepté d'être président de jury de ce mémoire.*

*Je tiens à remercier Madame DJOUADI et Monsieur TOUAHAR, d'avoir accepté la lourde tâche de rapporteurs et d'avoir consacré un temps précieux à l'examen de ce mémoire.*

*Je tiens à remercier aussi Messieurs BENSARI et KERTOUS pour avoir accepté d'examiner ce mémoire.*

*Mes remerciements vont également à Messieurs ANNOU et CHATI de la Division Sécurité SHDP/ HASSI R'MEL, qui m'ont suivi et encadré sur les aspects scientifiques, pratiques et expérimentaux avec une grande compétence.*

*Je remercie également de manière particulière Messieurs FEKHAR et BENKETTAS et M'HENNI du MPP 1 pour leur gentillesse et leur accueil ainsi que leurs explications et conseils.*

*Par ailleurs, je remercie tous mes enseignants en particulier Madame ZEBOU DJ, le personnel et tous nos collègues de l'ENP d'ALGER.*

*Enfin, mes remerciements vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.*

# *Table des matières*

<b>Introduction générale</b> .....	1
<b>Chapitre 1 : Concepts de réduction des risque</b>	
Introduction.....	4
1.1. Notion de sécurité .....	5
1.2. Processus de management des risques.....	5
1.3. Références règlementaires et normatives de la maitrise des risques industriels.....	5
1.4. Démarche de management des risques.....	6
1.4.1. Identification de dangers et analyse des risques .....	6
1.4.2. Évaluation et hiérarchisation des risques.....	7
1.4.3. Maîtrise des risques.....	7
1.4.4. Suivi et contrôle des risques .....	8
1.4.5. Capitalisation et documentation des risques.....	8
1.5. Réduction du risque.....	8
1.5.1. Rôle des systèmes E/E/EP relatifs à la sécurité.....	9
1.6. Méthodes d'Analyse et d'évaluations des risques.....	10
1.6.1. HAZard and OPerability Study (HAZOP) .....	10
1.6.1. Arbre des Evènements (AdE).....	11
1.7. Concept ALARP.....	12
1.7.1. Modèle ALARP .....	12
1.7.2. Objectif de risque tolérable.....	13
Conclusion.....	14
<b>Chapitre 2 : Barrières de sécurité et probabilités de défaillance</b>	
Introduction.....	15
2.1. Concept de barrières de sécurité.....	16
2.2. Différents Type de barrières de sécurité.....	16
2.2.1. Barrières techniques de sécurité.....	17
2.2.1.1. Concept des Systèmes Instrumentés de Sécurité (SIS) .....	18

## Table des matières

2.2.1.1.1. Définition et rôle d'un SIS.....	18
2.2.1.1.2. Fonction Instrumentée de Sécurité.....	19
2.2.1.1.3. Niveau d'Intégrité de Sécurité.....	19
2.2.2. Barrières organisationnelles de sécurité.....	20
2.2.3. Système à action manuelle de sécurité (SAMS).....	22
2.3. Mode de fonctionnement de la barrière.....	22
2.4. Critères de qualification et de performance des barrières de sécurité.....	22
2.4.1. Indépendance.....	23
2.4.2. Efficacité (capacité de réalisation).....	23
2.4.3. Temps de réponse des barrières .....	23
2.4.4. Probabilité de défaillance .....	24
2.4.5. Utilisation pour la sécurité.....	24
Conclusion .....	24
<b>Chapitre 3 : LOPA (Layer Of Protection Analysis)</b>	
Introduction .....	25
3.1. Origine de la méthode LOPA .....	25
3.2. Objectif de la méthode LOPA .....	26
3.3. Utilisation de la méthode LOPA.....	27
3.4. Principe de LOPA.....	28
3.5. Processus général de la méthode de LOPA .....	29
3.6. Principe des couches de protection.....	29
3.7. Principales étapes de la méthode.....	32
3.7.1. <b>Etape 1</b> : Établissement des critères d'acceptabilité et de sélection des scénarios à évaluer.....	32
3.7.2. <b>Etape 2</b> : Développement des scénarios d'accidents.....	33
3.7.3. <b>Etape 3</b> : Identification des fréquences des événements initiateurs.....	33
3.7.4. <b>Etape 4</b> : Identification des couches de protection indépendantes.....	34
3.7.5. <b>Etape 5</b> : Détermination des fréquences des scénarios d'accidents.....	34
3.7.6. <b>Etape 6</b> : Évaluation des risques par rapport aux critères d'acceptabilité.....	35
Conclusion.....	36
<b>Chapitre 4 : Application de la méthode LOPA</b>	
Introduction.....	37

## Table des matières

4.1. Présentation sommaire du champ gazier Hassi R'Mel.....	38
4.1.1. Situation géographique.....	38
4.1.2. Installations gazières à Hassi-R'mel.....	39
4.1.3. Procédé de traitement du gaz.....	40
4.1.3.1. Traitement de gaz brut au niveau du MPP 1.....	40
4.2. Description du Four de Rebouillage H-201, unité MPP1.....	42
4.2.1. Analyse du retour d'expérience des incidents sur les Fours de Rebouillage.	42
4.2.2. Rôle du Four de Rebouillage H-201.....	43
4.2.3. Constitution du Four de Rebouillage H-201.....	43
4.3. Décomposition structurelle, fonctionnelle du Four de Rebouillage H-201.....	46
4.4. Application de la méthode LOPA.....	53
4.4.1. Établissement des critères d'acceptabilité et de sélection des scénarios à évaluer.....	53
4.4.2. Développement des scénarios d'accidents.....	54
4.4.3. Estimation des conséquences selon les critères d'acceptabilité.....	59
4.4.4. Sélection des scénarios à évaluer.....	59
4.4.5. Fréquences des événements initiateurs.....	60
4.4.6. Identification des couches de protection indépendantes.....	60
4.4.7. Détermination des fréquences des scénarios.....	62
4.4.8. Évaluation des risques par rapport aux critères d'acceptabilité.....	69
4.5. Analyses et synthèses.....	73
Conclusion.....	79
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>80</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>82</b>
<b>Glossaire.....</b>	<b>86</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>94</b>

# *Liste des tableaux*

<b>Tableau 1.1</b> - Exemple de classification des accidents en fonction des risques.....	14
<b>Tableau 2.1</b> - Différents niveaux de SIL définis par la norme.....	20
<b>Tableau 3.1</b> - Répartition des 8 couches de protection définies dans la méthode LOPA.	30
<b>Tableau 3.2</b> - Liste des barrières qui ne sont pas des IPL.....	31
<b>Tableau 4.1</b> - Caractéristiques du Four de Rebouillage H-201.....	43
<b>Tableau 4.2</b> - Différents facteurs de déclenchements du Four de Rebouillage H-201....	46
<b>Tableau 4.3</b> - Décomposition du Four H-201.....	47
<b>Tableau 4.4</b> - Feuille de travail HAZOP.....	54
<b>Tableau 4.5</b> - Estimation des conséquences.....	59
<b>Tableau 4.6</b> - Fréquences des événements initiateurs .....	60
<b>Tableau 4.7</b> - PFD des IPLs .....	61
<b>Tableau 4.8</b> - Feuille LOPA .....	75

# *Liste des figures*

<b>Figure 1.1</b> - Démarche de management des risques.....	6
<b>Figure 1.2</b> - Réduction du risque : Concepts généraux.....	9
<b>Figure 1.3</b> - Comparaison entre LOPA et l'arbre d'événement .....	12
<b>Figure 1.4</b> - Risque tolérable et ALARP.....	13
<b>Figure 2.1</b> - Typologie des barrières de sécurités.....	16
<b>Figure 2.2</b> - Cuvette de rétention.....	17
<b>Figure 2.3</b> - Soupape de sûreté.....	17
<b>Figure 2.4</b> - Schéma d'un SIS simple.....	18
<b>Figure 2.5</b> - Panneau de signalisation.....	22
<b>Figure 3.1</b> - Couches de protection : réalité – idéal.....	26
<b>Figure 3.2</b> - Utilisation de LOPA dans le cycle de vie du process.....	27
<b>Figure 3.3</b> - Répartition des méthodes d'analyse de risques proposés par le CCPS.....	28
<b>Figure 3.4</b> - Déroulement de la méthode LOPA.....	29
<b>Figure 3.5</b> - Différentes couches de protection suivant LOPA.....	30
<b>Figure 3.6</b> - Processus de sélection d'une barrière en tant que IPL.....	31
<b>Figure 4.1</b> - Situation géographique du champ de Hassi R'mel .....	38
<b>Figure 4.2</b> - Ensemble des sites et répartition sur le champ de Hassi R'mel.....	39
<b>Figure 4.3</b> - Schéma simplifié du process de traitement de gaz du MPP1.....	41
<b>Figure 4.4</b> - Différentes parties du Four de Rebouillage H-201.....	44
<b>Figure 4.5</b> - Parties essentielles du Four H-201.....	45
<b>Figure 4.6</b> - Grille de criticité adoptée par SH DP HRM.....	53
<b>Figure 4.7</b> - Scénario N°1 avant et après la mise en place des IPL <sub>S</sub> .....	69
<b>Figure 4.8</b> - Scénario N°2 avant et après la mise en place des IPL <sub>S</sub> .....	70
<b>Figure 4.9</b> - Scénario N°3 avant et après la mise en place des IPL <sub>S</sub> .....	71
<b>Figure 4.10</b> - Scénario N°4 avant et après la mise en place des IPL <sub>S</sub> .....	72

# *Acronymes et Abréviations*

AdE	Arbre d'événement
ALARP	As Low As Reasonably Practicable
APR	Analyse Préliminaire des Risques
BOS	Barrière Organisationnelle de Sécurité
BPCS	Basic Process Control System
BTS	Barrière Technique de Sécurité
CCPS	Center for Chemical Process Safety
DCS	Distributed Control System
E/E/EP	Électrique / Électronique / Électronique Programmable
EDD	Etudes De Dangers
ER	Événements Redoutés
FC	Fail Closed
FI	Flow Indicator
FICA	Flow Indicator Control Alarm
FO	Fail Open
FRA	Flow Recorder Alarm
FS	Flow Emergency Shutdown
HAZOP	HAZard and OPerability Study
HAZID	HAZard IDentification
ICPE	Installations Classées pour la Protection de l'Environnement
IPL	Independent Protection Layer

## Acronymes et Abréviations

LOPA	Layer of Protection Analysis
MMR	Mesures de Maîtrise des Risques
P&ID	Piping and Instrumentation Diagram
PA	Pressure Alarm
PCV	Pressure Controller Valve
PFD	Probability of Failure on Demand
PFD <sub>avg</sub>	Probability of Failure on Demand Average
PIA	Pressure Indicator Alarm
PLC	Programmable Logic Controller
PS	Pressure Emergency Shutdown
RRF	Reduction Factor of Risk
SAMS	Système à Action Manuelle de Sécurité
SdF	Sûreté de Fonctionnement
SIF	Safety Instrumented Function
SIL	Safety Integrity Level
SIS	Safety Instrumented System
TI	Temperature Indicator
TRA	Temperature Recorder Alarm
TRCA	Temperature Recorder Control Alarm
TS	Temperature Emergency Shutdown

# Introduction générale

Aujourd'hui, les accidents industriels majeurs et les catastrophes menacent de plus en plus le monde industriel avec ses effets graves: pertes humaines, dégât matériel et pollution environnementale. Pour pallier à cela, des efforts considérables sont fournis par les parties concernées pour maîtriser la sécurité des installations industrielles.

Ces accidents sont à l'origine des évolutions sur plusieurs plans, particulièrement le plan réglementaire des installations classées (ICPE) dans le cadre des études de dangers (EDD), citant la directive européenne N° 96/82/CE (Seveso II) et le décret n° 06-198 en Algérie.

Cette évolution impose :

- D'intégrer la dimension probabiliste dans l'analyse des risques, par la mise en œuvre des méthodologies d'analyse qui permettent d'évaluer de manière quantifiée ou semi-quantifiée la probabilité d'occurrence des accidents (méthode LOPA par exemple) ;
- De justifier les probabilités retenues pour les Événements Redoutés (ER) identifiés lors des analyses de risques (perte de confinement, etc.);
- D'évaluer les performances des Mesures de Maîtrise des Risques (MMR), aussi appelées « barrières de sécurité ».

Pour les industriels, l'analyse des risques liés aux installations ou équipements industriels est devenue un enjeu majeur. Parmi les méthodes actuellement utilisées, la méthode LOPA (Analyse des barrières de sécurité) permet d'optimiser la sécurité de ces installations.

## ❖ **Problématique :**

En Algérie, durant les dix dernières années, SONATRACH (Société Nationale de Transport et de Commercialisation des Hydrocarbures) a vécu des accidents technologiques majeurs dont les plus importants sont : l'explosion de gaz dans l'unité de liquéfaction du complexe GL1K, SH/Aval, Skikda le 19/01/2004 et l'incendie dans les deux bacs de stockage de brut au Terminal Arrivée RTE, SH/TRC, Skikda le 04/10/2005.

Les incidents les plus marquants enregistrés sur les Fours de Rebouillage des usines de la SONATRACH, ont engendré la destruction totale de ces équipements, par un incendie, suite à la rupture de serpentins, on peut citer : Unité 100 de la Raffinerie RA1K, SH/ Aval, Skikda le 03 Janvier 2013 ; Module 3 de SH/DP Hassi R'Mel en 1989. L'analyse de ces incidents a révélé que les causes profondes sont dues à des défaillances techniques et organisationnelles (corrosion, fissures, points chauds, procédures de maintenance et inspection...).

Ces incidents viennent rappeler que l'industrie pétrolière et gazière constitue une activité à haut risque et que le risque zéro n'existe pas. En conséquence, beaucoup d'attention est accordée au domaine de l'ingénierie des installations chimiques et pétrochimiques et les industriels doivent faire face à des contraintes de plus en plus nombreuses afin de garantir un niveau de sécurité optimal et maîtriser les risques industriels qui repose sur l'efficacité des barrières de sécurité (techniques, humaines et organisationnelles) mises en place, nécessite d'évaluer leurs performances, en se posant les questions suivantes :

- Comment définir précisément le besoin en termes de réduction du risque ?
- Les barrières mises en place sont-elles suffisantes pour justifier un niveau de risque acceptable ?
- Quelle est la démarche adoptée pour l'évaluation de ces barrières ?

Le travail présenté dans ce projet a pour but de répondre à ces questions, on fait appel aux outils de la sûreté de fonctionnement (méthodes d'analyse des risques), en utilisant la méthode LOPA (Layer Of Protection Analysis), une méthode d'analyse semi-quantitative permettant d'évaluer les barrières de sécurité mises en place et/ou à envisager pour atteindre l'objectif de sécurité (niveau de risque acceptable ou risque tolérable). Le champ de notre étude est celui du système Four de Rebouillage H-201 du MPP1 à HassiR'mel, identifié comme point névralgique, dont des accidents, causant de graves dégâts, ont été enregistrés sur des installations similaires voir même au niveau de Sonatrach Hassi R'Mel.

### ❖ Objectifs :

Les objectifs attendus de ce mémoire sont :

- ✓ Adopter une démarche structurée et systémique d'analyse des risques d'accidents industriels majeurs ;

- ✓ Appliquer une des méthodes d'évaluation des performances des barrières de sécurité à savoir la méthode LOPA afin d'analyser les barrières de protection en place et/ou à envisager ;
- ✓ Vérifier le niveau d'intégrité SIL ( Safety Integrity Level) de la fonction instrumentée de sécurité (Système Instrumenté de Sécurité (SIS)).

### ❖ **Hypothèse** :

Pour atteindre les objectifs de ce mémoire, notre travail consiste à vérifier l'hypothèse principale suivante:

La maîtrise des risques industriels est un processus itératif permettant de maintenir la réduction du risque à un niveau acceptable, cette maîtrise ne peut être prononcée qu'après une évaluation effective des barrières de sécurité (couches de protection) mises en place, on fait appel à différentes méthodes d'analyse des risques et dans notre cas la méthode LOPA a été retenue pour notre étude.

❖ Dans le but de traiter la problématique et démontrer cette hypothèse, ce mémoire est organisé en quatre chapitres qui sont :

Le chapitre 1 porte sur quelques concepts de bases en relation avec notre sujet en incluant des concepts de risques, le processus de gestion des risques, de maîtrise des risques et les méthodes d'analyse des risques ;

Le chapitre 2 présente les concepts et typologie des barrières de sécurité mises en place et leurs rôles pour atteindre cette réduction des risques ;

Le chapitre 3 décrit principes fondamentaux de la méthode LOPA (Layer Of Protection Analysis), et le processus général d'application de la méthode;

Le chapitre 4 est consacré à l'analyse des risques du système Four de Rebouillage H-201 du Module de traitement du gaz MPP1 de la SONATRACH/Hassi R'mel (partie retenue pour notre étude) au moyen de la méthode LOPA, en procédant à :

- Un découpage structurel et fonctionnel du système Four de Rebouillage H-201;
- Une analyse des risques (HAZOP), en identifiant les scénarios majorants, leurs causes et leurs conséquences afin de leur appliquer la méthode LOPA.

Enfin, ce mémoire se termine par une conclusion générale décrivant le travail réalisé, les résultats obtenus et les recommandations envisagées.

# **CHAPITRE 1**

## **CONCEPTS DE RÉDUCTION DES RISQUES**

Ces dernières années, de plus en plus d'entreprises du secteur industriel cherchent à appliquer les principes et les méthodes de management des risques, poussées par d'une part des réglementations plus contraignantes et d'autre part la nécessité de diversifier leur offre pour répondre aux exigences des clients. Il n'est pas rare de voir des entreprises aboutir à des accidents graves et coûteux, à une dégradation ou une remise en cause de leurs objectifs.

C'est pourquoi, le management des risques est devenu pour de nombreuses organisations une préoccupation majeure et un élément indispensable non seulement à la réussite de l'entreprise mais également à son développement, voire à sa survie.

Dans ce chapitre, on va aborder quelques concepts et définitions liés au processus de management des risques et décrire le concept de réduction des risques, avant d'exposer l'essentiel des méthodes d'analyse du risque constituant l'objet premier de ce travail.

### 1.1. Notion de sécurité :

La sécurité est généralement définie par l'absence de phénomènes dangereux, de risque inacceptable, d'accident ou de situations catastrophiques. Selon la littérature, la sécurité est définie comme suit :

« *La sécurité est l'aptitude d'une entité à éviter de faire apparaître, dans des conditions données, des évènements critiques ou catastrophiques* », [Villemeur, 1987].

« *La sécurité concerne la non occurrence d'évènements pouvant diminuer ou porter atteinte à l'intégrité du système, pendant toute la durée de l'activité du système, que celle-ci soit réussie, dégradée ou ait échoué* », [Desroches, 2003].

Dans le cadre des systèmes industriels, la sécurité consiste à mettre en œuvre des moyens évitant l'apparition de dangers. Elle s'énonce alors par l'absence de risque inacceptable, selon la norme IEC-61508 (1998).

### 1.2. Processus de management des risques :

Le management des risques et la sûreté de fonctionnement sont par essence interdisciplinaires, elles évoquent une problématique à très large spectre pouvant affecter durablement tous les cadres sociétaux.

Dans les guide ISO/CEI 51 et [ISO 31000, 2009], le management des risques est définie comme l'ensemble des activités coordonnées, menées en vue de réduire le risque à un niveau jugé tolérable ou acceptable, à un moment donné et dans un contexte donné.

Il constitue une démarche rigoureuse qui s'intègre totalement dans le processus global de management, il a pour but d'accroître les chances de succès de l'entreprise, grâce à une meilleure compréhension et identification des risques encourus, et une meilleure définition des actions visant à s'en prémunir.

### 1.3. Références règlementaires et normatives de la maîtrise des risques industriels :

- Décret N° 09-335 du 20/10/2009 fixant les modalités d'élaboration et de mise en œuvre des plans internes d'intervention par les exploitants des installations industrielles ;
- Décret exécutif N° 06-198 du 31/05/2006, définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement ;

- Loi N° 04-20 du 25/12/2004, relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable ;
- Décision N°45/DG du 18/01/2006 du PDG-SH, directive générale relative à la sécurité des installations et des travailleurs ;

#### 1.4. Démarche de management des risques :

La démarche de management des risques est basée sur un processus continu et itératif qui vise successivement à identifier et analyser les risques encourus, à les évaluer et les hiérarchiser, à envisager les moyens de les maîtriser, à les suivre et les contrôler, et enfin à capitaliser le savoir-faire. Les différentes étapes sont présentées dans la figure ci-dessous.

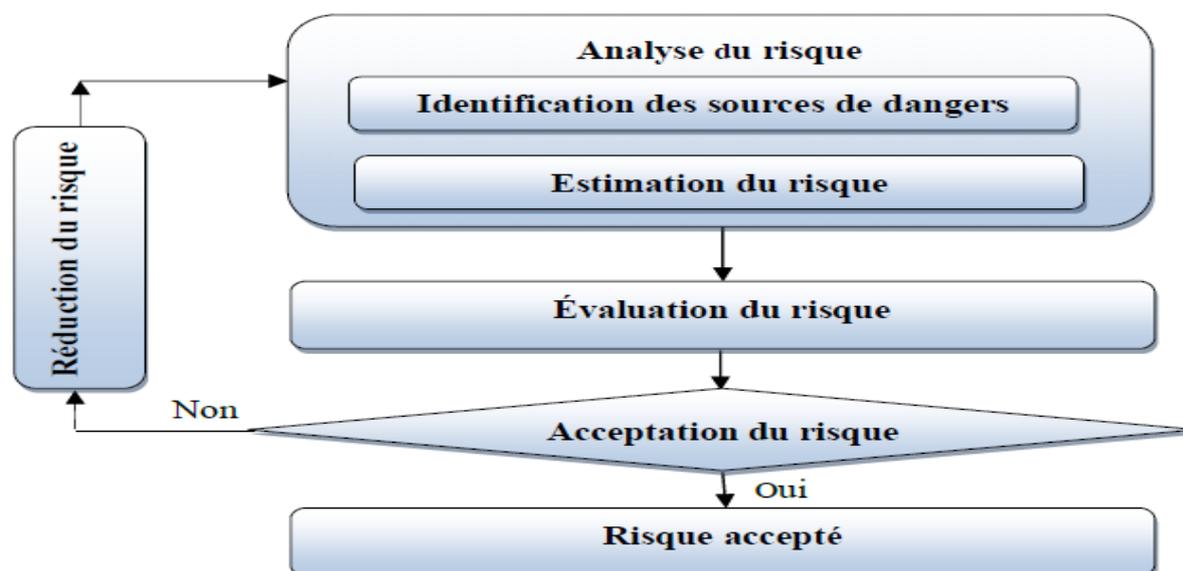


Figure 1.1 - Démarche de management des risques [ISO 31000, 2009]

##### 1.4.1. Identification de dangers et analyse des risques :

L'identification de dangers et l'analyse des risques occupent une place centrale dans le processus de management des risques. Cette étape sert à définir le système ou l'installation à étudier en recueillant toutes les informations et données nécessaires. Dans ce volet, une description à trois niveaux, structurel, fonctionnel et temporel est indispensable afin de mener une analyse efficace et atteindre les objectifs voulus en matière de maîtrise des risques. Dans un premier temps, les principales sources de dangers et les scénarios d'accidents doivent être recensés et identifiés.

La complexité de certains systèmes étudiés requiert l'utilisation des outils d'analyse aidant à l'identification des dangers [INERIS DRA 35, 2003]. Citons par exemple HAZID (HAZard

Identification), HAZOP (HAZard and OPerability Study), APR (Analyse Préliminaire des Risques) et d'autres. Ces outils d'analyse permettent aussi d'identifier les différentes barrières de sécurité existantes dans le système étudié.

Une fois cette identification réalisée, il convient ensuite d'analyser, de manière plus ou moins détaillée, leurs causes et leurs incidences potentielles, et de les caractériser (selon leur nature, leurs origines, leur impact, etc.) [COURTOT & ERMINE, 2002]. Mais il s'agit également d'examiner les interactions possibles et les combinaisons éventuelles, afin de déceler les risques qui peuvent en découler et compléter ainsi la liste de risques déjà identifiés.

#### **1.4.2. Évaluation et hiérarchisation des risques :**

Après avoir estimé le risque, on doit le comparer aux critères d'acceptabilité établis préalablement par l'entreprise ou l'organisation concernée. Cette évaluation permet de prendre une décision sur l'acceptabilité ou l'inacceptabilité de chaque risque, c'est-à-dire, déterminer s'il convient d'accepter le risque tel qu'il est ou bien de le réduire en rajoutant de nouvelles barrières de sécurité.

Le management des risques s'appuie donc sur une analyse quantitative pour mieux appréhender et estimer leurs impacts sur la production et les installations donc sur les coûts. Cette analyse consiste à évaluer, dans la mesure du possible, la probabilité d'apparition de chaque risque détecté et à estimer la gravité de leurs conséquences directes et indirectes sur les objectifs de l'entreprise. L'évaluation des risques professionnels ne sert à rien si elle n'est pas suivie d'actions. Il ne s'agit que d'une étape dans un processus global [COURTOT & ERMINE, 2002].

Une fois que les risques sont évalués, il convient ensuite de les hiérarchiser, c'est-à-dire fournir un ordre de grandeur permettant d'apprécier l'impact de chacun d'entre eux et de déterminer globalement le niveau d'exploitation aux risques. La finalité de cette hiérarchisation est de pouvoir ainsi focaliser sur les risques prépondérants, de définir les actions à mener en priorité pour les maîtriser.

#### **1.4.3. Maîtrise des risques :**

Le management des risques consiste également à définir et mettre en œuvre les dispositions appropriées pour les ramener à un niveau acceptable. Cela nécessite donc de définir des réponses types et de mettre en œuvre, risque par risque, un certain nombre d'actions visant soit à supprimer ses causes, soit à réduire sa criticité (en diminuant sa probabilité ou en limitant

la gravité de ses conséquences), soit à accepter le risque tout en le surveillant.

#### **1.4.4. Suivi et contrôle des risques :**

L'objectif de cette étape, est de mettre à jour la liste initiale des risques identifiés, d'affiner les données caractéristiques des risques déjà encourus, de réévaluer leur criticité, de contrôler l'application des actions engagées pour les maîtriser et d'apprécier leur efficacité, et de surveiller le déclenchement des événements redoutés et leurs conséquences.

#### **1.4.5. Capitalisation et documentation des risques :**

Le management des risques nécessite enfin de capitaliser le savoir-faire et les expériences acquises et d'établir une documentation rigoureuse sur les risques. Cela doit permettre d'enrichir la connaissance des risques potentiels et dommageables, d'accroître la réactivité à chaque niveau d'intervention, de faciliter la prise de décision et d'améliorer l'efficacité des actions de maîtrise de risque. Cette capitalisation et cette documentation des risques doivent être effectuées de manière périodique afin de donner l'état global des risques encore encourus et d'apprécier l'état d'avancement des actions de maîtrise mise en œuvre.

### **1.5. Réduction du risque :**

La réduction nécessaire du risque est la réduction qui doit être réalisée pour atteindre le risque tolérable dans une situation spécifique (qui peut être définie soit qualitativement ou bien quantitativement) [IEC-61508, 1998]. Ce concept est d'une importance fondamentale dans la réalisation des spécifications de prescriptions de sécurité.

La détermination de risque tolérable pour un événement dangereux a pour but d'établir ce qui est jugé raisonnable en égard à la fréquence de l'événement dangereux et à ses conséquences spécifiques.

Donc cette étape consiste à mettre en œuvre les différentes mesures et barrières de préventions et de protection afin de réduire l'intensité du phénomène (réduction potentielle de danger, atténuation des conséquences) et à diminuer la probabilité d'occurrence par la mise en place de barrières visant à prévenir les accidents [Kirchsteiger, 1999]. Outre les améliorations techniques et de fiabilités d'équipements, la prévention passe aussi par une meilleure prise en compte des facteurs de risque liés à l'organisation et aux personnes. Le choix des actions préventives à engager est effectué en comparant les coûts de leur mise en œuvre avec les coûts

des conséquences de risque, en tenant compte de leur probabilité d'apparition. Un suivi régulier de l'évolution des risques est recommandé dans la démarche de gestion des risques afin de contrôler et d'assurer la pertinence des actions préventives engagées et de corriger les dispositions prévues [INERIS DRA-35, 2003].

En effet les systèmes relatifs à la sécurité sont conçus pour réduire la fréquence et /ou les conséquences de l'événement dangereux.

Le niveau de sécurité requis dépend de nombreux facteurs (par exemple la gravité des blessures, le nombre des personnes exposées au risque, la fréquence à laquelle une personne ou des personnes sont exposées au danger et la durée de cette exposition).

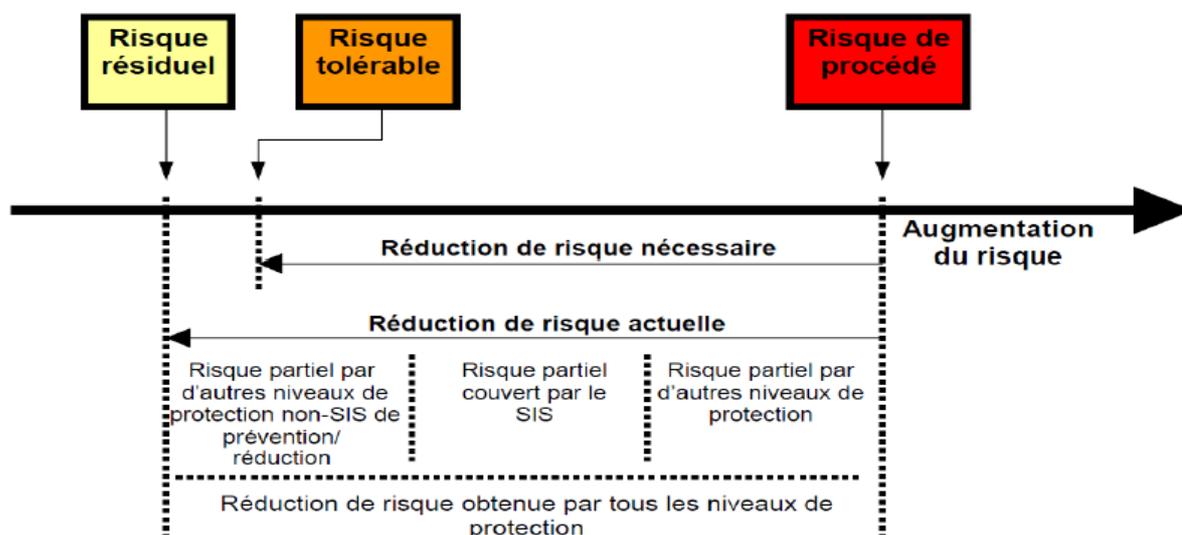


Figure 1.2 - Réduction du risque - Concepts généraux [IEC-61511, 2000]

### 1.5.1. Rôle des systèmes E/E/EP relatifs à la sécurité :

Les systèmes E/E/EP relatifs à la sécurité contribuent à atteindre la réduction nécessaire du risque dans le but d'atteindre le risque tolérable.

Un système relatif à la sécurité ;

- Met en œuvre les fonctions de sécurité requises et nécessaires pour parvenir à un état de sécurité de l'équipement commandé, ou maintient l'équipement commandé dans un état de sécurité ;
- Permet d'atteindre, par lui-même ou en liaison avec d'autres systèmes E/E/EP relatifs à la sécurité ou des systèmes relatifs à la sécurité basés sur d'autres technologies ou des dispositifs externes de réduction du risque [IEC-61508, 1998].

## 1.6. Méthodes d'Analyse et d'évaluations des risques :

### 1.6.1. HAZard and OPerability study (HAZOP) :

La méthode HAZOP est un outil qualitatif, dédié à l'analyse des risques des systèmes thermo-hydrauliques. Elle comporte une estimation a priori de la probabilité et de la gravité des conséquences des dérives identifiées [INERIS DRA 35, 2006], en se basant sur les plans PFD (Plans de circulation des fluides) et P&ID (Piping and Instrumentation Diagram) du système étudié.

Le principe de HAZOP est d'associer des mots-clés et des paramètres relatifs à l'installation étudiée pour ainsi déceler des dérives.

#### ❖ **Déroulement de la méthode HAZOP :**

##### ○ Phase préparation :

L'entreprise doit évaluer la nécessité et la pertinence de recourir à HAZOP, puis délimiter son périmètre d'application. Le système sera divisé en sous-systèmes appelés « Nœuds », l'installation examinée sera appelée « Ligne » ou « Maille ».

##### ○ Génération des dérives potentielles :

Afin de générer efficacement des dérives potentielles, la méthode HAZOP prévoit d'associer des mots-clés (qui seront représentatifs des types de déviation possible du système sous la forme de propositions conditionnelles) à tous les paramètres pouvant interagir sur la sécurité du système.

L'équipe de travail sélectionne un paramètre de fonctionnement de l'exploitation (ex. Température, Pression, Débit...etc.) ; choisit un mot-clé définissant une déviation (combinaison des mots-clés et un paramètre) ;

Et enfin l'équipe de travail fixe la liste des dérives plausibles issues des combinaisons paramètres, mots-clés pour déclencher l'analyse des causes et des conséquences potentielles.

##### ○ Identification des causes et conséquences potentielles :

L'équipe de travail réfléchit aux causes et aux conséquences que peuvent entraîner les dérives crédibles générées.

- Identification des moyens de détection et de prévention :

L'équipe de travail propose des outils et/ou méthode de détection des dérives et détecte les outils et /ou méthodes de préventions déjà existantes.

- Recherche des dérives jusqu'à épuisement des risques :

L'équipe de travail génère toutes les dérives crédibles possibles de la ligne/maille jusqu'à épuisement des risques, identifie les causes, conséquences, moyens de détection et de prévention de chaque dérives et émet ses recommandions. Elle procède ainsi pour chaque ligne/maille de chaque nœud identifié.

Dans notre étude de cas, cette méthode sera appliquée dans le but d'identification des différents scénarios d'accidents.

### **1.6.2. Arbre des Evènements (AdE) :**

C'est une méthode déductive [Villemeur, 1987], cette méthode a pour objectif, en partant d'un événement initiateur, de déterminer l'ensemble des séquences accidentelles susceptibles de se réaliser suivant que les barrières de protection remplissent, ou non, leurs fonctions de sécurité.

Elle apporte une aide précieuse pour traiter des systèmes comportant de nombreux dispositifs de sécurité et de leurs interactions. Cette méthode permet d'estimer les probabilités d'occurrence de séquences accidentelles à condition de disposer de la probabilité d'occurrence de l'évènement initial et de la probabilité de défaillance des barrières de sécurité.

Son principe est à partir d'un évènement initiateur ou d'une défaillance d'origine, l'analyse par arbre d'évènements permet donc d'estimer la dérive du système en envisageant de manière systématique le fonctionnement ou la défaillance des dispositifs de détection, d'alarme, de prévention, de protection ou d'intervention... [INERIS DRA 35 , 2006].

Généralement le modèle AdE représente l'ensemble des scénarios d'accidents acceptables et inacceptables, par contre la méthode LOPA s'intéresse seulement aux scénarios jugés inacceptables et chacun de ces scénarios doit être représenté seul.

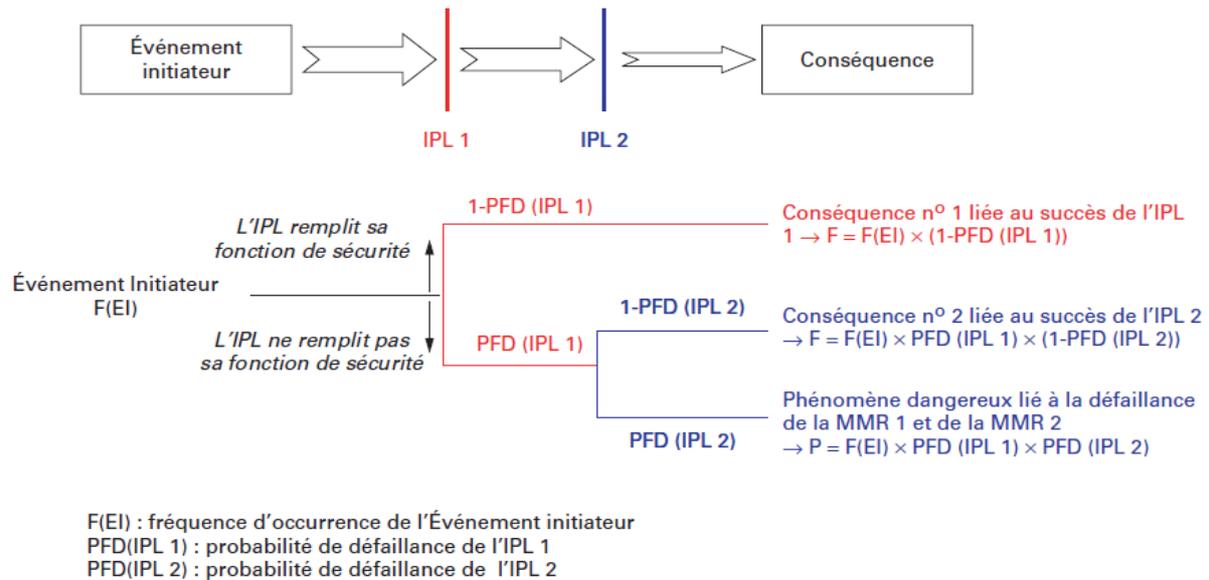


Figure 1.3 - Comparaison entre LOPA et l'arbre d'événement [CCPS, 2001]

## 1.7. Concepts d'ALARP et de risque tolérable :

Le modèle ALARP est une approche particulière permettant de parvenir à un risque tolérable.

### 1.7.1. Modèle ALARP (As Low As Reasonably Practicable) :

Le principe ALARP consiste à opérer de sorte que tout risque soit ramené au plus bas niveau possible ou jusqu'à un niveau qui soit aussi faible que possible de manière raisonnable. Si un risque se situe entre les deux extrêmes (zone inacceptable et zone acceptable) et si le principe ALARP a été appliqué, le risque résultant est le risque tolérable pour l'application concernée. Cette approche de trois zones est illustrée dans la figure 1.4.

A partir d'un certain niveau, un risque est considéré comme intolérable et ne peut être justifié dans aucune circonstance ordinaire.

Au-dessous de ce niveau, il y a une zone tolérable où une activité peut avoir lieu si les risques associés sont aussi faibles que possible. Tolérable a ici une signification différente d'acceptable, cela indique un désir de vivre avec un risque dans le but d'assurer certains bénéfices, tout en supposant qu'il soit examiné et réduit quand il peut l'être. L'évaluation du bénéfice est demandée soit explicitement, soit implicitement pour mesurer le coût ou encore

pour envisager d'autres mesures de sécurité. Il faut s'attendre à une dépense d'autant plus importante pour réduire un risque qu'il est lui-même plus important. A la limite du tolérable, les dépenses disproportionnées au bénéfice seraient justifiées. Ici le risque peut être considéré comme substantiel et l'équité demande qu'un effort considérable soit justifié, même pour atteindre une réduction marginale.

Lorsque les risques sont moins significatifs, la dépense est d'autant moins importante pour les réduire et, à la limite la plus basse de la zone de tolérabilité, il suffira d'équilibrer les coûts et les bénéfices.

Au-dessous de la zone tolérable, les niveaux de risque sont considérés comme tellement insignifiants que le besoin régulateur ne demande pas d'autres améliorations. C'est la zone étendue dans laquelle les risques sont faibles en comparaison avec les risques de tous les jours. Puisque ces risques sont dans la zone acceptable, il n'y a pas besoin d'un travail détaillé pour démontrer ALARP ; il est nécessaire tout de même de rester vigilant pour assurer que le risque reste à ce niveau, pour l'entreprise SONATRACH la zone du risque est représentée en Annexe A.

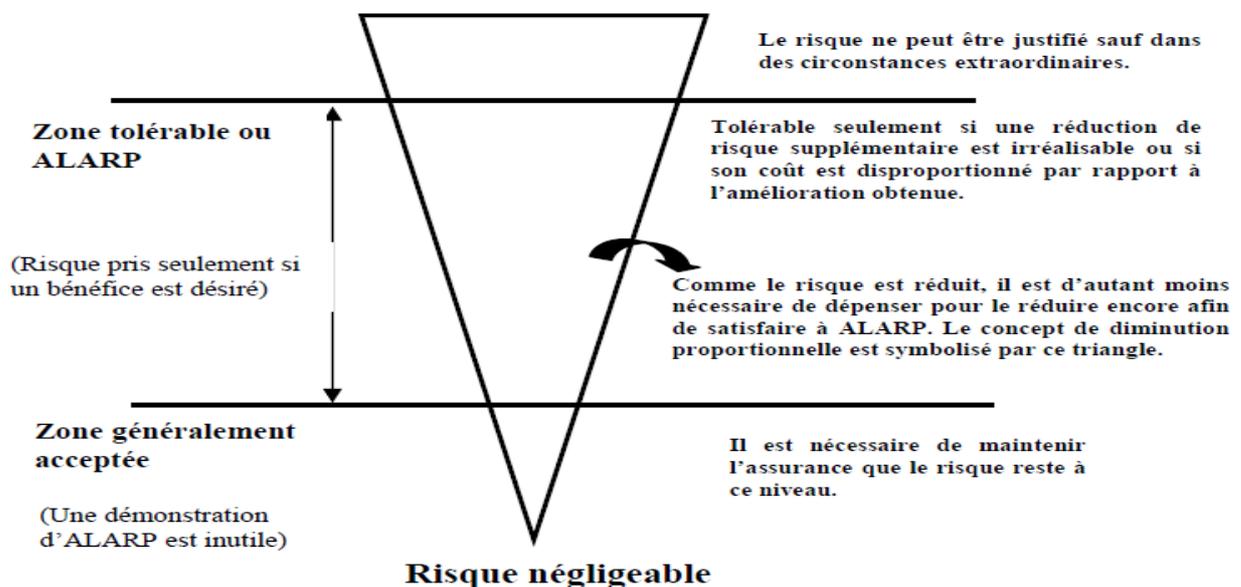


Figure 1.4 - Risque tolérable et ALARP [IEC-61508, 1998]

### 1.7.2. Objectif de risque tolérable :

Une façon de parvenir à un objectif de risque tolérable consiste à déterminer un certain nombre de conséquences et à leur allouer les fréquences tolérables.

Pour prendre en compte les concepts ALARP, la mise à niveau d'une conséquence avec une fréquence tolérable peut se faire par l'intermédiaire des classes de risque.

Le tableau 1.1 représente quatre classes de risque pour un certain nombre de conséquences et de fréquences.

Si l'on considère la figure 1.4, les classes de risque sont les suivantes :

**Tableau 1.1** - Exemple de classification des accidents en fonction des risques [IEC-61508, 1998]

Fréquence	Conséquence			
	Catastrophique	Critique	Marginale	Négligeable
Fréquent	I	I	I	II
Probable	I	I	II	III
Occasionnel	I	II	III	III
Peu fréquent	II	III	III	IV
Improbable	III	III	IV	IV
Non crédible	IV	IV	IV	IV

Avec :

- **La classe de risque I** : Se situe dans la zone inacceptable ;
- **Les classes de risque II et III** : Sont dans la zone ALARP ; la classe de risque II est juste à l'intérieur de la zone ALARP ;
- **La classe de risque IV** : Se situe dans la zone globalement acceptable.

### ○ Conclusion :

Nous avons consacré ce chapitre à la présentation des concepts théoriques de base qui ont un intérêt pour notre travail, en l'occurrence, le processus de maîtrise des risques, les méthodes d'analyse des risques retenues les plus adaptées à notre objectif (maîtrise des risques par l'approche barrières LOPA).

## **CHAPITRE 2**

# **BARRIÈRES DE SÉCURITÉ**

Les moyens à mettre en œuvre pour réduire les risques sont nombreux et variés. La conception du procédé, le choix des équipements participent en premier lieu à la réduction du risque.

Actuellement, les industries sont censées de mettre en place des stratégies de gestion et de maîtrise des risques, ces dernières ne peuvent être concrétisées que s'il y a un considérable déploiement d'efforts en matière de gestion et d'analyse des risques<sup>1</sup> qui a pour but d'identifier les scénarios d'accidents pouvant survenir sur une installation. La fréquence d'occurrence des différents événements initiateurs est estimée et l'ensemble des barrières de sécurité susceptibles de réduire l'occurrence et / ou les conséquences des scénarios est listé.

L'approche par barrière consiste à vérifier, sur la base de certains critères, si les barrières de sécurité peuvent être retenues pour le scénario étudié. La combinaison de la fréquence d'occurrence de l'événement initiateur et des niveaux de confiance des barrières de sécurité permettant de maîtriser un même scénario et permet d'estimer une classe de probabilité d'occurrence du scénario.

---

<sup>1</sup> : Analyse des risques, c'est l'utilisation des informations disponibles pour identifier les phénomènes dangereux et estimer le risque.

## 2.1. Concept de barrières de sécurité :

Le concept de barrière est apparu avec celui de défense en profondeur. Ce concept vise à la sécurisation d'un système par la mise en place d'un ensemble de mesures successives et indépendantes les unes des autres permettant de prévenir ou de maîtriser les incidents possibles et d'en limiter les conséquences. La désignation « Barrière de sécurité » se restreint aux systèmes actifs ou passifs, techniques ou humains, assurant une fonction de sécurité.

Ces barrières de sécurité, également appelées “mesures de maîtrise des risques”, constituent un élément essentiel dans la conduite des installations industrielles [INNERIS DRA 77, 2009].

## 2.2. Différents types de barrières :

Dans le cadre des EDD, les barrières de sécurité doivent correspondre à l'une des trois catégories telles que définies dans le guide OMEGA 10 de l'INNERIS [2008] :

✓ Les Barrières Techniques de Sécurité (BTS) : D'une part, sont constituées d'un dispositif de sécurité et d'autre part d'un système instrumenté de sécurité (SIS) qui s'oppose à l'enchaînement d'évènements susceptibles d'aboutir à un accident.

✓ Les Barrières Organisationnelles de Sécurité (BOS) : Sont constituées d'une activité humaine (opération) qui s'oppose à l'enchaînement d'évènements susceptible d'aboutir à un accident.

✓ Les Systèmes à Action Manuelle de Sécurité (SAMS) : Combinaison des deux types de barrières précédentes (BTS et BOS).

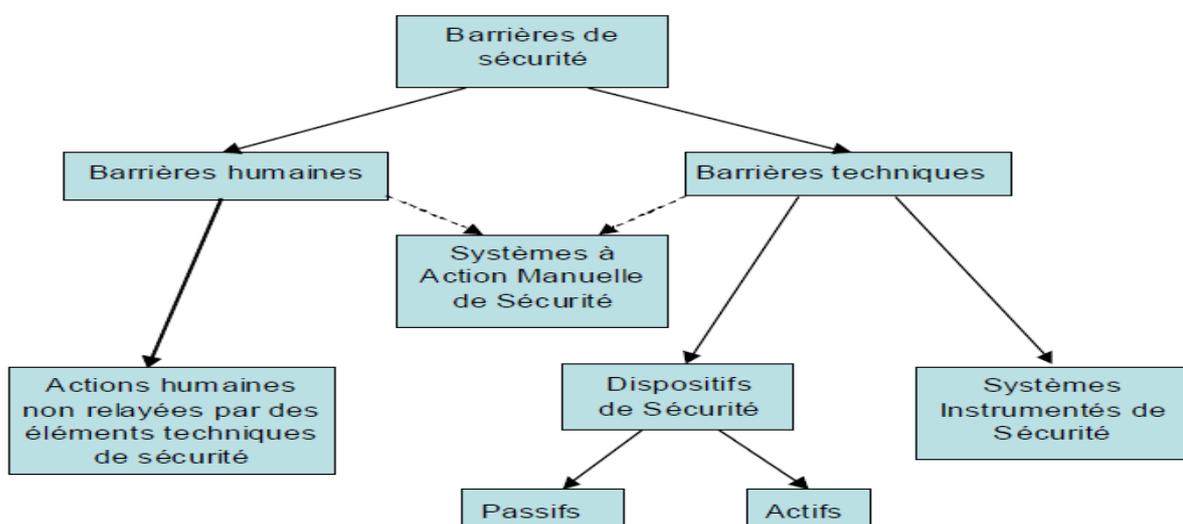


Figure 2.1- Typologie des barrières de sécurités [INNERIS DRA 77, 2009]

### 2.2.1 Barrières techniques de sécurité :

C'est un ensemble d'éléments techniques nécessaires et suffisants pour assurer une fonction de sécurité, on les appelle aussi des Mesures de Maitrise de Risque (MMR), elles peuvent être de nature très différentes. Il peut s'agir de dispositifs de sécurité ou de systèmes instrumentés de sécurité (SIS).

#### ✚ Dispositifs de sécurité :

Les dispositifs de sécurité sont des éléments unitaires, autonomes, ayant pour objectif de remplir une fonction de sécurité dans sa globalité. Ces dispositifs peuvent être classés en deux catégories :

- Les dispositifs passifs ne mettent en jeu aucun système mécanique pour remplir leur fonction. On retrouve notamment dans cette catégorie les cuvettes de rétention (figure 2.2), les disques de rupture, les arrêt-flammes ainsi que les murs pare-feu...etc.



Cuvette  
de  
rétention

**Figure 2.2** – Cuvette de rétention

- Les dispositifs actifs mettent en jeu des dispositifs mécaniques (ressorts,...). On retrouve notamment dans cette catégorie les soupapes de décharge (figure 2.3) et les clapets excès de débit.



**Figure 2.3** – Soupape de sûreté

### 2.2.1.1. Concept des Systèmes Instrumentés de Sécurité (SIS) :

Les SIS sont une composante essentielle des dispositifs de prévention des installations industrielles. La définition des fonctions de sécurité, la conception, la maintenance, et la modification des systèmes doivent assurer la disponibilité et la fiabilité de la fonction de sécurité en toute circonstance. Les meilleures pratiques disponibles dans le management des SIS ont été décrites dans la norme [IEC-61511, 2000] pour les industries de procédé.

➤ La norme [IEC-61511, 2000], définit les systèmes instrumentés de sécurité de la façon suivante : « *Système instrumenté utilisé pour mettre en œuvre une ou plusieurs fonctions instrumentées de sécurité (SIF)* ».

#### 2.2.1.1.1. Définition et Rôle d'un SIS :

Les systèmes instrumentés de sécurité (SIS) sont des combinaisons de capteurs, d'unité de traitement et d'actionneurs (équipements de sécurité) ayant pour objectif de remplir une fonction ou sous-fonction de sécurité. Il nécessite une énergie extérieure pour initier ses composants et mener à bien sa fonction de sécurité [INERIS DRA 73, 2008].

C'est un système visant à mettre le procédé en position de replis de sécurité lorsque qu'il évolue vers une voie comportant un risque réel l'environnement (explosion, feu ...), c'est-à-dire un état stable ne présentant pas de risque pour les personnes, l'environnement ou les biens.

#### ✚ Composition d'un SIS :

Les SIS sont constitués de différents éléments unitaires reliés entre eux par des moyens de transmissions. Au minimum, on retrouve en série un capteur, une unité de traitement et un actionneur.

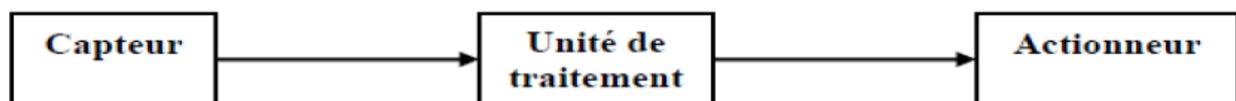


Figure 2.4 – Schéma d'un SIS simple [INERIS DRA 73, 2008]

- **Un capteur :** Est un équipement qui délivre, à partir d'une grandeur physique, une autre grandeur, souvent électrique (tension, courant, résistance), fonction de la première et directement utilisable pour la mesure ou la commande [INERIS DRA 73, 2008].

- **Unité de traitement** : La fonction "traitement" peut être plus ou moins complexe. Elle peut se résumer à acquérir une grandeur mesurée par un capteur et à l'indiquer. Elle peut également consister à activer la commande d'un ou plusieurs actionneurs à partir d'une fonction combinatoire des informations délivrées par différents capteurs [INERIS DRA 73, 2008].

- **Les actionneurs** : Un actionneur peut être (vanne, moteur, servomoteur...) transformer un signal (électrique ou pneumatique) en phénomène physique qui permet de commander le démarrage d'une pompe, la fermeture ou l'ouverture d'une vanne... Selon l'énergie motrice, on parle d'actionneur pneumatique, hydraulique ou électrique [INERIS DRA 73, 2008].

Enfin, l'unité de traitement est reliée aux capteurs et aux actionneurs par des moyens de transmission (électriques, pneumatique, hydraulique,...).

#### **2.2.1.1.2. Fonction Instrumentée de Sécurité (SIF) :**

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.

Un SIS contient généralement plus qu'une SIF. Si les exigences d'intégrité de la sécurité pour ces SIF différent, alors les exigences applicables au niveau d'intégrité de la sécurité le plus élevé s'appliquent au SIS. Pour une situation donnée, plusieurs fonctions de sécurité peuvent conduire à la réduction de la fréquence d'occurrence du danger.

L'architecture fonctionnelle d'un SIS est un ensemble de SIF qui comprend trois fonctionnalités de base, la détection, le traitement (ou la décision) et l'actionnement.

L'utilisation des fonctions de sécurité permet à l'opérateur de satisfaire le service demandé tout en garantissant la protection de l'équipement, des personnes, de l'environnement et des biens.

#### **2.2.1.1.3. Niveau d'intégrité de sécurité (SIL) :**

Le niveau d'intégrité de sécurité est défini comme la probabilité pour qu'un système relatif à la sécurité exécute de manière satisfaisante les fonctions de sécurité requises (SIF) dans toutes les conditions spécifiées et dans une période de temps spécifiée.

Les normes de sécurité fonctionnelle [IEC-61508, 1998] et [IEC-61511, 2000] définissent une démarche d'analyse du niveau d'intégrité de sécurité (SIL) d'un système. Elles permettent de définir le niveau SIL qui doit être atteint par un SIS qui réalise la fonction de sécurité suite à une analyse de risque. Plus le SIL à une valeur élevée plus la réduction du risque est importante.

Les SIS sont classés en quatre niveaux SIL qui se caractérisent par des indicateurs discrets positionnés sur une échelle de un à quatre niveaux (Tableau 2.1). Les SILs sont employés pour spécifier les exigences de sécurité des fonctions de sécurité réalisées par des systèmes E/E/EP relatifs à la sécurité selon la norme [IEC-61508, 1998].

**Tableau 2.1** - Différents niveaux de SIL définis par la norme [IEC-61508, 1998]

SIL	Probabilité moyenne de défaillance à la sollicitation ( $PFD_{avg}$ )	Réduction de risque RRF
1	$E-02 \leq PFD_{avg} < E-01$	$E+01 \leq RRF < E+02$
2	$E-03 \leq PFD_{avg} < E-02$	$E+02 \leq RRF < E+03$
3	$E-04 \leq PFD_{avg} < E-03$	$E+03 \leq RRF < E+04$
4	$E-05 \leq PFD_{avg} < E-04$	$E+04 \leq RRF < E+05$

Un SIS est en mode de fonctionnement à faible demande lorsque la fréquence de sollicitation est inférieure à une fois par an ( $1/an$ ). A partir de l'architecture du SIS réalisant la SIF faiblement sollicitée, la  $PFD_{avg}$  est évaluée sur un intervalle  $[0; t]$ .

### 2.2.2. Barrières organisationnelles de sécurité :

Les barrières organisationnelles de sécurité correspondent à des activités humaines, activités qui ne sont pas liées à une barrière technique de sécurité, qui s'oppose à l'enchaînement d'évènements susceptibles d'aboutir à un accident, on les nomme ainsi barrières humaines de sécurité [INNERIS DRA 77, 2009].

Comme les barrières techniques de sécurité, les barrières organisationnelles de sécurité se définissent par la fonction de sécurité qu'elles assurent vis-à-vis d'un scénario d'accident majeur. Exemples de barrières humaines de sécurité :

- Opération de contrôle de l'étanchéité d'un circuit conditionnant la mise en service d'un circuit.
- Action de fermeture manuelle d'une vanne suite à la détection visuelle d'une augmentation anormale de la pression d'un équipement.

➤ **Catégories de BHS retenues pour la maîtrise des risques :**

Le parti pris pour l'identification des barrières humaines est de considérer l'homme, dans un système industriel, dans sa fonction de prévenir ou de rattraper les dérives d'un procédé ou d'une activité à risques. Les activités humaines qui concourent au fonctionnement normal d'exploitation du système ne sont donc pas prises en compte.

L'application de ce principe conduit à identifier deux types d'actions susceptibles d'être considérées comme indépendantes :

➤ Celles qui interviennent en amont d'une activité ou du démarrage du procédé susceptible de présenter des risques d'accident majeur et consistent en la préparation de cette activité, la fonction de sécurité sera de vérifier que les conditions d'occurrence d'un scénario d'accident sont maîtrisées préalablement à une activité à risques [INERIS DRA 77, 2009] ==> **Ces barrières sont appelées "Barrières de vérification"**.

➤ Celles qui prennent place au cours (ou en aval) de l'activité ou du procédé susceptible de présenter des risques d'accident majeur et dont la fonction de sécurité sera de détecter une dérive prévue et d'agir en vue de limiter ses conséquences. L'action de ces barrières Niveaux SIL selon la norme CEI 61508 s'inscrit dans la cinétique de la séquence accidentelle [INERIS DRA 77, 2009] ==> **Ces barrières sont appelées "Barrières de rattrapage"**.

La détection de la dérive peut être réalisée aux différents stades de l'activité dangereuse , par exemple très en amont de l'évènement redouté comme certaines rondes de surveillance et campagnes d'inspection des équipements ou encore en aval de l'évènement redouté comme les rattrapages de dérive de procédé (intervention sur montée en température anormale d'un équipement) ou même en aval du phénomène dangereux (intervention sur un cas de feu).

### **2.2.3. Système à action manuelle de sécurité (SAMS) :**

Les systèmes à action manuelle de sécurité sont des barrières mixtes à composantes techniques et humaines : l'opérateur est en interaction avec les éléments techniques du système de sécurité qu'il surveille ou sur lesquels il agit.

Par exemple, la mise en position de sécurité d'une vanne de sécurité par actionnement manuel d'un bouton d'arrêt d'urgence suite à une détection de fuite de gaz au cours d'une ronde de surveillance est assimilée à un système à action manuelle de sécurité ( figure 2.5 ci-dessous).



**Figure 2.5** - Panneau de signalisation

### **2.3. Mode de fonctionnement de la barrière :**

Les barrières de sécurité peuvent avoir deux types de fonctionnement :

❖ Mode de fonctionnement à la sollicitation : La barrière change d'état pour mettre le système en sécurité. On s'intéresse dans ce cas au taux de défaillance à la sollicitation et à la probabilité de défaillance à la demande (PFD) (exemple : fermeture d'une vanne suite à une détection de fuite gaz) ;

❖ Mode de fonctionnement continu : On s'intéresse dans ce cas au taux de défaillance et à la probabilité de défaillance de la barrière rapportée à une unité de temps PFH (taux de défaillance/h ou probabilité/an).

### **2.4. Critères de qualification et de performance des barrières de sécurité :**

Une barrière de sécurité est qualifiée d'indépendante couche de protection (IPL) si elle satisfait les critères suivants : L'indépendance, l'efficacité, le temps de réponse et la probabilité de défaillance en plus de son utilisation pour la sécurité.

### 2.4.1. Indépendance :

Une barrière de sécurité est qualifiée IPL, si son fonctionnement ne dépend pas de fonctionnement des autres IPLs d'une part, et d'autre part de l'événement [CCPS, 2001].

Cette indépendance permet à une IPL d'être tolérante aux défaillances engendrées soit par le système ou bien par les autres couches de protection. Cette propriété d'indépendance permettra à une IPL de remplir sa fonction de sécurité indépendamment de toute cause ou défaillance commune. La détermination des modes de défaillances communs permet de juger lesquelles de barrières de sécurité sont des IPL.

### 2.4.2. Efficacité (capacité de réalisation) :

Elle correspond à l'aptitude d'une barrière à remplir la fonction de sécurité pour laquelle elle a été choisie, dans son contexte d'utilisation, pendant une durée donnée de fonctionnement. Une barrière (entité, système ou action) doit être efficace pour prévenir la conséquence associée à un scénario [INERIS DRA 39, 2005].

Une IPL permet de détecter la condition dans le scénario, de prendre la décision d'agir ou non et de faire dévier l'événement indésirable en le prévenant. Si l'IPL est assez grande, assez rapide et assez robuste, elle est efficace [CCPS, 2001].

L'efficacité d'une IPL à réduire la fréquence d'une conséquence est mesurée en utilisant sa PFD. Une valeur basse de PFD d'une IPL augmente la confiance qu'elle fonctionne correctement et interrompt le Scénario

Généralement, l'efficacité est exprimée sous la forme d'un pourcentage qui correspond au pourcentage d'accomplissement de la fonction de sécurité. Le plus souvent, lorsqu'une barrière est bien dimensionnée, l'efficacité est égale à 100 % [CCPS, 2001].

### 2.4.3. Temps de réponse :

Le temps de réponse correspond à l'intervalle de temps entre le moment où une barrière de sécurité, dans un contexte d'utilisation, est sollicitée et le moment où la fonction de sécurité assurée par cette barrière de sécurité est réalisée dans son intégralité [INERIS DRA 39, 2005].

Cette définition n'implique que le temps de réponse intègre :

- Le temps nécessaire au fonctionnement d'une détection de l'incident suite à une sollicitation ;

- Le temps nécessaire à la transmission de l'information à la ou les barrières de sécurité devant remplir la fonction de sécurité ;
- Le temps nécessaire à la réalisation de l'action de sécurité (qui correspond à l'efficacité de la barrière de sécurité).

#### 2.4.4. Probabilité de défaillance :

Deux notions doivent être différenciées :

❖ La probabilité de défaillance à la sollicitation PFD (t) : Probabilité sur l'intervalle [0, t ] qu'un système ne remplisse pas la fonction pour laquelle il est conçu à l'instant t où il est sollicité. Cette probabilité s'exprime comme suit :

$$PFD(t) = 1 - R(t)$$

Avec : - R (t) fiabilité du système qui s'exprime :  $R(t) = e^{-\lambda t}$ .

- t est le temps en an,  $\lambda$  est la probabilité de défaillance en  $\text{an}^{-1}$ .

❖ La probabilité de défaillance moyenne à la sollicitation  $PFD_{avg}$  : Valeur moyenne de la probabilité de défaillance à la sollicitation PFD (t) par rapport à la période de temps séparant deux tests notée TI. Cette probabilité s'exprime comme suit :

$$PFD_{avg} = \frac{1}{n} \int_0^n PFD(t) dt$$

Avec : - t est le temps exprimé en an ;

- n est le nombre de défaillance à la sollicitation.

#### 2.4.5. Utilisation pour la sécurité :

Au minimum, le descriptif technique de la BTS doit préciser qu'elle est conçue pour une utilisation en sécurité. Elle doit présenter un certain nombre de caractéristiques (par exemple : conception simple, robustesse).

#### ○ Conclusion :

Nous avons consacré ce chapitre à la présentation des concepts de bases et à la typologie des barrières de sécurité servant à la réduction des risques, on en conclut qu'une étude des différents types des barrières de sécurité se révèle indispensable.

## **CHAPITRE 3**

### **LOPA (Layer Of Protection Analysis)**

De manière générale, il n'est pas rare dans les EDD d'aboutir à la conclusion que les barrières de sécurité mises en œuvre par les industriels permettent de justifier d'un niveau de risque résiduel acceptable.

L'idée est de faire correspondre des barrières de sécurité à un besoin (facteur de réduction du risque) est finalement relativement récente. Si avec du recul, ce concept peut paraître évident, sa mise en œuvre s'avère beaucoup plus difficile et nécessite de disposer de méthodes permettant de garantir la pertinence de l'analyse. Pour mener une telle approche, il faut disposer :

- D'un référentiel d'acceptabilité des risques : Sans référentiel, il est impossible de proportionner le besoin en termes de barrières à un facteur de réduction du risque ;
- D'une méthode de quantification des risques : L'estimation du facteur de réduction du risque nécessite inévitablement de recourir à une estimation de la criticité de l'événement indésirable.

Ce chapitre a pour but de présenter les principes fondamentaux de la méthode semi-quantitative des risques LOPA.

### 3.1. Origine de LOPA :

La méthode LOPA fut historiquement l'une des méthodes récentes qui a été développée à la fin des années 1990 par le CCPS (Center for Chemical Process Safety). **LOPA** est un acronyme qui signifie **L**ayer **O**f **P**rotection **A**nalysis (Analyse des Couches de Protection). Cette méthode fut expérimentée pour l'évaluation de la sécurité des systèmes et des procédés industriels chimiques, pétrochimiques, nucléaires...etc.

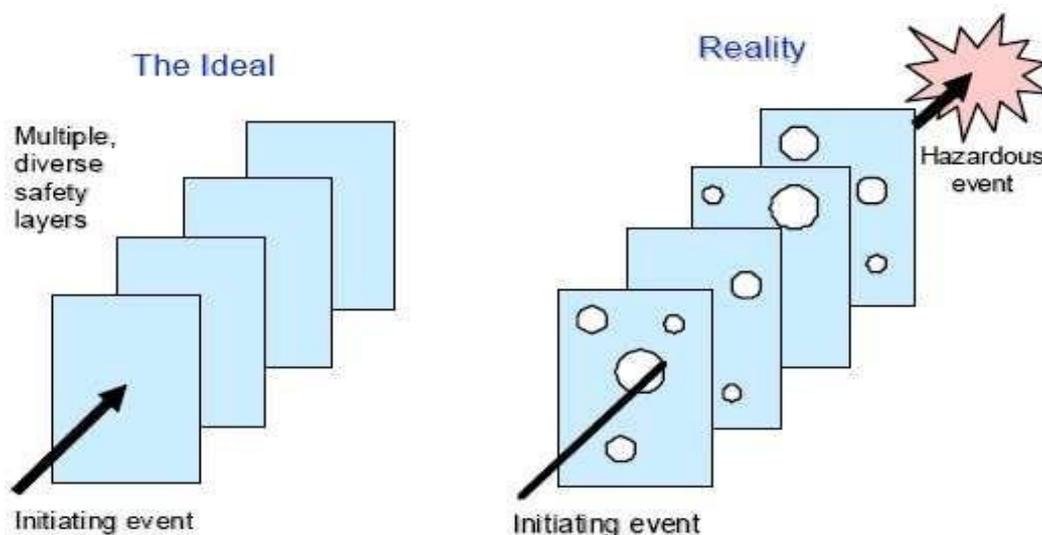
Elle trouve ses origines dans deux publications :

➤ A la fin des années 1980, le Chemical Manufacturers Association (maintenant American Chemistry Council) publie « Responsible Care Process Safety Code of Management Practices » qui introduit la notion de couches de protection et qui recommande de les prendre en considération dans le cadre du système de management ;

➤ En 1993, le Center of Chemical Process Safety (CCPS) introduisait dans le « Guidelines for Safe Automation of Chemical Processes » la méthode LOPA. Dans cet ouvrage, la méthode décrite était à un stade d'avancement préliminaire, mais était déjà proposée comme alternative pour déterminer le niveau de SIL des SIF.

### 3.2. Objectif de LOPA :

Comme beaucoup d'autres méthodes d'analyse des risques, l'objectif primordial de LOPA est de déterminer s'il existe suffisamment de couches de protection contre un scénario d'accident, car en réalité les couches de protection ne sont pas solides (figure 3.1).



**Figure 3.1** - Couches de protection : réalité - idéal [CHEDDIE & GRUHN, 2006]

La méthode LOPA est une méthode semi-quantitative développée dans l'optique de :

- ✓ Juger de l'adéquation entre les IPLs de maîtrise du risque d'accident mises en œuvre et le niveau de risque visé pour un scénario donné ;
- ✓ Statuer sur le besoin de mise en œuvre de nouvelles barrières, Si le risque estimé d'un scénario n'est pas acceptable ;
- ✓ Déterminer le niveau de SIL à allouer aux SIF ;
- ✓ Définir les « exigences » minimales sur la probabilité de défaillance des barrières à mettre en place dans le cas où les barrières existantes ne permettraient pas de justifier d'un risque acceptable ;
- ✓ Evaluer la fréquence d'occurrence résiduelle d'un scénario d'accident.

### 3.3. Utilisation de LOPA :

LOPA est plus fréquemment utilisée pour :

- ✓ Compléter l'analyse menée dans l'HAZOP si le groupe de travail considère un scénario donné trop complexe ou que ces conséquences sont trop importantes ;
- ✓ Déterminer les niveaux de SIL requis pour les fonctions instrumentées de sécurité (SIF) ;
- ✓ Evaluer l'impact de la modification effectuée sur un procédé ou un système de sécurité ;
- ✓ Analyser de manière plus détaillée certains scénarios d'accidents.

LOPA peut être utilisée pendant le processus initial de conception à partir de l'étude de conception de base et peut fournir des orientations afin de choisir un modèle qui a les plus basses fréquences d'événements initiateurs, ou pour lesquels le nombre et le type des IPL est meilleur (figure 3.2).

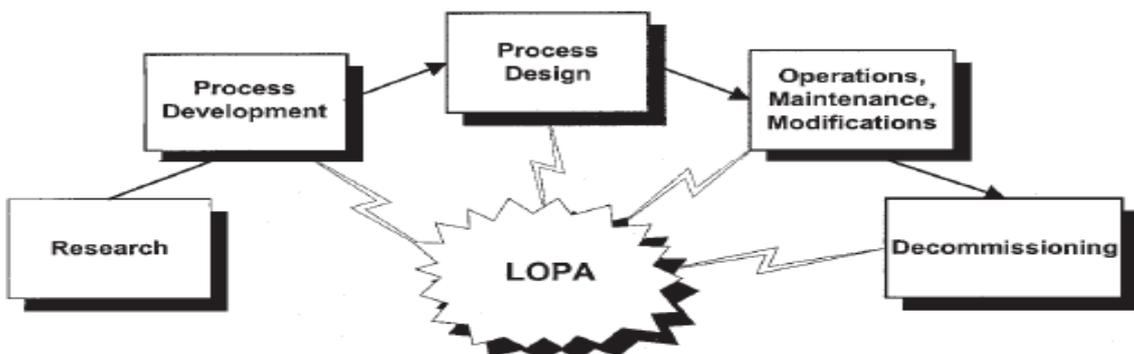


Figure 3.2 - Utilisation de LOPA dans le cycle de vie du process [CCPS, 2001]

Aujourd'hui, le retour d'expérience montre que la méthode LOPA est principalement utilisée dans le cadre de l'application des normes SIL, elle peut aussi être utilisée comme une alternative à une analyse quantifiée en termes de fréquence d'occurrence et de gravité (figure 3.3).

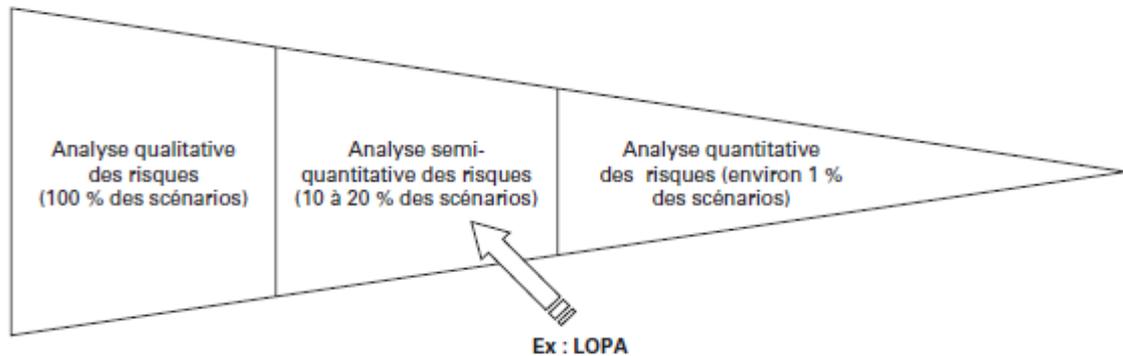


Figure 3.3 – Répartition des méthodes d'analyse de risques proposés par le CCPS

### 3.4. Principe de la méthode LOPA :

Généralement le principe de cette méthode consiste en premier lieu à identifier les différents scénarios d'accidents majeurs d'une installation ou d'un système, cette identification se fait à base des outils d'analyse classiques (par exemple HAZOP) puis, d'en évaluer les conséquences de manière probabiliste en fonction de la fréquence de survenance des événements et aussi le degré de gravité des conséquences.

Il s'agit ensuite d'évaluer la robustesse des couches de protection mises en place selon une approche quantitative ou semi quantitative. Cette dernière permet d'évaluer la probabilité de défaillance à la demande (PFD) pour chaque couche de protection [CCPS, 2001].

Une fois les événements initiateurs sont identifiés et leurs fréquences d'occurrence sont ajustées, LOPA passe à la détermination des fréquences de réalisation des scénarios d'accidents par la multiplication de la fréquence d'occurrence de cet événement initiateur par le produit des PFDs des couches de protection existantes.

Une fois le scénario d'accident est estimé en terme de gravité des conséquences, il reste à décider si ce scénario d'accident est acceptable ou non ?

Cette décision d'acceptabilité/ inacceptabilité sera prise à travers une évaluation de ce risque par rapport aux critères d'acceptabilité qui ont été établis préalablement par l'établissement concerné.

### 3.5. Processus général de la méthode :

L'application de la méthode LOPA dans le domaine de gestion des risques d'accidents majeurs est construite à la suite d'une première analyse des risques menée à l'aide des outils traditionnels et simplifiés qualitatifs comme HAZOP par exemple. La démarche généralement retenue pour réaliser une analyse par la méthode LOPA est la suivante (figure 3.4) :

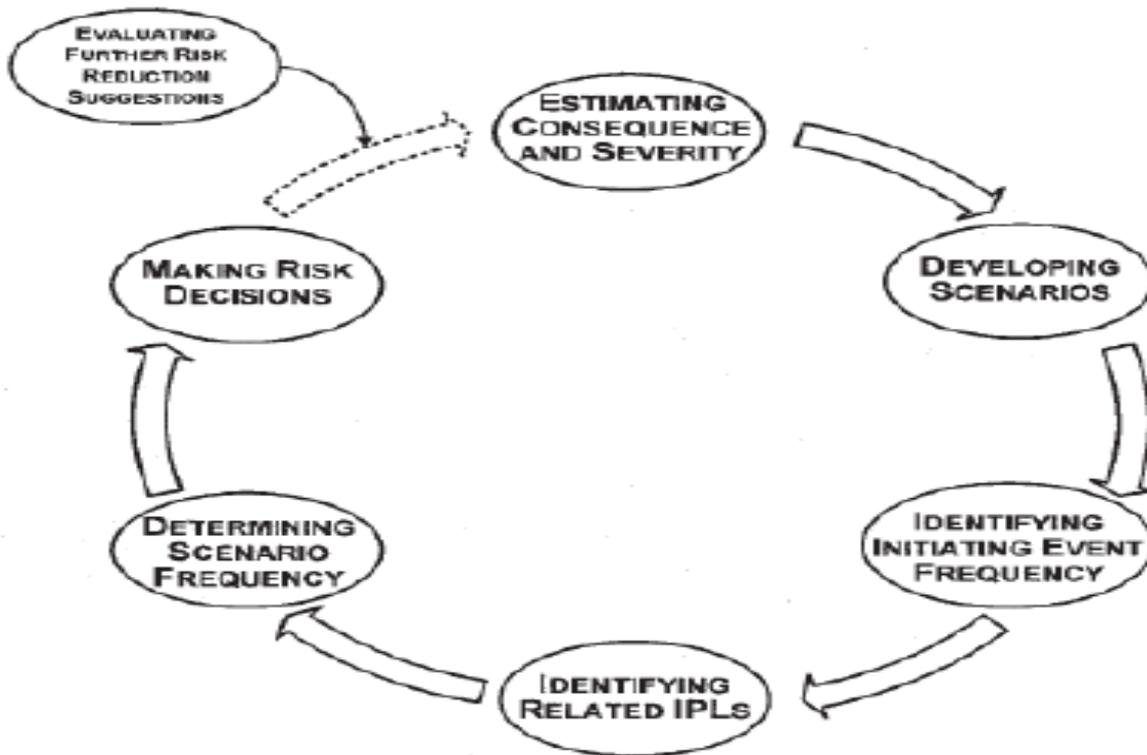


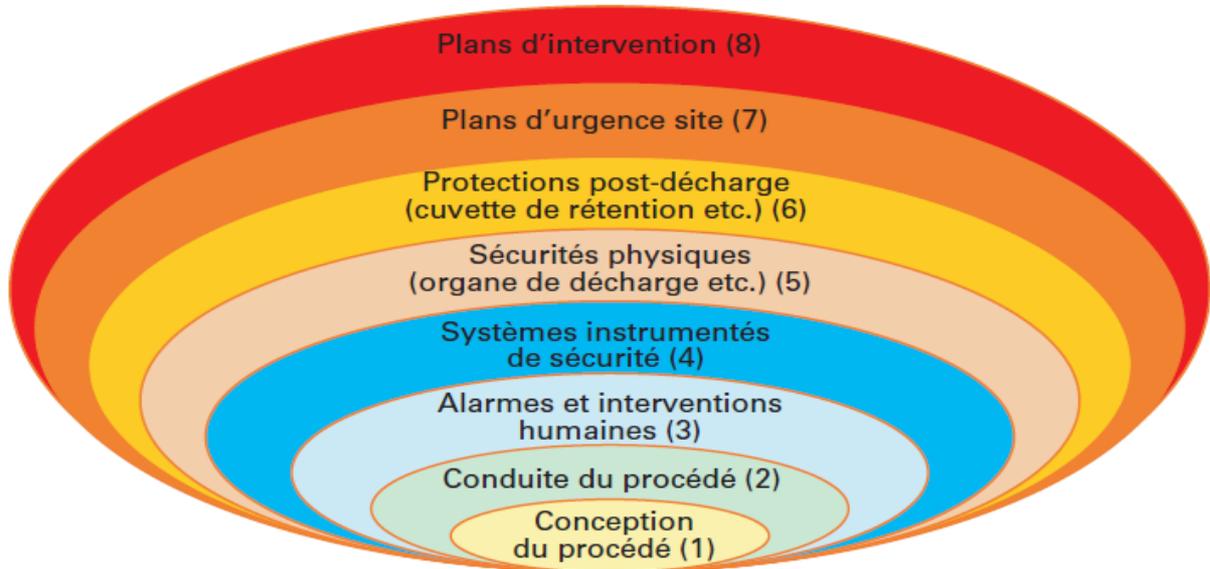
Figure 3.4 - Déroulement de la méthode LOPA [CCPS, 2001]

Comme tout outil d'analyse des risques l'établissement des critères d'acceptabilité et de sélection des scénarios d'accidents à évaluer se révèle indispensable et préalable.

### 3.6. Principe des couches de protection :

La méthode LOPA introduit le concept de « couches de protection » présenté en figure 3.5 ci-dessous. Ce concept repose sur le principe que les moyens mis en œuvre dans le but de réduire les risques sont nombreux et diversifiés et elles sont classées en huit couches de protection, d'où l'introduction de la notion de lignes de défense comme : « Ensemble des dispositions adoptées en matière de conception, construction et modalités d'exploitation incluant les mesures d'urgence internes et externes, afin de prévenir l'occurrence et limiter les effets d'un phénomène dangereux et conséquences d'un accident potentiel associé ».

Ces différents moyens sont prévus pour intervenir de manière graduelle dans le temps. En d'autres termes, ces différentes couches vont être « sollicitées » tour à tour avec pour objectif de « stopper » le déroulement du scénario d'accident ou d'en réduire les effets.



**Figure 3.5** - Différentes couches de protection suivant LOPA [CCPS, 2001]

➤ Ces huit couches peuvent être réparties en trois catégories, la répartition des différentes couches est présentée dans le tableau 3.1 :

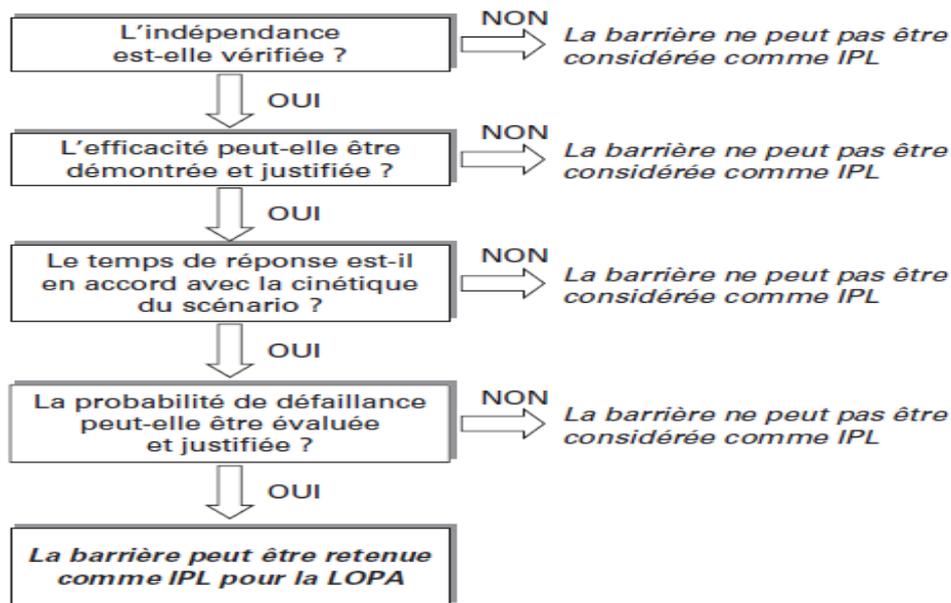
**Tableau 3.1** - Répartition des 8 couches de protection définies dans la méthode LOPA [CCPS, 2001]

Catégorie	Couches de protection
Couches de prévention	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conception du procédé</li> <li>- Conduite du procédé</li> <li>- Alarmes et interventions humaines</li> </ul>
Couches de mitigation/protection	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Systèmes Instrumentés de sécurité</li> <li>- Sécurité physiques (organes de décharge, etc...)</li> <li>- Protections post-décharge (cuvette de rétention, etc...)</li> <li>- Plans d'urgence site</li> <li>- Plan d'intervention</li> </ul>

✓ **Notion de couche de protection indépendante :**

La méthode LOPA introduit la notion de couche de protection indépendante (Independent Protection Layer [IPL]) (cf. chapitre 2.4) :

Si pour une barrière, l'un de ces quatre critères ne peut pas être vérifié, le CCPS recommande alors de ne pas la retenir en tant que IPL (figure 3.6).



**Figure 3.6** – Processus de sélection d’une barrière en tant que IPL [CCPS, 2001]

**Tableau 3.2** - Liste des barrières qui ne sont pas des IPL [CCPS ,2001]

Barrières de sécurité non IPL	Commentaires du CCPs
Formation et certification des opérateurs	Ces deux barrières peuvent être prises en compte lors de l'évaluation de la probabilité d'échec ou d'erreur d'un opérateur mais elles ne constituent pas des IPL
Procédure	Cette barrière peut être prise en compte lors de l'évaluation de la probabilité d'échec ou d'erreur d'un opérateur mais elle ne constitue pas une IPL
Test périodique et inspection	Ces deux barrières influent sur la probabilité de défaillance de certaines IPL mais elles ne constituent pas des IPL
Maintenance	Cette barrière influe la probabilité de défaillance de certaines IPL mais elle ne constitue pas une IPL
Communication	Cette barrière influe sur la probabilité de défaillance de certaines IPL mais elle ne constitue pas une IPL
Signalisation	La signalisation ne constitue pas une IPL car elle peut être ignorée, peu claire, etc. Cette barrière peut influencer sur la probabilité de défaillance de certaines IPL mais elle ne constitue pas une IPL
Protection incendie	La protection incendie n'est généralement pas retenue comme IPL dans le cas où elle est sollicitée en post-accident. En effet, sa disponibilité et son efficacité peuvent être affectées par les effets thermiques et surpressions associés aux phénomènes d'incendie et d'explosion. Dans le cas où la disponibilité et l'efficacité de cette barrière pourraient être démontrées vis-à-vis d'un scénario, alors elle pourrait être retenue comme IPL. Les protections « passives » par revêtement peuvent être valorisées comme IPL si elles répondent par exemple aux critères de l'API

### **3.7. Principales étapes de la méthode :**

La méthode a pour vocation d'évaluer la fréquence annuelle résiduelle d'accident. Pour ce faire, il est alors nécessaire de pouvoir quantifier les fréquences d'occurrence des événements initiateurs et les probabilités de défaillances de chaque couche de protection.

- ❖ Les principales étapes de la méthode LOPA sont les suivantes :

#### **3.7.1. Étape 1 - Établissement des critères d'acceptabilité et de sélection des scénarios à évaluer :**

Cette étape est une étape préalable à l'analyse des risques, elle fournit un moyen de limiter la durée de l'étude en ne considérant que les scénarios significatifs en termes de conséquences.

- ❖ **Critères d'estimation des conséquences :**

Les critères retenus pour définir l'acceptation des risques sont généralement d'ordre éthiques, moraux, économiques, sociétaux, individuels, environnementaux et aussi politiques [INERIS DRA 35, 2003]. L'établissement des critères d'acceptabilité significatifs en termes de conséquences est réalisé à partir d'une estimation des conséquences à un certain ordre de magnitude de gravité. Ces conséquences sont définies comme étant des résultats indésirables des scénarios d'accidents. Toutes ces conséquences aux limites seront évaluées quantitativement et qualitativement par certaines approches d'estimation proposées par LOPA.

#### **Méthode 1 : Catégorisation des conséquences**

Dans cette approche les conséquences estimées sont identifiées comme suite d'une séquence d'effets engendrés par un scénario d'accident non maîtrisé. L'estimation des conséquences selon cette méthode est limitée à :

- ✓ L'importance de dégagement du produit (en terme de quantité et leurs caractéristiques (toxicité, inflammabilité...etc.) ;
- ✓ Les pertes matérielles des équipements, d'installations et des arrêts de production ;
- ✓ Les pertes financières engendrées par cet accident ...etc.

Selon cette approche, donner une estimation juste et valable aux atteintes humaines est une étape délicate pour établir les critères d'acceptabilité de certains scénarios d'accidents (dégagement des produits toxiques ...). [CCPS, 2001].

### Méthode 2 : Estimation quantitative avec des atteintes humaines

Dans son estimation elle se base sur les différents impacts finaux que les scénarios d'accidents peuvent entraîner sur le personnel travaillant autour du système, la population habitant à proximité du système et aussi l'environnement passif où le système se situe [CCPS, 2001].

Pour chaque scénario d'accident les conséquences humaines sont estimées directement en se basant sur les accidents qui sont survenus (retour d'expérience) ou à partir de la modélisation des différents effets engendrés suite à un accident survenu (dégagement d'un produit inflammable et toxique ....etc.).

#### **3.7.2. Étape 2 - Développement des scénarios d'accidents :**

Les scénarios d'accidents sont développés sur la base d'une analyse des risques en utilisant des outils traditionnels tels que HAZOP par exemple [CCPS, 2001]. L'application préalable des méthodes d'analyse des risques permet d'identifier les causes et les conséquences et aussi les différentes barrières de prévention et de protection qui seront retenus et exploitées pour l'élaboration des scénarios d'accident de LOPA.

Pour développer les scénarios d'accidents, la méthode LOPA s'inspire des différents composants des scénarios à partir des données trouvées et développées par HAZOP (Annexe B). Généralement les causes identifiées durant l'application de cette méthode seront exploitées pour trouver les événements initiateurs.

#### **3.7.3. Étape 3 - Identification des fréquences des événements initiateurs :**

Une fois les événements initiateurs sont identifiés pour les scénarios d'accident l'estimation de ces événements en terme de fréquence se révèle indispensable pour calculer la fréquence de scénarios d'accidents. L'événement doit conduire à la conséquence. La fréquence doit rendre compte sur les aspects de fond du scénario.

L'estimation des événements initiateurs est faite en les affectant des fréquences de survenance, ces fréquences sont estimées généralement en nombre de réalisation des événements par an [CCPS, 2001].

Pour pouvoir estimer ces événements initiateurs en termes de fréquence, LOPA fait appel aux différentes méthodes d'estimation telles que le retour d'expérience et le jugement d'experts.

### 3.7.4. Étape 4 - Identification des couches de protection indépendantes :

La méthode LOPA exige dans son application certaines barrières de sécurité qualifiées IPL (couches de protection indépendantes). Dans le but de bien éclaircir cette différence entre les barrières de sécurité et les IPL, on fait appel à l'hypothèse suivante « Toutes les IPL sont des barrières de sécurité, mais pas toutes les barrières de sécurité sont des IPL » [CCPS, 2001] car une IPL possède un mode fonctionnement spécifique et propre à elle. Plusieurs critères de base sont retenus pour pouvoir qualifier une barrière de sécurité comme une IPL (cf. § 2.4).

#### ✓ Exemple des couches de protection :

- Conception : Par exemple, l'équipement pourrait être résistant à la pression maximale pour un scénario particulier.
- Basic Process Control Systems (BPCS) : Le BPCS peut fournir plusieurs types de fonctions de sécurité qui peuvent être des IPL [CCPS, 2001] : Fonction de contrôle et de régulation, fonction d'exécution.
- Alarmes critiques d'intervention : L'action des opérateurs, à la suite des alarmes ou d'observation, peut être citée comme une IPL lorsque plusieurs critères sont réunis pour assurer l'efficacité de l'action.
- Systèmes instrumentés de Sécurité (SIS) ;
- Systèmes de protection (soupapes, disques de rupture, ...etc.).

### 3.7.5. Étape 5 - Détermination des fréquences des scénarios d'accidents :

La détermination des fréquences des scénarios d'accidents est une étape clé qui sert à évaluer d'une manière chiffrée les scénarios d'accidents en terme de leur probabilité d'occurrence et les conséquences engendrées en fonction des critères retenus pour estimer le niveau de gravité à associer à la conséquence du scénario.

Comme les niveaux de protection sont supposés indépendants, la fréquence de l'événement final peut être obtenue en suivant la même approche que pour les arbres d'événements :

$$f_i^c = f_i^l * \prod_{j=1}^n PFD_{ij}$$

Avec :

$f_i^c$  : Fréquence de la conséquence associée à l'événement initiateur  $i$  à l'origine du scénario d'accident (en cas de mauvais fonctionnement de toutes les barrières (IPL)) ;

$f_i^I$  : La fréquence de l'événement initiateur ;

$PFD_{ij}$  : Barrière de sécurité indépendante (IPL) numéro  $j$  vis-à-vis du scénario d'accident.

### **3.7.6. Étape 6 - Évaluation des risques par rapport aux critères d'acceptabilité :**

Cette étape de la méthode LOPA consiste à évaluer les scénarios d'accidents estimés par rapport aux critères d'acceptabilité qui ont été fixés au préalable afin de s'assurer que ces scénarios sont acceptables. Si ces scénarios d'accidents sont inacceptables des recommandations et des mesures de sécurité doivent être appliquées pour les maîtriser et les ramener à un niveau jugé tolérable (ALARP).

Trois types de démarches [CCPS, 2001] sont proposés et utilisés conjointement avec la méthode LOPA afin de prendre une décision finale sur les risques, dont on va illustrer la démarche I (comparaison du risque calculé par rapport aux critères d'acceptabilité) :

- ✓ **Démarche I** : Comparaison du risque calculé par rapport aux critères d'acceptabilité ;
- ✓ **Démarche II** : Jugement d'experts ;
- ✓ **Démarche III** : Comparaison relative entre les différentes propositions destinées pour la réduction des risques.

✚ **Démarche I** - Comparaison du risque calculé par rapport aux critères d'acceptabilité :

Pour cette méthode, un scénario d'accident est estimé par une fréquence d'occurrence. Cette fréquence sera comparée aux critères d'acceptabilité établis préalablement, ces critères sont fonction du contexte de chaque établissement concerné.

Selon cette démarche ces critères sont élaborés en appliquant plusieurs méthodes (matrice des risques, critères numériques d'acceptabilité, nombre d'IPLs exigés). On s'intéresse à la première méthode.

- **Méthode : Matrices des risques :**

Dans cette méthode les critères d'acceptabilité sont interprétés et représentés sous forme des matrices appelées « matrices des risques ». Cette méthode fournit une illustration matricielle des critères d'acceptabilité, ces derniers sont établis en prenant en compte les pertes économiques, les atteintes humaines et environnementales afin de prendre des décisions sur les risques existants.

✓ Avantages de la méthode :

- Cette méthode fournit une description claire et précise du risque associé à chaque scénario ;
- La réduction du risque exigée peut être démontrée visuellement et numériquement et plusieurs zones de décision pour les risques réduits sont bien décrites ;
- Cette méthode possède une certaine précision, chose qui rend son application plus compatible avec la méthode LOPA ;
- Les valeurs numériques utilisées pour les risques tolérables sont incluses dans ces matrices.

○ **Conclusion :**

Ce chapitre est consacré à décrire en détail la méthode LOPA, cet outil fera l'objet d'une étude d'application sur un système industriel (Four de Rebouillage H-201).

## **CHAPITRE 4**

### **APPLICATION DE LA MÉTHODE LOPA**

Ce chapitre est consacré à l'application de la méthode LOPA au système « Four de Rebouillage H-201 de l'usine de traitement de gaz Module Processing Plant N°1 dénommé MPP1 » à Hassi R'mel).

Un grand nombre d'outils ou méthodes sont dédiés à l'analyse des risques d'une installation. Ces méthodes prises individuellement ou de façon combinée permettent le plus souvent de répondre aux objectifs d'une analyse des risques. Ces dernières sont classées selon différentes typologies: Déductive ou Inductives, Qualitatives ou Quantitatives, Statique ou Dynamique, pour notre étude, (03) trois méthodes d'analyse ont été retenues HAZOP, Arbre des Evénements (AdE) et LOPA.

Pour ce faire, une définition préalable du système à étudier (Four de Rebouillage H-201) en recueillant toutes les informations et données nécessaires en utilisant la méthode qualitative HAZOP, et à travers aussi un découpage structurel et fonctionnel semble indispensable, pour une analyse efficace des risques, puis l'analyse proprement dite par l'application de la méthode LOPA.

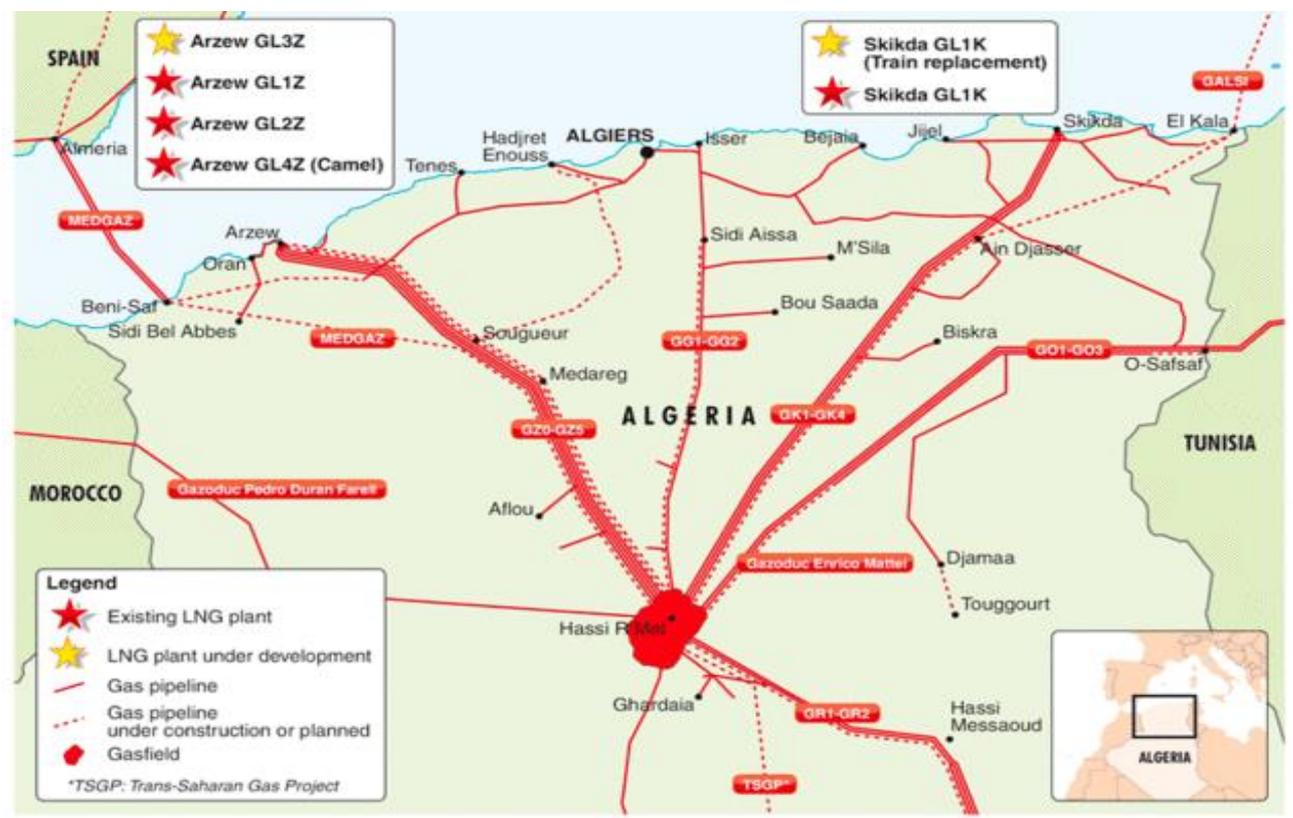
## 4.1 Présentation sommaire du champ gazier Hassi R'Mel :

Hassi-R'mel, est l'un des plus grands gisements de gaz d'Afrique, possédant environ 10 % des ressources mondiales en gaz naturel, Il est le cœur de la production de gaz de SONATRACH : en plus de sa propre production, il centralise le gaz des autres régions et est le point de départ des gazoducs d'exportation vers l'Espagne et d'autres pays [Rapport d'Audit Environnemental, 2011].

### 4.1.1. Situation géographique :

Hassi-R'mel, porte du désert, se trouve à 550 Km au sud de la capitale à une altitude moyenne de 760 m; se trouve dans une région relativement plate du Sahara où le paysage est constitué d'un vaste plateau rocailleux où ne pousse qu'une faible végétation composée essentiellement de buissons.

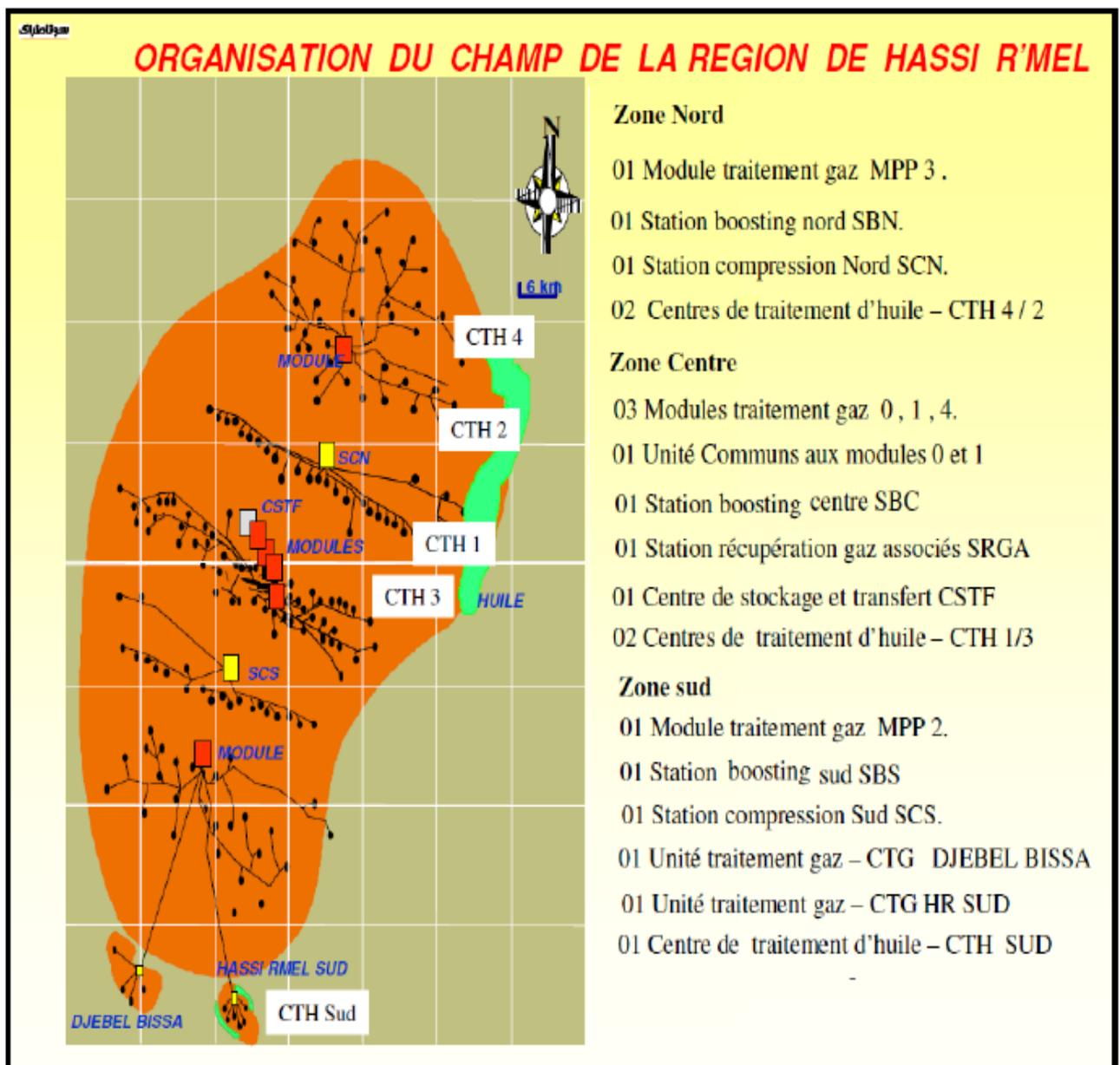
Le gisement de Hassi R'mel se présente sous forme elliptique s'étalant sur plus de 3500 km<sup>2</sup> (70 km de long du nord au sud et 50 km de large d'est en ouest), il se situe à une profondeur d'environ 2200 m (figure 4.1).



**Figure 4.1** - Situation géographique " Hassi R'mel " [Plan Interne d'Intervention SONATRACH ,2010]

#### 4.1.2. Installations gazières à Hassi-R'mel :

Le plan de l'ensemble des installations gazières implantées sur le champ de Hassi R'mel est élaboré de façon à avoir une exploitation rationnelle du gisement et pouvoir récupérer le maximum de liquide. Les cinq modules de traitement de gaz (0, I, II, III et IV) sont disposés d'une manière alternée par rapport aux deux stations de compression (station nord et sud), pour la raison d'un meilleur balayage du gisement. Les installations mises en œuvre sont réparties comme le montre la figure suivante (figure 4.2):



**Figure 4.2** - Ensemble des sites et répartition sur le champ de Hassi R'mel [Rapport d'Audit environnemental, 2011]

#### 4.1.3. Procédé de traitement du gaz :

Le choix d'un procédé de traitement se fait selon :

- ✓ Taux de récupération des hydrocarbures liquides visés ;
- ✓ Spécification des produits finis ;
- ✓ Coût global des investissements.

La région de Hassi R'mel utilise deux types de procédés de traitement de gaz, le procédé **PRITCHARD** utilisé au niveau des Modules (0) et (I) et le procédé **HUDSON** est utilisé dans les Modules (II), (III), (IV).

➤ **Procède PRITCHARD**, basé sur le refroidissement du gaz à traiter par échange thermique et par des détentes simples avec en plus l'utilisation du propane comme fluide réfrigérant pour atteindre en fin de cycle des températures voisines de -23 C°.

➤ **Procède HUDSON**, basé sur le refroidissement de gaz à traiter par échange thermique et par une série de détentes complétées par une détente à travers une machine dynamique appelée TURBO-EXPANDEUR qui permet d'atteindre un niveau de températures de -40 C°.

Le procédé **HUDSON** est plus performant et permet une meilleure récupération d'hydrocarbures liquides.

##### 4.1.3.1 **Traitement de gaz brut au niveau du MPPI (lieu du stage) :**

Cette unité de traitement de gaz naturel, dénommée **MPP1**, est constituée principalement de trois trains identiques. Chacun d'eux assure le traitement du gaz brut d'alimentation pour la production de trois produits (03) produits à savoir le gaz sec, le GPL et le condensât.

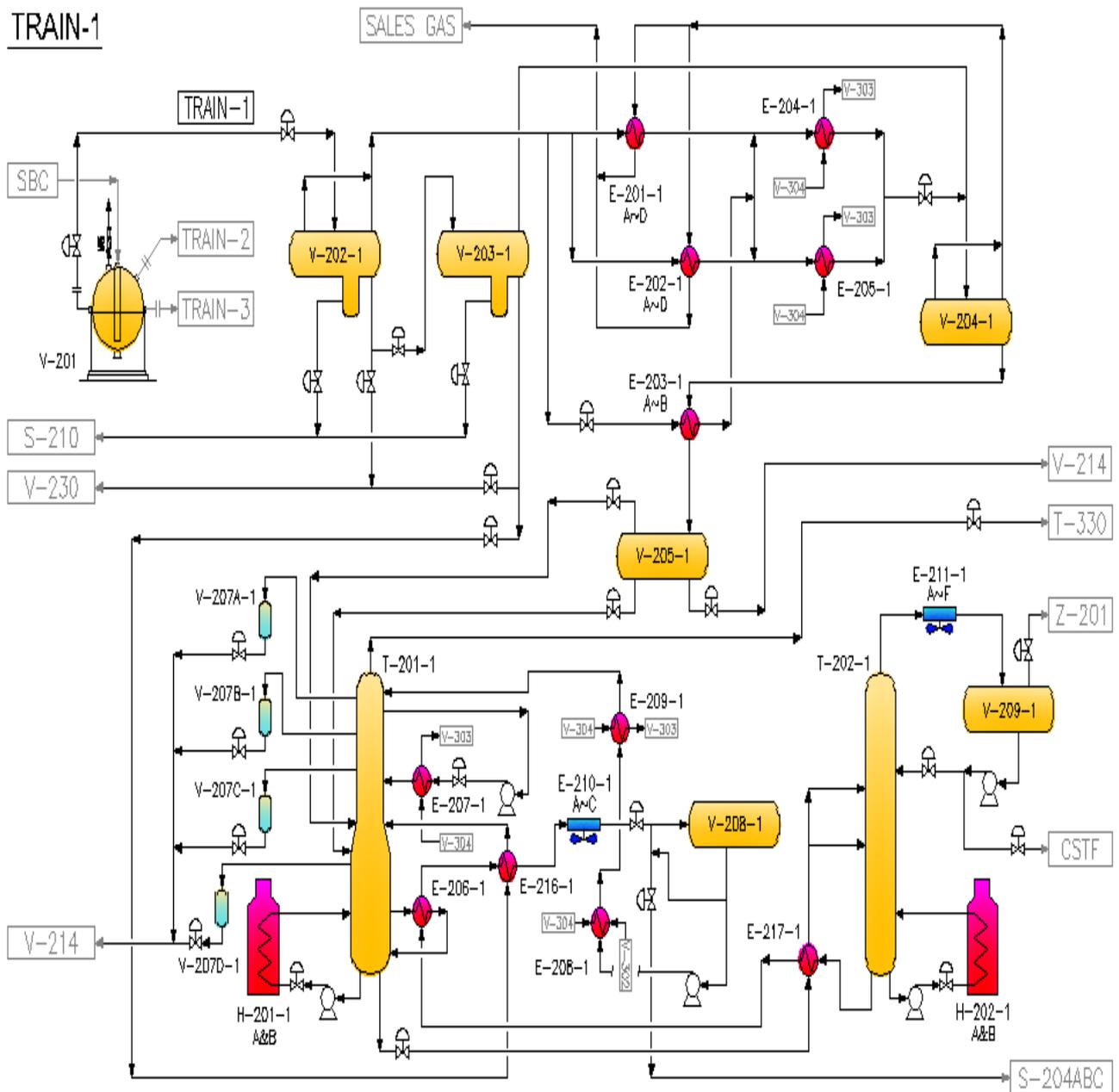
Les installations du **MPP1** sont composées de deux sections :

✓ Section de séparation (Haute pression) : Cette section traite le gaz brut d'alimentation pour récupérer les hydrocarbures liquides (condensât et GPL) et le gaz de vente (contenant principalement C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>). La séparation est obtenue par l'utilisation d'échangeurs ((gaz-gaz et liquide-gaz), de chillers au Propane) et de ballons;

✓ Section de stabilisation (Basse pression) : Cette section a pour but de stabiliser le condensât et de produire le GPL à partir des liquides récupérés dans la Section de séparation. La stabilisation/fractionnement se fait par l'utilisation de (02) deux Fours de Rebouillage H-201 et

H- 202 qui assurent le rebouillage des deux colonnes de distillation (la colonne de stabilisation : le déethaniseur T-201 et la colonne de fractionnement : Le débutaniseur T-202).

Le procédé de traitement de gaz utilisé au MPP1 est présenté par la figure 4.3.



**Figure 4.3** - Schéma simplifié du processus de traitement de gaz module 1 [Rapport d'inspection équipement SONATRACH, 2013]

Nous nous intéresserons au Four de rebouillage H-201 et appliquerons la méthode LOPA afin d'évaluer les performances de ses barrières de sécurité.

## 4.2. Description du Four de Rebouillage H-201 :

### 4.2.1. Analyse du retour d'expérience REX des incidents sur Fours de Rebouillage (fondement de choix) :

Le retour d'expérience nous montre que des incidents sur les Fours de Rebouillage des unités de traitement d'hydrocarbures, ont été enregistrés même au niveau de SONATRACH.

✓ L'analyse du retour d'expérience (accidentologie interne) qui a qualifié les systèmes Fours de Rebouillage comme points névralgiques (à risques), en tenant compte de leur mode de fonctionnement à chaud (rebouillage de la charge des colonnes de séparation), mérite une analyse approfondie des risques.

▪ Sur la base de l'analyse du retour d'expérience (accidentologie externe), l'industrie et les compagnies d'assurance indiquent que 44 % des pertes des installations de procédés sont attribuables aux défaillances des fours. [Rapport EDD MPP1 HRM Centre, 2010].

#### ❖ **Analyse des causes :**

La majorité des événements sont en relation avec les défaillances des tubes (les serpents). Les accidents majeurs sont uniquement envisageables en cas d'une propagation, et sont donc plutôt rares. Les causes principales d'accidents pour les fours sont :

- Explosion dans la chambre à combustion, surtout pendant la phase d'allumage ou suite à une défaillance de la flamme ;
- Rupture des tubes, habituellement suite à une perte d'alimentation ou une surchauffe (mauvais réglage du brûleur) (c'est le cas du scénario retenu pour notre étude).

La fuite d'un tube pourra induire un incendie à l'intérieur du four ; cependant, cet événement ne sera un accident majeur que si celui-ci se propage vers l'extérieur du four.

C'est pourquoi, en se basant sur un choix fondé du système étudié, l'analyse des risques de ce type d'équipements (Four de Rebouillage), est une nécessité absolue dans le cadre de la maîtrise des risques associés à l'exploitation de l'unité industrielle MPP1, Hassi R'mel Centre.

#### 4.2.2. Rôle du Four H-201 :

L'équipement étudié est un Rebouilleur de colonne. Celui-ci se présente sous la forme d'un four dans lequel du fuel gaz est brûlé pour réchauffer le liquide en pied passant dans un serpentin.

Le condensat<sup>1</sup> (température environ 150°C) venant du fond de la colonne T-201 est envoyé au moyen des pompes P- 201A/B, au Four de Rebouillage H-201 à travers 10 passes pour être chauffé après son passage par deux zones : La zone de convection puis la zone de radiation qui travaillent respectivement à environ 350 °C & 550 °C.

Le fluide sortant du rebouilleur, partiellement vaporisé à environ 180 °C, est renvoyé à la colonne pour assurer le rebouillage nécessaire à son fonctionnement.

Les caractéristiques de ce Four sont reprises dans le tableau suivant :

**Tableau 4.1** - Caractéristiques du Four Rebouilleur H-201 [Rapport d'inspection équipement SONATRACH, 2013]

Caractéristiques	Valeurs
Equipement	Rebouilleur
Substance	Gaz / Condensat
T service (°C)	180
T calcul (°C)	370
P service fuel gas (barg)	1.5
P service (barg)	25
P calcul (barg)	27.5
Volume (m <sup>3</sup> )	33

#### 4.2.3. Constitution du Four H-201 :

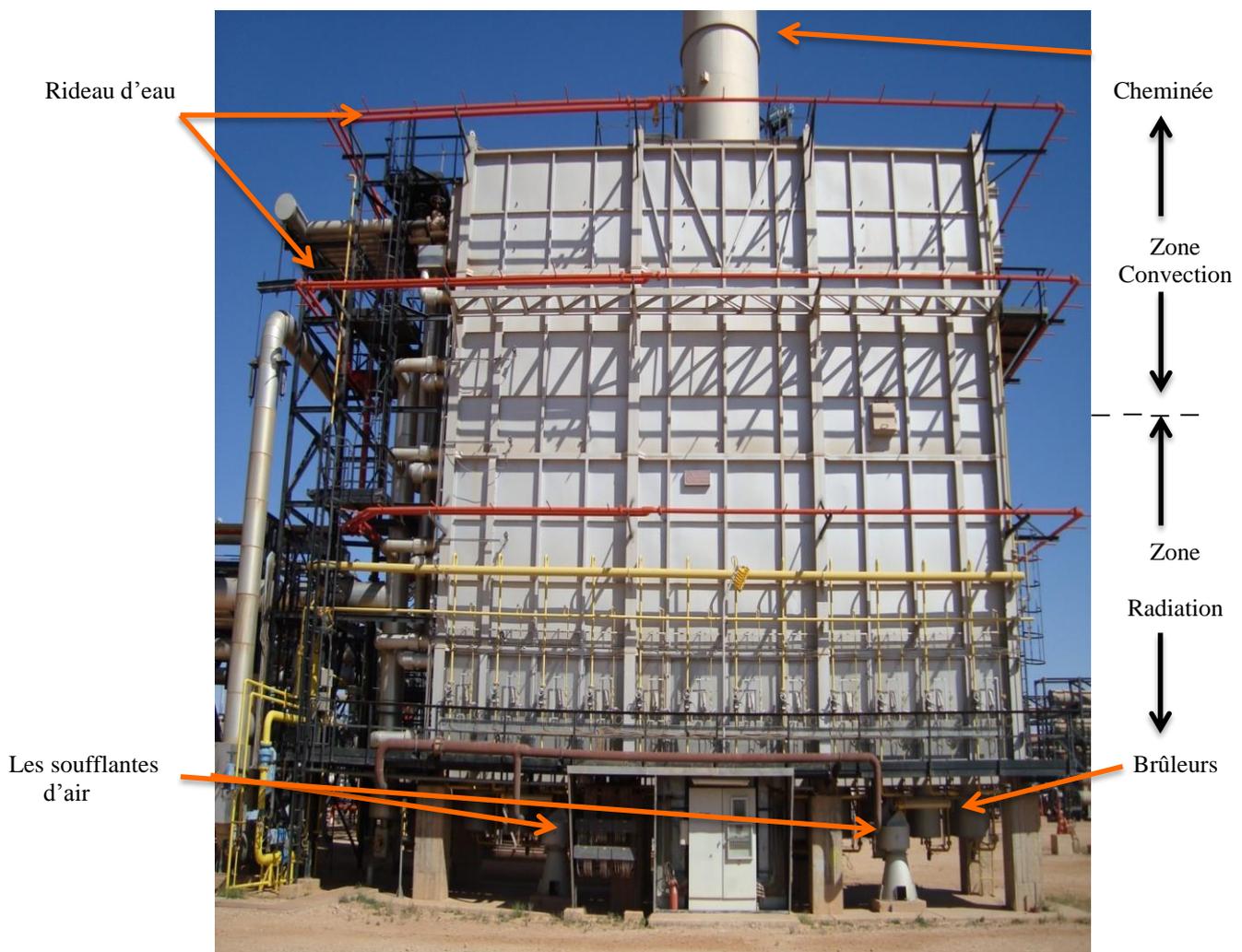
Le Four H-201 comprend :

✓ Une zone de radiation (rayonnement) constituant la chambre de combustion, garnie intérieurement de matériau réfractaire isolant, dans laquelle des tubes sont exposés à la flamme et reçoivent la chaleur principalement par radiation des produits de combustion;

1 Condensât : c'est un mélange d'hydrocarbures liquides contenant des traces des gaz légers.

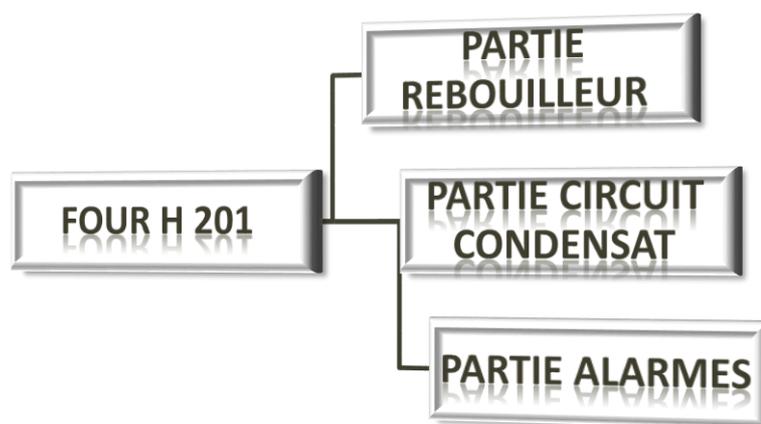
2 Gaz légers : composés essentiellement du méthane et de l'éthane.

- ✓ Une zone de convection installée à la sortie des fumées de la chambre de combustion. Elle est constituée d'un faisceau de tubes placés perpendiculairement la direction des fumées. Le rendement d'un four muni d'une zone de convection est supérieur à celui d'un four ne comportant qu'une zone de radiation ;
- ✓ Une cheminée;
- ✓ Des accessoires tels que les portes d'accès, les portes d'explosion, les regards, les thermocouples et les connexions diverses nécessaires à la bonne marche du four.



**Figure 4.4** - Différentes parties du Four Rebouilleur H-201  
[SONATRACH, 2015]

- ❖ Ce Four H-201 est composé essentiellement de trois parties différentes (Figure 4.5) :



**Figure 4.5** - Parties essentielles du Four H-201

- **Pour la partie rebouilleur (présentée en orange (Annexe C)) :**

Cette partie contient les éléments nécessaires pour l'allumage du four (12 pilotes, 12 brûleurs), le fuel gaz passe par deux circuits différents :

- ✓ Circuit pilote :

Le passage de fuel gaz dans ce circuit est commandé par les vannes tout ou rien (SDV-241, SDV-251, SDV-231 et SDV-271-1 à 12), la pression du fuel gaz est contrôlée par une vanne PCV-221.

- ✓ Circuit brûleur principal :

Le passage du fuel gaz dans ce circuit est commandé par les vannes tout ou rien (SDV-211, SDV-221, SDV-231) et une vanne de débit FCV-271.

- **Pour la partie circuit condensât (présentée en vert (Annexe C)) :**

Le passage du condensât dans ce circuit est commandé par une vanne de débit FCV-201.

- **Pour la partie Alarmes (présentée en rouge (Annexe C)) :**

Les facteurs de déclenchement de ce Four H-201 sont intégrés à différents niveaux pour une protection maximale de ses équipements (Tableau 4.2).

**Tableau 4.2** - Différents facteurs de déclenchements du Four de Rebouillage H-201 [Manuel opératoire SONATRACH, 1993]

<b>Facteurs de déclenchement</b>	<b>Désignations</b>
PAHH 201	Pression très haute gaz combustible
PALL 201	Pression très basse combustible
PAHH 231	Pression très haute sortie condensat
TAHH 231	Température très haute sortie condensat
FSSL 201	Débit très bas condensat
TAHH 281	Température très haute entre convection/radiation
TAHH 271	Température très haute fumées
BAL 201	Arrêt manque de flammes
BAL 211	Alarme défaut de flammes
BAL 221	Ouverture bruleur non autorisé

### **4.3. Décomposition structurelle, fonctionnelle et temporelle du Four H-201 :**

Le recueil des informations nécessaires à l'analyse des risques est probablement une des phases les plus longues du processus mais également une des plus importantes.

De façon à pouvoir conduire l'étude de Sécurité de fonctionnement (Sdf) , la décomposition adéquate du système doit permettre de définir clairement les constituants du système et leurs fonctions [DJEBABRA & SAADI, 1999] et à collecter l'ensemble des informations indispensables. Cette décomposition sera consacrée à définir la structure de notre système étudié en précisant les fonctions des différents constituants (sous-systèmes, équipements et composants) de système global (Four H-201), en prenant en considération son aspect temporel (phase de fonctionnement, phase d'arrêt d'urgence). (Annexe C, D & Tableau 4.3).

Tableau 4.3 – Décomposition du Four H-201

Phase de fonctionnement		
Sous-système [Fonction principale]	Équipements [Fonction intermédiaire]	Composants [Fonction élémentaire]
SS <sub>1</sub> : Sous- Système circuit d'alimentation [Alimentation du four rebouilleur en fuel gaz et condensât]	E <sub>11</sub> : Circuit Fuel Gaz [Assure l'alimentation en combustible des pilotes et de brûleurs]	C <sub>111</sub> : <b>PCV-201</b> [Autorégulation de la pression d'alimentation commune des réseaux pilotes et brûleurs]
		C <sub>112</sub> : (10) Pilotes [Garantir une flamme continue pour chaque brûleur]
		C <sub>113</sub> : (10) Brûleurs [Assure le mélange air/combustible et la combustion complète du fuel gaz]
		C <sub>114</sub> : Vanne <b>PCV-211</b> [Autorégulation de la pression de fuel gaz pour les pilotes]
		C <sub>115</sub> : Vanne <b>FCV-271</b> [Régulation du débit de fuel gaz en fonction de la température sortie du
	E <sub>12</sub> : Circuit Liquide [Assure l'alimentation du four en liquide venant du fond de la colonne T201]	C <sub>121</sub> : Vanne <b>FCV-201</b> [Régulation du débit du condensât à l'entrée par <b>FICR-201</b> ]
SS <sub>2</sub> : Sous-système de tirage [Assure l'arrivée et la circulation d'air]	E <sub>23</sub> : Cheminée [Évacuation des fumées vers l'atmosphère]	-
	E <sub>22</sub> : Registre de tirage [Créer une dépression dans la cheminée par la montée des gaz chauds faisant ainsi l'appel d'air de combustion en amont du brûleur]	E <sub>221</sub> : <b>HV-961</b> [Plaque métallique ronde]
	E <sub>23</sub> : (02) Soufflantes d'air [Assurer l'introduction d'air]	E <sub>231</sub> : <b>K-201/202</b>

**Tableau 4.3** – Décomposition du Four H-201 (suite)

Phase de fonctionnement		
Sous-système [Fonction principale]	Équipements [Fonction intermédiaire]	Composants [Fonction élémentaire]
SS <sub>3</sub> : Sous-système de contrôle  [contrôle les paramètres du procédé]	E <sub>31</sub> : Équipement de contrôle (débit du condensât)  [Contrôle le débit du condensât à l'entrée du four]	C <sub>311</sub> : DCS <sup>3</sup> (boucle de débit du condensât)  [FICAL-201 pour l'adaptation du débit de condensât à l'entrée de four par l'action sur la vanne FCV-201]  [Alerter l'opérateur quand le débit est insuffisant ( $\leq 600 \text{ m}^3/\text{h}$ )]
		C <sub>312</sub> : Débitmètre FICAL-201  [Mesure le débit du condensât à l'entrée du four]
		C <sub>313</sub> : Indicateurs de débit FI-211 [Mesure de débit du condensât dans chaque pass d'entrée 1 à 10]
	E <sub>32</sub> : Équipement de contrôle (température du condensât) [Contrôle la température du condensât à l'entrée du four]	C <sub>321</sub> : Indicateur de température TI-251 [Mesure la température du condensât à l'entrée du four]
	E <sub>33</sub> : Équipement de contrôle (haute pression du condensât)  [Contrôle la pression du condensât à la sortie du four]	C <sub>331</sub> : Indicateur de température TI-251 [Mesure la température du condensât à l'entrée du four]
		C <sub>332</sub> : Switch de pression PSL-231 [Mesure la pression du condensât à la sortie du four]
	E <sub>34</sub> : Équipement de contrôle de dépression  [Contrôle la dépression à l'intérieur du four]	C <sub>341</sub> : DCS (boucle de dépression)  [HC-961 pour l'adaptation de la dépression par action sur la vanne HV-961]  [Alerter l'opérateur quand la dépression diminue ( $\geq 5 \text{ mmH}_2\text{O}$ )]
		C <sub>342</sub> : Vanne HXC-908 [Régulation de la dépression à l'intérieur du four par action sur le registre de tirage]

3 DCS : Distributed Control System, système numérique de contrôle-commande

Tableau 4.3 – Décomposition du Four H-201 (suite)

Phase de fonctionnement		
Sous-système [Fonction principale]	Équipements [Fonction intermédiaire]	Composants [Fonction élémentaire]
SS <sub>3</sub> : Sous-système de contrôle [contrôle les paramètres du procédé]	E <sub>35</sub> : Équipement de contrôle de température [Contrôle la température du four]	C <sub>351</sub> : DCS (boucles de température) [Adaptation de la température de sortie condensât <b>TIC- 231</b> par action sur la vanne <b>FCV-271</b> ] [Alerter l'opérateur quand la température augmente ( $\geq 180^{\circ}\text{C}$ )]
		C <sub>352</sub> : Indicateur de température <b>TI-261</b> [Mesure la température du condensât à la sortie du four]
		C <sub>353</sub> : Thermocouple <b>TE-221</b> [Mesure la température de peau de tube à la sortie du serpentin pour chaque pass]
	E <sub>36</sub> : Équipement de contrôle (débit du gaz combustible) [Contrôle le débit du gaz à l'entrée du four]	C <sub>561</sub> : DCS (boucle de débit du gaz) [Régulation du débit de fuel gaz en fonction de la température sortie du condensât <b>FICA-271</b> ] [Alerter l'opérateur quand le débit du gaz diminue ( $\leq 330 \text{ m}^3/\text{h}$ )]
		C <sub>362</sub> : Débitmètre <b>FT-271</b> [Mesure le débit du gaz combustible à l'entrée du four]
	E <sub>37</sub> : Équipement de contrôle (température de fumée) [Contrôle la température de fumée à la sortie de la cheminé]	C <sub>372</sub> : Thermocouple <b>TE-271</b> [Mesure la température de fumée à la sortie du four]

Tableau 4.3 – Décomposition du Four H-201 (suite)

Phase de fonctionnement		
Sous-système [Fonction principale]	Équipements [Fonction intermédiaire]	Composants [Fonction élémentaire]
SS <sub>3</sub> : Sous-système de contrôle [contrôle les paramètres du procédé]	E <sub>38</sub> : Équipement de contrôle (haute pression du gaz combustible) [Contrôle la pression du gaz à l'entrée du four (alimentation brûleurs)]	C <sub>381</sub> : DCS (boule de haute pression du gaz combustible) [Alerter l'opérateur quand la pression du gaz augmente ( $\geq 1,5 \text{ Kg/cm}^2$ )]
		C <sub>382</sub> : Switch de pression <b>PSH-201</b> [Mesure la pression du fuel gaz]
	E <sub>39</sub> : Équipement de contrôle (basse pression du gaz combustible) [Contrôle la pression du gaz à l'entrée du four (alimentation brûleurs)]	C <sub>391</sub> : DCS (boule de basse pression du gaz combustible) [Alerter l'opérateur quand la pression du gaz diminue ( $\leq 1.2 \text{ Kg/cm}^2$ )]
		C <sub>392</sub> : Switch de pression <b>PSL-201</b> [Mesure la pression du fuel gaz]
	E <sub>310</sub> : Équipement de contrôle (basse pression du gaz combustible) [Contrôle la pression du gaz à l'entrée du four (alimentation pilote)]	C <sub>3101</sub> : DCS (boule de basse pression du gaz combustible) [Alerter l'opérateur quand la pression du gaz diminue ( $\leq 0.4 \text{ Kg/cm}^2$ )]
		C <sub>3102</sub> : Switch de pression <b>PSL-211</b> [Alerter l'opérateur quand la pression du gaz diminue ( $\leq 1.2 \text{ Kg/cm}^2$ )]
SS <sub>4</sub> : Trappe d'explosion [s'ouvre en cas de montée en pression dans la chambre de combustion]	-	-

**Tableau 4.3** – Décomposition du Four H-201 (suite)

<b>Phase d'arrêt d'urgence</b>		
<b>Sous-système</b> [Fonction principale]	<b>Équipements</b> [Fonction intermédiaire]	<b>Composant</b> [Fonction élémentaire]
<b>SS<sub>5</sub></b> : Sous-système de prévention [Assure la sécurité du procédé]	<b>E<sub>51</sub></b> : Équipement d'arrêt d'urgence  [Déclenchement du four quand le débit du condensât est insuffisant ( $\leq 470\text{m}^3/\text{h}$ )]  [Déclenchement du four quand la pression du gaz augmente ( $\geq 2.4$ bars)]  [Déclenchement du four quand la pression du gaz diminue ( $\leq 1.9$ bars)]  [Déclenchement du four quand la température des fumées augmente ( $\geq 520^\circ\text{C}$ )]  [Déclenchement du four quand la température du condensât augmente ( $\geq 195^\circ\text{C}$ )]  [Déclenchement du four quand la pression du condensât augmente (27 bars)]  [Déclenchement du four quand très haute température radiation: <b>PSHH-281</b> ( $900^\circ\text{C}$ )]	<b>C<sub>511</sub></b> : PLC (Programmable Logic Controller) [Assurer les missions de mise en sécurité du four par action sur les vannes : SDV- SDV 241, SDV 251, SDV 261, SDV 211, SDV 221, SDV]
	<b>C<sub>512</sub></b> : Switch de débit <b>FSAL-201</b> [Mesure le débit de condensât à l'entrée du four]	
	<b>C<sub>513</sub></b> : Switch de pression <b>PSAH-201</b> [Mesure la pression du gaz combustible]	
	<b>C<sub>514</sub></b> : Switch de pression <b>PSAL-201</b> [Mesure la pression du gaz combustible]	
	<b>C<sub>515</sub></b> : Switch de température <b>TSAH-271</b> [Mesure la pression du gaz combustible]	
	<b>C<sub>516</sub></b> : Switch de température <b>TSAH-231</b> [Mesure la température du condensât à la sortie du four]	
	<b>C<sub>517</sub></b> : Switch de pression <b>PSAH-231</b> [Mesure la température du condensât]	
	<b>C<sub>518</sub></b> : Switch de température <b>PSAH-281</b> [Mesure la température à l'intérieur du four à la sortie du four]	

**Tableau 4.3** – Décomposition du Four H-201 (suite)

<b>Phase d'arrêt d'urgence</b>		
<b>Sous-système</b> [Fonction principale]	<b>Équipements</b> [Fonction intermédiaire]	<b>Composants</b> [Fonction élémentaire]
SS <sub>5</sub> : Sous-système de prévention  [Assure la sécurité du procédé] (suite)	E <sub>51</sub> : Équipement d'arrêt d'urgence (suite)  [Déclenchement du four quand il y a manqué de flamme]	C <sub>519</sub> : Vannes SDV 241, SDV 251 SDV 211, SDV 221  [Isolement de la ligne de gaz combustible]
		C <sub>5110</sub> : Switch de flamme <b>BSL-201</b> [Indique la présence de la flamme]
		C <sub>5111</sub> : Vanne SDV 261, SDV 231 [L'ouverture pour décompresser la quantité de gaz qui reste entre les deux vannes SDV 241, SDV 251 ainsi entre les deux vannes, SDV 211, SDV 221 vers atmosphère]
SS <sub>6</sub> : Sous-système de protection  [Maîtriser le feu]	E <sub>61</sub> : Équipement de rideau d'eau  [Réduire le rayonnement thermique de l'incendie aux zones adjacentes]	C <sub>611</sub> : Vanne XC-901V [S'ouvre pour alimenter la couronne en eau]
		C <sub>612</sub> : Couronne de refroidissement  [Assurer la protection à l'eau pulvérisée pour le four, (créé des gouttes de brouillard en s'évaporant éliminent la chaleur)]
	E <sub>62</sub> : Équipement d'injection de N <sub>2</sub>  [Fournir de l'azote pour l'étouffement et la maîtrise du feu]	C <sub>621</sub> : Ballon <b>D-450-1</b> [Stockage de N <sub>2</sub> sous pression]
		C <sub>622</sub> : Vanne <b>11 HV-962</b> [S'ouvre pour fournir l'azote]
	E <sub>63</sub> : Équipement de Vide vite [Vider le condensât des passes d'entrée et sortie du four vers borbier pour minimiser les dégâts en cas d'incendie]	C <sub>631</sub> :(02) Vannes manuelles

4.4. Application de la méthode LOPA :

4.4.1. **Établissement des critères d’acceptabilité et de sélection des scénarios à évaluer :**

Dans notre cas, l’évaluation de l’acceptabilité et la sélection des scénarios d’accident sera faite sur la base de la grille de criticité adoptée par la SONATRACH présentée ci-dessous (Figure 4.6).

		Conséquences				Probabilité				
						Augmentation de la probabilité →				
Gravité		Personnel	Environnement	Public	Biens	P1 Improbable $F \leq E-04$ (/an) Jamais rencontré ou entendu parler mais physiquement possible (ou rarissime)	P2 Peu Probable $E-04 < F \leq E-02$ (/an) (ou pourrait se) rencontré dans une organisation similaire que SH	P3 Probable, $E-02 < F \leq E-01$ (/an) S’est produit (ou pourrait se produire) au sein de SH, pourrait se produire pendant la durée de vie de l’installation	P4 Très Probable $E-01 < F$ (/an) S’est produit fréquemment au sein de SH	
	Augmentation de la gravité ↓	G1 Mineure	Blessures mineures (A.S.A)	Mineure	Pas d’incidence	Pas de dommage pas d’arrêt de production	Vert	Vert	Vert	Jaune
		G2 Sérieux	Blessures significatives (A.A.A)	Pollution Interne, Maîtrisée	Blessures mineures	Dommages mineurs + arrêt bref de la production	Vert	Jaune	Jaune	Rouge
		G3 Grave	Incapacité Permanente ou Décès	Pollution interne non maîtrisée ou Pollution hors limite maîtrisée	Blessures significatives	Dommage localisé + arrêt partiel d’unité	Jaune	Jaune	Rouge	Rouge
		G4 Catastrophique	Plusieurs décès	Pollution hors limites de longue durée	Décès	Dommage important + arrêt total de la production	Jaune	Rouge	Rouge	Rouge

Figure 4.6 - Grille de criticité adoptée par SH DP HRM

#### 4.4.2. Développement des scénarios d'accidents :

Dans cette étape la méthode LOPA s'inspire des différents composants des scénarios à partir des données trouvées et développées par l'Etude HAZOP réalisée par la Société JGC CORPORATION pour, SONATRACH Hassi R'mel en 2008 , (Voir Annexe E et F) :

**Tableau 4.4 - Feuille de travail HAZOP**

<b>Entreprise : SONATRACH</b>		<b>Module: MPP-1</b>		
<b>Partie considérée : Nœud (10) Section Four de Rebouillage de T-201</b>		<b>Paramètre: Débit de condensat</b>		<b>Déviaton: Pas/moins de débit</b>
<b>CAUSES</b>	<b>CONSÉQUENCES</b>	<b>MESURES DE SÉCURITÉS</b>	<b>RECOMMANDATIONS</b>	<b>ACTIONS</b>
1. Mauvaise manipulation sur la vanne manuelle à l'entrée/sortie de la vanne <b>FCV-201</b> (fermée)	1.1. Pas de liquide dans <b>H-201</b> , et possibilité d'endommagement de serpentín (incendie) et arrêt de train (possible arrêt module) Passage possible de produit en OFF-SPEC <sup>1</sup> (GPL, etc.)	1.1. 1. Procédures opératoire et formation opérateur  1.1.2. <b>FALL-201</b> arrêt d'urgence de <b>H-201</b>  1.1.3. <b>TIC-8</b> : Indication	Etudier la possibilité d'installer un système de vidange automatique du four <b>H- 201</b> (système vide-vite)	Département de maintenance
2. Mauvais fonctionnement de la vanne <b>FCV-201</b> (fermée)	2.1. Pas de liquide dans <b>H-201</b> , et possibilité d'endommagement de serpentín (incendie) et arrêt de train (possible arrêt module) Passage possible de produit en OFF-SPEC <sup>1</sup> (GPL, etc.)	2.1.1. Procédures opératoire et formation opérateur  2.1.2. <b>FALL-201</b> arrêt d'urgence <b>H-201</b>  2.1.3. <b>TIC-8</b> : Indication		
3. Mauvaise manipulation sur l'une des vannes manuelles à l'entrée de <b>H-201</b> (dans une passe quelconque) (fermée)	3.1. Pas de liquide dans une passe de <b>H-201</b> , haute température et rupture du serpentín durant l'opération (incendie) et arrêt de train (possible arrêt module) Passage possible de produit en OFF-SPEC <sup>1</sup> (GPL, etc.)	3.1. 1. <b>TAH-221</b>  3.1.2. <b>TIC-8</b> : Indication	A prévoir une fin de course pour cette vanne manuelle pour assurer un débit minimum dans chaque passe	Département de maintenance

Tableau 4.4 - Feuille de travail HAZOP (suite)

<b>Partie considérée : Nœud (10) Section Four de Rebouillage de T-201 Paramètre: Température de condensat Déviation: Pas/moins de</b>				
<b>CAUSES</b>	<b>CONSÉQUENCES</b>	<b>MESURES DE SÉCURITÉS</b>	<b>RECOMMANDATIONS</b>	<b>ACTIONS</b>
4. Défaillance de la pompe P-201	4.1. Pas de liquide à l'entrée du <b>H-201</b> , endommagement possible du serpentín (incendie) et arrêt de train (possible arrêt module)	4.1.1. Procédures opératoire et formation opérateur 4.1.2. <b>FALL-201</b> arrêt d'urgence <b>H-201</b> 4.1.3. <b>TIC-8</b> : Indication		
<b>Partie considérée : Nœud (10) Section Four de Rebouillage de T-201 Paramètre: Température de condensat Déviation: Trop de</b>				
1. Mauvais fonctionnement de <b>FIC-271</b> , la vanne <b>FCV-271</b> (ouverte)	1.1. Température élevée à la sortie du <b>H-201</b> , endommagement possible du serpentín (incendie) et arrêt de train (possible arrêt module)	1.1.1. <b>TSHH-231</b> arrêt d'urgence de <b>H-201</b>		
<b>Partie considérée : Nœud (11) Section Four de Rebouillage de T-201 Paramètre: Débit de gaz combustible Déviation: Pas/moins de débit</b>				
<b>CAUSES</b>	<b>CONSÉQUENCES</b>	<b>MESURES DE SÉCURITÉS</b>	<b>RECOMMANDATIONS</b>	<b>ACTIONS</b>
1. Mauvaise manipulation sur la vanne manuelle de fuel gaz (fermée)	1.1. Pas de fuel gaz pour <b>H-201</b> , basse pression dans la ligne de fuel gaz, basse température à la sortie de <b>H-201</b> Passage possible de produit en OFF-SPEC <sup>1</sup> (GPL, etc.)	1.1.1. Procédure opératoire & formation opérateur 1.1.2. <b>PAL-201</b> 1.1.3. <b>PALL-201</b> arrêt d'urgence de <b>H-201</b> 1.1.4. <b>TIC-8</b> : Indication		

<sup>1</sup> OFF-SPEC : produit hors spécification

Tableau 4.4 - Feuille de travail HAZOP (suite)

Partie considérée : Nœud (11) Section Four de Rebouillage de T-201 Paramètre: Débit de gaz combustible Déviation: Pas/moins de débit				
CAUSES	CONSÉQUENCES	MESURES DE SÉCURITÉS	RECOMMANDATIONS	ACTIONS
2. Mauvais fonctionnement de la vanne <b>PCV-201</b> (fermée)	2.1. Pas de fuel gaz pour <b>H-201</b> , basse pression dans la line de fuel gaz, basse température à la sortie de <b>H-201</b> , passage possible de produit en OFF-SPEC <sup>1</sup> (GPL, etc.)	2.1.1. <b>PAL-201</b> 2.1.2. <b>PALL-201</b> arrêt d'urgence de <b>H-201</b> 2.1.3. <b>TIC-8</b> : Indication		
3. Mauvaise manipulation sur la vanne manuelle à l'entrée/sortie de <b>FCV-271</b> (fermée)	3.1. Pas de fuel gaz pour <b>H-201</b> , basse pression dans la line de fuel gaz, basse température à la sortie de <b>H-201</b> , passage possible de produit en OFF-SPEC <sup>1</sup> (GPL, etc.)	3.1.1. Procédure opératoire & formation opérateur 3.1.2. <b>PALL-201</b> arrêt d'urgence de <b>H-201</b> 3.1.3. <b>TIC-8</b> : Indication		
4. Mauvais fonctionnement de <b>TIC-231</b> , la vanne <b>FCV-271</b> (fermée)	4.1 Pas de fuel gaz pour <b>H-201</b> , basse pression dans la line de fuel gaz, basse température à la sortie de <b>H-201</b> . Passage possible de produit en OFF-SPEC (GPL, etc.)	4.1.1. <b>FAL-271</b> 4.1.2. <b>PALL-201</b> arrêt d'urgence de <b>H-201</b> 4.1.3. <b>TIC-8</b> Indication		

<sup>1</sup> OFF-SPEC : produit hors spécification

Tableau 4.4 - Feuille de travail HAZOP (suite)

Partie considérée : Nœud (11) Section Four de Rebouillage de T-201 Paramètre: Débit de gaz combustible Déviation: Pas/moins de Débit				
CAUSES	CONSÉQUENCES	MESURES DE SÉCURITÉS	RECOMMANDATIONS	ACTIONS
5. Mauvais fonctionnement de <b>FCV-271</b> , la vanne <b>FCV-271</b> (fermée)	5.1. Pas de fuel gaz pour <b>H-201</b> , basse pression dans la ligne de fuel gaz, basse température à la sortie de <b>H-201</b> , passage possible de produit en OFF-SPEC <sup>1</sup> (GPL, etc.)	5.1.1. <b>TIC-231</b> : Indication 5.1.2. <b>PALL-201</b> arrêt d'urgence de <b>H-201</b> 5.1.3. <b>TIC-8</b> : Indication	11.52. Alarme de <b>TIC-231</b> existe. Corriger l'indication dans P&ID	Département Méthode
6. Mauvais fonctionnement de <b>SDV-211/221</b> (fermée)	6.1. Moins de débit fuel gaz pour <b>H-201</b> et basse pression dans la ligne de fuel gaz	6.1.1. <b>ZLC-211/221</b> 6.1.2. <b>PALL-201</b> arrêt d'urgence de <b>H-201</b> 6.1.3. <b>TIC-8</b> : Indication		
7. Mauvais fonctionnement de <b>SDV-231</b> (ouverte)	7.1 Moins de débit fuel gaz dans <b>H-201</b> et basse pression dans la ligne de fuel gaz 7.2. Dégagement de fuel gaz dans l'atmosphère, explosion possible et arrêt du train (possible arrêt du module)	7.1.1. <b>ZLO-231</b> arrêt d'urgence de <b>H-201</b> 7.1.2. <b>PALL-201</b> arrêt d'urgence de <b>H-201</b> 7.1.3. <b>TIC-8</b> : Indication	Fiabiliser le système d'inertage à l'azote du four <b>H-201</b> (azote provenant des communs)	Département de maintenance
8. Mauvaise manipulation de la vanne on-off à l'entrée de chaque brûleur (fermée)	8.1. Pas de débit fuel gaz principale pour un brûleur de <b>H-201</b>	8.1.1. Procédure opératoire & Formation opérateur 8.1.2. <b>ZLC-281</b>		

1 OFF-SPEC : produit hors spécifications

Tableau 4.4 - Feuille de travail HAZOP (suite)

<b>Partie considérée :</b> Nœud (11) Section Four de Rebouillage de T-201 <b>Paramètre:</b> Débit de gaz combustible <b>Déviaton:</b> pas/moins de débit				
CAUSES	CONSÉQUENCES	MESURE DE SÉCURITÉS	RECOMMANDATIONS	ACTIONS
9. (Pilot fuel) mauvais fonctionnement de <b>PCV-211</b> (fermée)	9.1. Pas de fuel gaz pilot pour <b>H-201</b> , passage possible de produit en OFF-SPEC <sup>1</sup> (GPL, etc.)	9.1.1. <b>PAL-211</b> 9.1.2. <b>BAL-201</b> arrêt d'urgence de <b>H-201</b>		
10. Mauvais fonctionnement de <b>SDV-241/251</b> (fermée)	10.1. Pas de fuel gaz pilot pour <b>H-201</b> , passage possible de produit en OFF-SPEC (GPL, etc.)	10.1.1. <b>ZLC-241/251</b> 10.1.2. <b>BAL-201</b> arrêt d'urgence de <b>H-201</b>		
11. Mauvais fonctionnement de <b>SDV-261</b> (ouverte)	11.1. Pas de fuel gaz pilot pour <b>H-201</b> , passage possible de produit en OFF-SPEC <sup>1</sup> (GPL, etc.)	11.1.1. <b>ZLO-261</b> 11.1.2. <b>BAL-201</b> arrêt d'urgence de <b>H-201</b>		
12. Mauvais fonctionnement de la vanne manuelle d'ajustement à l'entrée de chaque pilote (fermée)	12.1 Pas de fuel gaz pilot pour un brûleur de <b>H-201</b> , passage possible de produit en OFF-SPEC <sup>1</sup> (GPL, etc.)	12.1.1. Procédure opératoire et formation opérateur		
13. Mauvais fonctionnement de <b>SOV-271</b> (fermée)	13.1. Pas de fuel gaz pilot pour un brûleur de <b>H-201</b> , passage possible de produit en OFF-SPEC <sup>1</sup> (GPL, etc.)	13.1.1. <b>ZLC-271</b>		

1 OFF-SPEC : produit hors spécification

#### 4.4.3. Estimation des conséquences selon les critères d'acceptabilité (grille de criticité) :

En se référant aux tableaux HAZOP présentés précédemment, les scénarios les plus critiques, sont sélectionnés et sont présentés dans le tableau suivant :

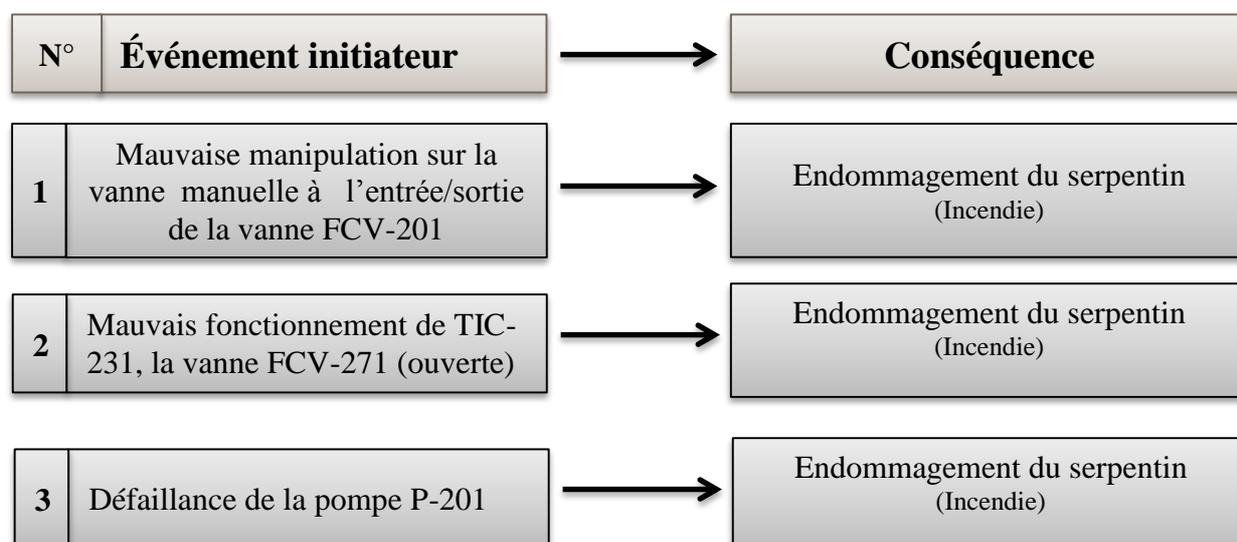
**Tableau 4.5** – Estimation des conséquences

Conséquences	Gravité	Descriptions
Endommagement du serpentin (Incendie)	4	Arrêt Module
Formation d'un nuage gazeux en atmosphère, explosion possible	4	Arrêt Module
Arrêt d'urgence & produit en OFF-SPEC	2	Diminution de la production de train (proche de 50 %)

Les conséquences estimées ci-dessus sont de différentes catégories de gravité allant de modérée à catastrophique. Dans notre étude et selon la méthode LOPA on s'intéresse seulement aux conséquences jugées de catégorie 4 (catastrophique).

#### 4.4.4. Sélection des scénarios à évaluer :

À partir de l'étape précédente, les scénarios à évaluer par LOPA sont les suivants :





#### 4.4.5. Fréquences des événements initiateurs :

En analysant l'étude HAZOP [JGC CORPORATION, SONATRACH 2008], les événements initiateurs sont regroupés dans le tableau suivant:

**Tableau 4.6** – Fréquences des événements initiateurs

Catégories	Événement initiateur	Fréquences (/an)	Sources
<b>1</b>	Mauvaise manipulation sur une vanne manuelle	3,2E-02	[ICSI, 2009]
<b>2</b>	Défaillance d'un système de régulation	1,0E-01	[ICSI, 2009]
<b>3</b>	Défaillance d'une pompe	1,0E-01	[ICSI, 2009]
<b>4</b>	Mauvaise manipulation sur une vanne « Tout Ou Rien »	1,0E-02	[ICSI, 2009]

Les fréquences d'occurrence des événements initiateurs présentées dans le tableau ci-dessus sont estimées sur la base des données issues de la littérature [ICSI, 2009].

#### **Remarque:**

✚ Ces chiffres s'entendent avec entretien complet planifié (exigence de maintenance cohérente avec le niveau du SIL requis) ;

✚ On considère généralement que les défaillances de systèmes de régulation sont provoquées dans 15% des cas par la logique, pour 50% par les actionneurs et pour 35% par les capteurs [ICSI, 2009].

#### 4.4.6. Identification des couches de protection indépendantes :

Il est important de bien préciser au niveau du scénario le caractère préventif ou protectif de la barrière de sécurité.

Rappelons que parmi les barrières de sécurité identifiées au préalable par la méthode HAZOP, il existe des barrières qui sont qualifiées IPLs et celles qui sont qualifiées non IPLs.

Dans cette étape l'identification des couches de protection indépendantes est faite en se basant sur les critères spécifiques établis par LOPA. (cf. chapitre 2).

Les couches de protection indépendantes retenues suite à l'application des exigences de la méthode LOPA sur notre système sont les suivantes :

- ✚ **La couche « conduite du procédé »** : Assurée par la une barrière composée par :
  - Un transmetteur de niveau (LT), de température (TT), de pression (PT) ;
  - Le BPCS (traitement logique) ;
  - La vanne d'exploitation.
  
- ✚ **La couche « Alarme et intervention humaine »** : Assurée par une barrière composée par :
  - Les alarmes de haute/basse température, pression....etc.
  
- ✚ **La couche « système instrumenté de sécurité »** : Assurée par une barrière composée par :
  - Un transmetteur de niveau (LT), de température (TT), de pression (PT) ;
  - L'APS ou PLC (SIS);
  - La vanne de sécurité (SDV) ;

Les PFDs de ces IPLs sont données dans le tableau suivant :

**Tableau 4.7** – PFD des IPLs

IPL		PFD	Sources
BPCS(DCS)		1,0E-01	[ICSI, 2009], [CCPS, 2001]
Alarme & opérateur	Réponse à l'alarme	1,0E-01	[CCPS, 2001], [IEC-61511, 2000], [ICSI, 2009]
SIS (PLC)	SIL 1	1,0E-01	[CCPS, 2001]
	SIL 2	1,0E-02	[CCPS, 2001]
	SIL 3	1,0E-03	[CCPS, 2001]

Les probabilités de défaillance à la demande présentées dans le tableau ci-dessus sont estimées sur la base des données issues de la littérature [ICSI, 2009], les valeurs données dans cette base sont des valeurs moyennes  $PFD_{avg}$ .

#### **4.4.7. Détermination des fréquences des scénarios :**

Les scénarios d'accidents de LOPA sont représentés sous forme des AdE. Le choix de ce modèle nous permet l'avantage de donner une représentation claire de l'enchaînement des événements en précisant leurs fréquences et par conséquent la fréquence de chaque scénario.

Rappelons que la méthode LOPA évalue les barrières de sécurité mises en place, en examinant à chaque fois le niveau de SIL attribué à la fonction instrumentée de sécurité (FIS) pour le Four de Rebouillage H-201, afin de vérifier le niveau de maîtrise du scénario considéré, en donnant l'importance aux barrières techniques de sécurité (SIS). Pour cela on va calculer le facteur de réduction du risque (RRF) en considérant les différents niveaux de SIL à fin de déterminer quel est le niveau SIL à retenir, pour mettant d'atteindre l'objectif de sécurité (risque acceptable ou risque tolérable).

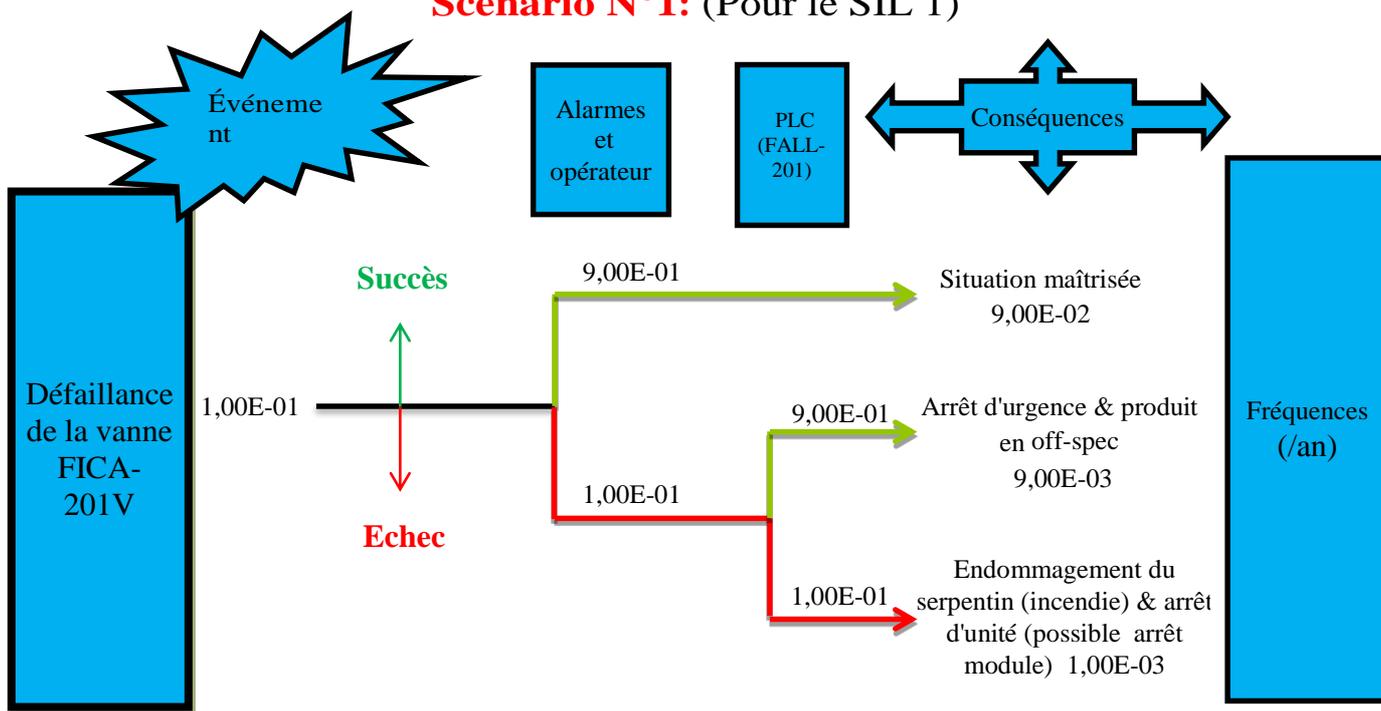
##### **❖ Pour les scénarios 1 et 2 :**

Les barrières de sécurité qui sont qualifiées IPL sont : le Système Instrumenté de Sécurité (SIS) et Alarme et intervention humaine, pour le BPCS, Il n'est pas qualifiée en tant que barrière vis-à-vis de ce scénario car les causes initiatrices (mauvaise manipulation sur la vanne manuelle à l'entrée/sortie de la vanne FCV-201 pour le scénario 1, et la défaillance de la vanne FICA-271 (ouverture intempestive) pour le scénario 2) sont liées à une défaillance de système de régulation (BPCS).

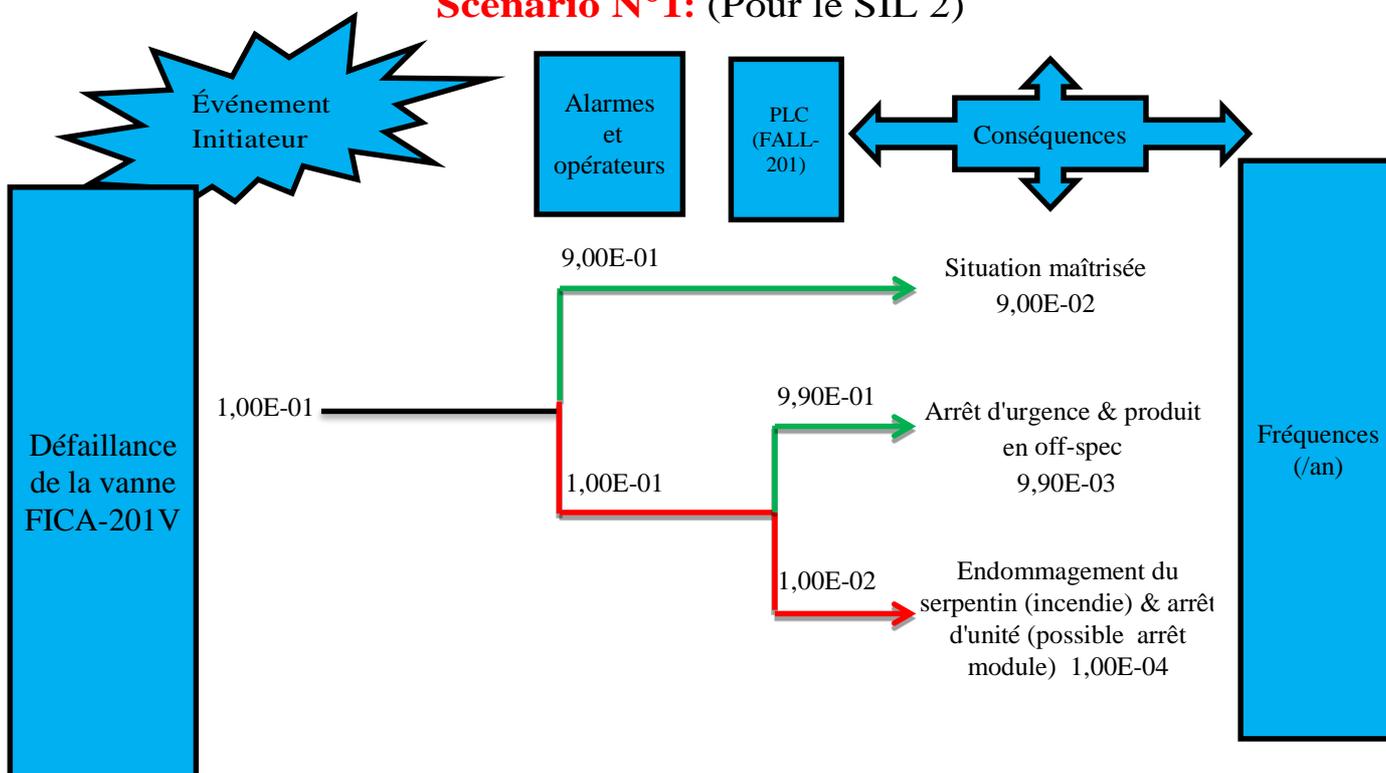
##### **❖ Pour les scénarios 3 et 4 :**

Les barrières de sécurité qui sont valorisable IPL sont : le Système Instrumenté de Sécurité (SIS) et Alarme et intervention humaine et le BPCS car les causes initiatrices (défaillance de la pompe P-201 pour le scénario 3, et mauvais fonctionnement de SDV-231 (ouverture intempestive) pour le scénario 4) ne sont pas liées à une défaillance de système de régulation (BPCS).

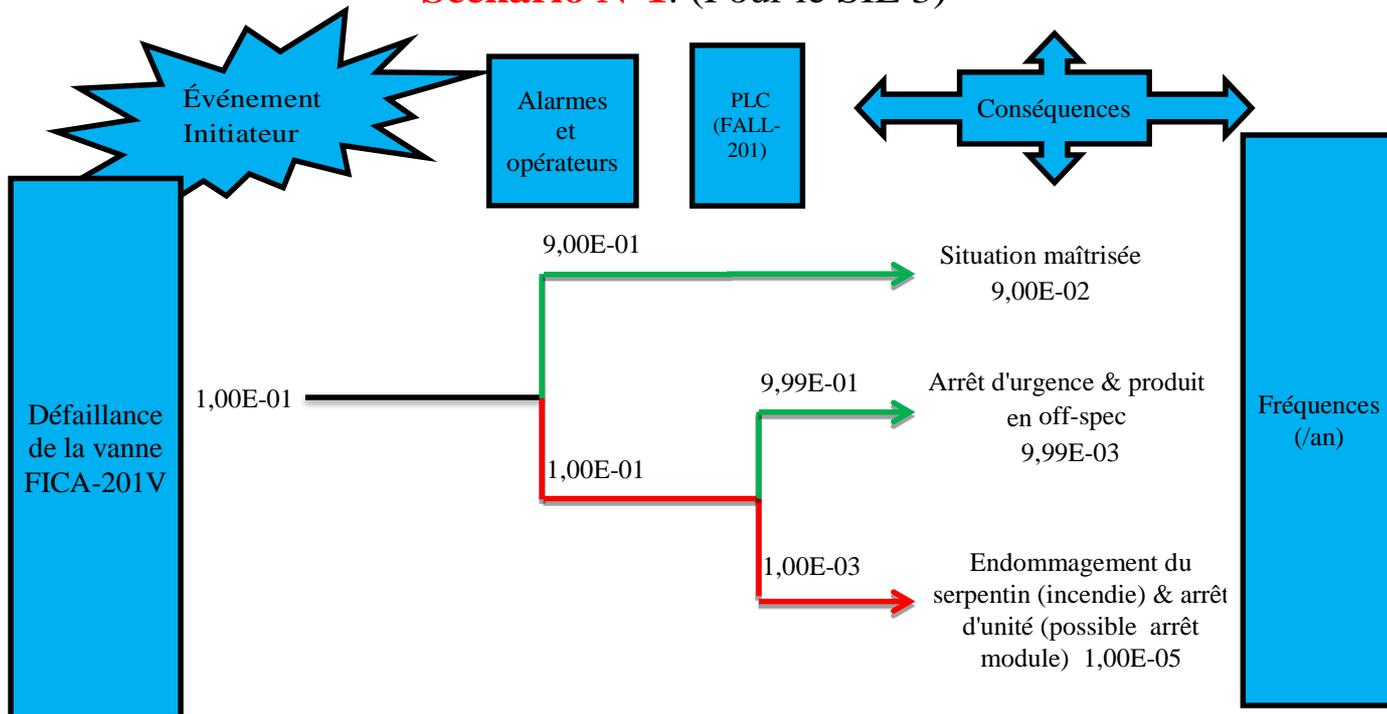
**Scénario N°1: (Pour le SIL 1)**



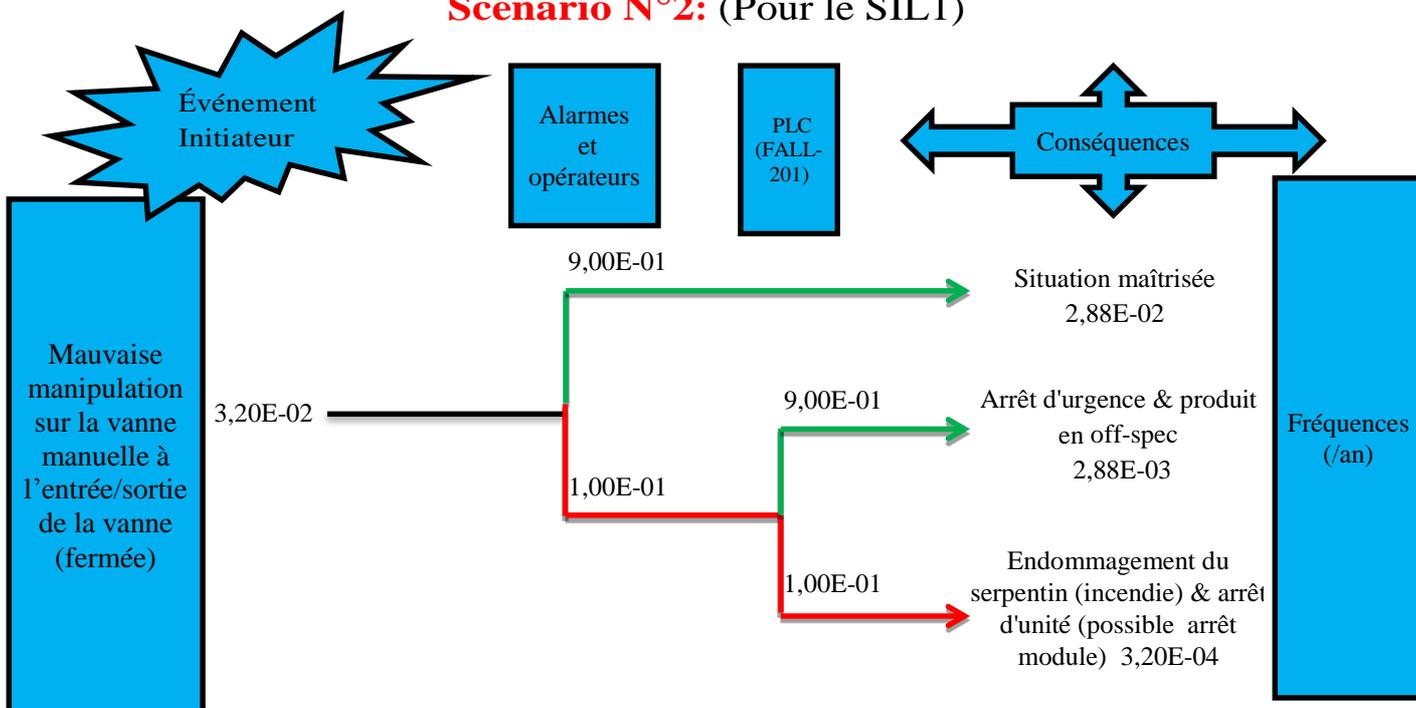
**Scénario N°1: (Pour le SIL 2)**



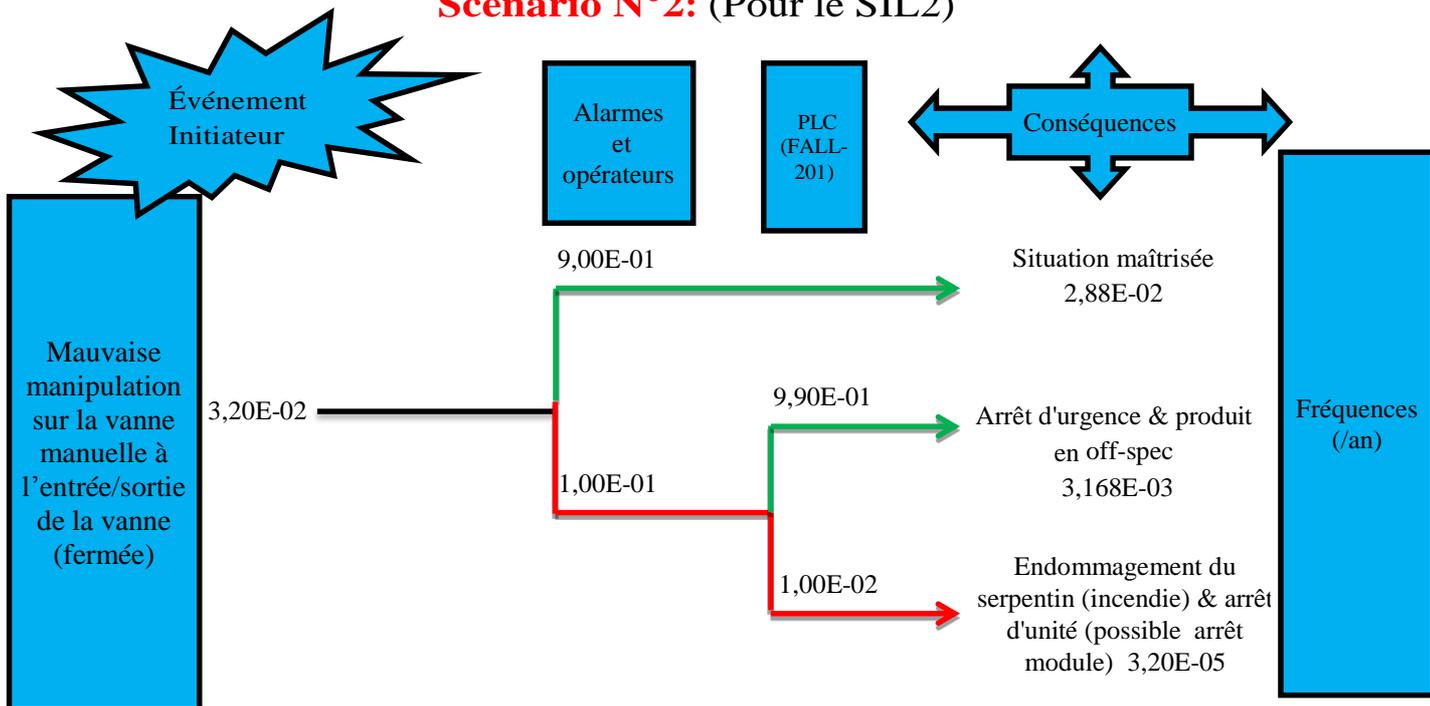
**Scénario N°1: (Pour le SIL 3)**



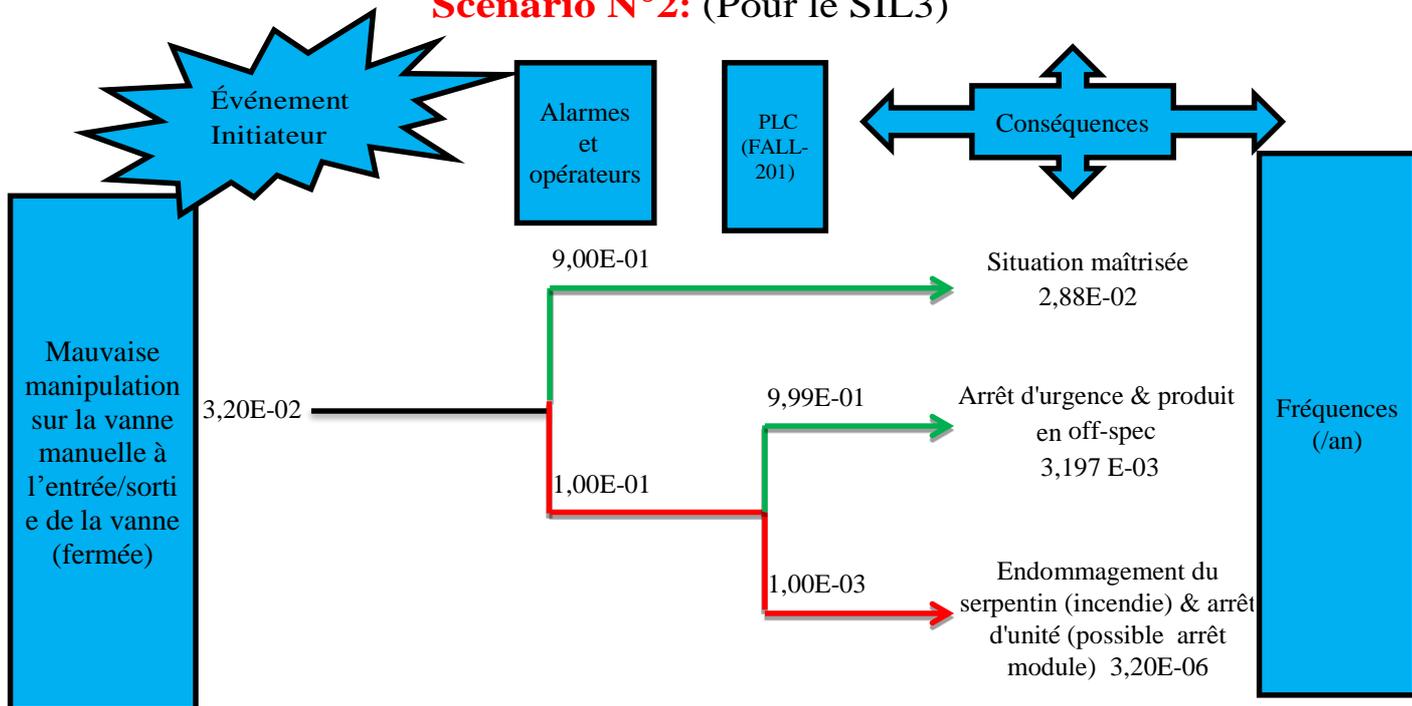
**Scénario N°2: (Pour le SIL1)**



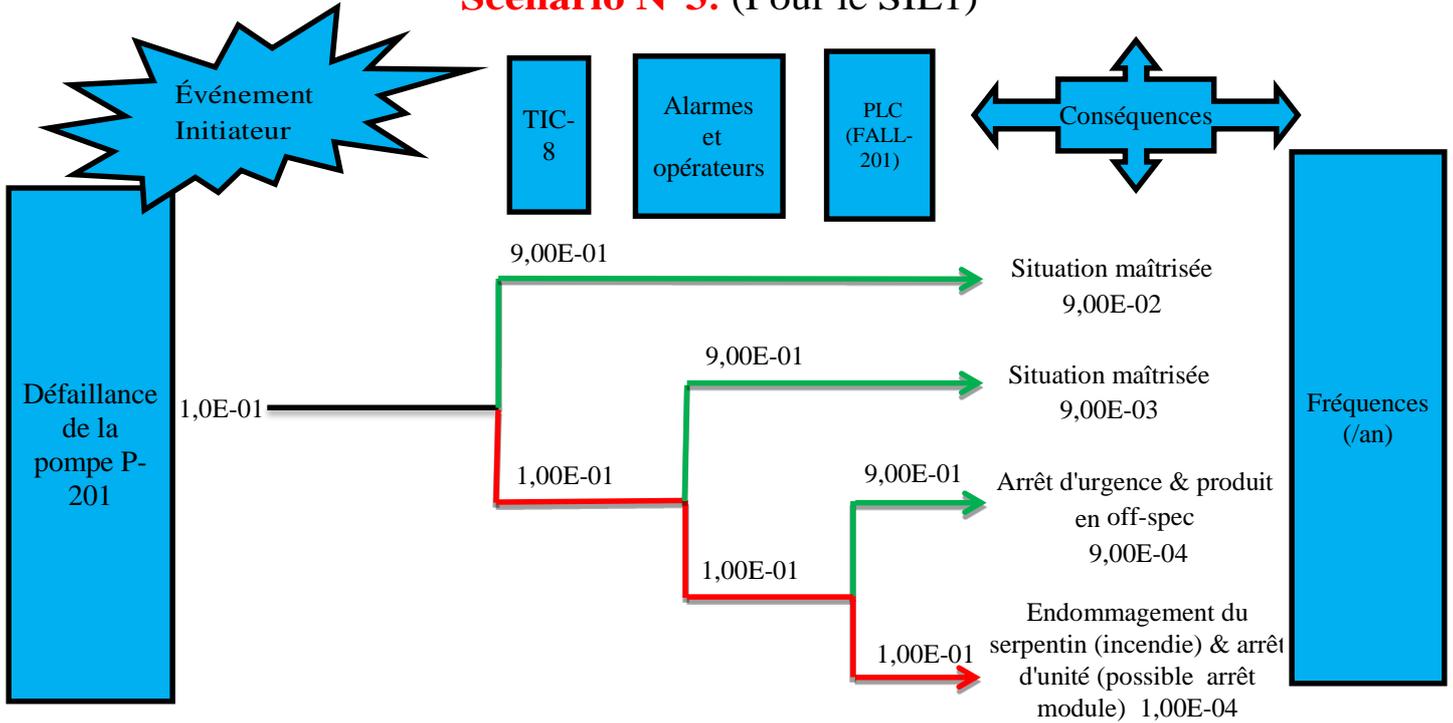
**Scénario N°2: (Pour le SIL2)**



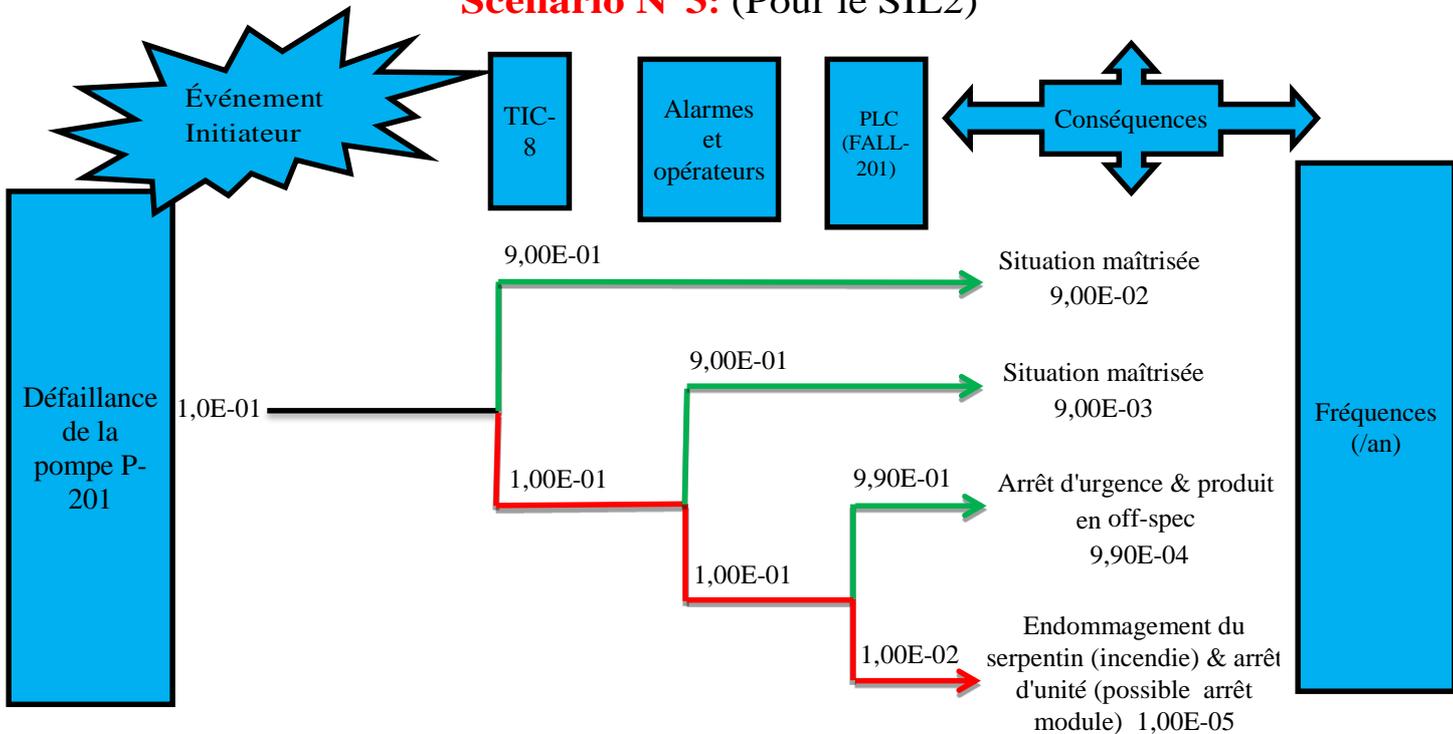
**Scénario N°2: (Pour le SIL3)**



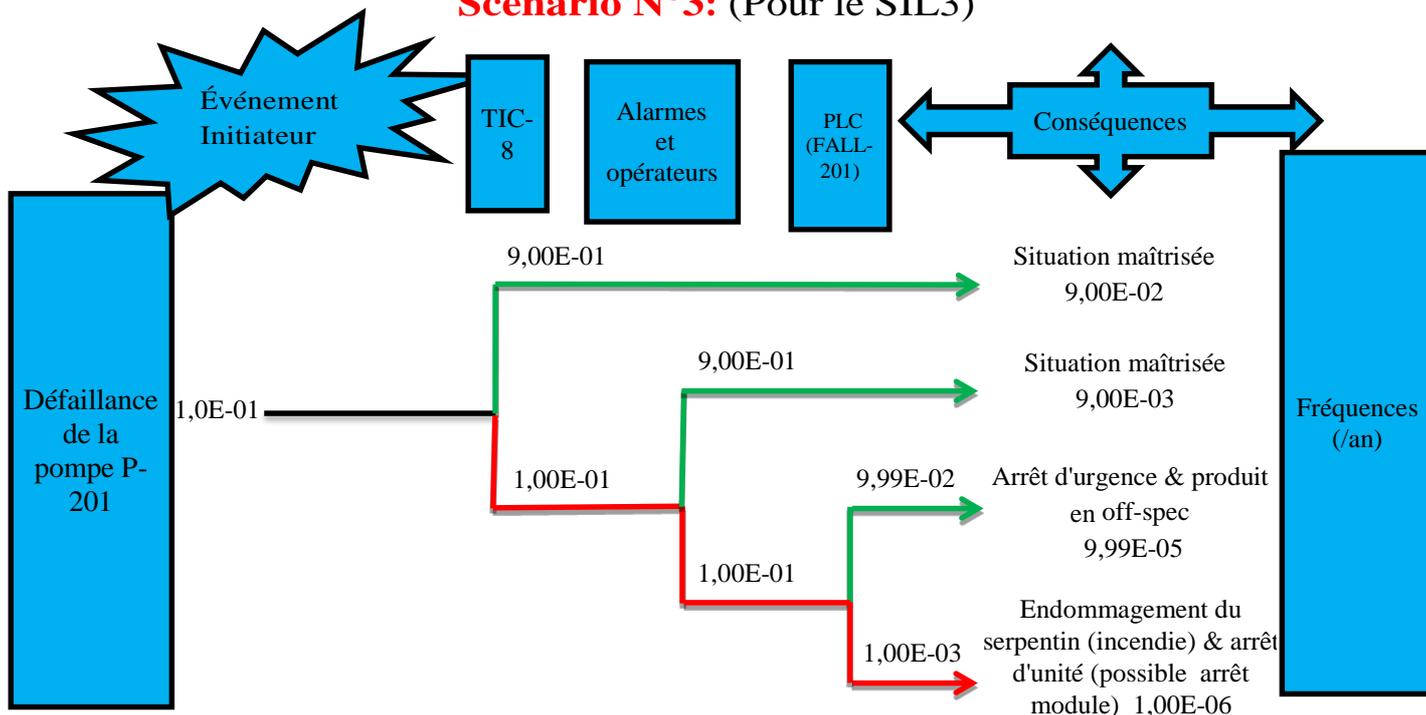
**Scénario N°3: (Pour le SIL1)**



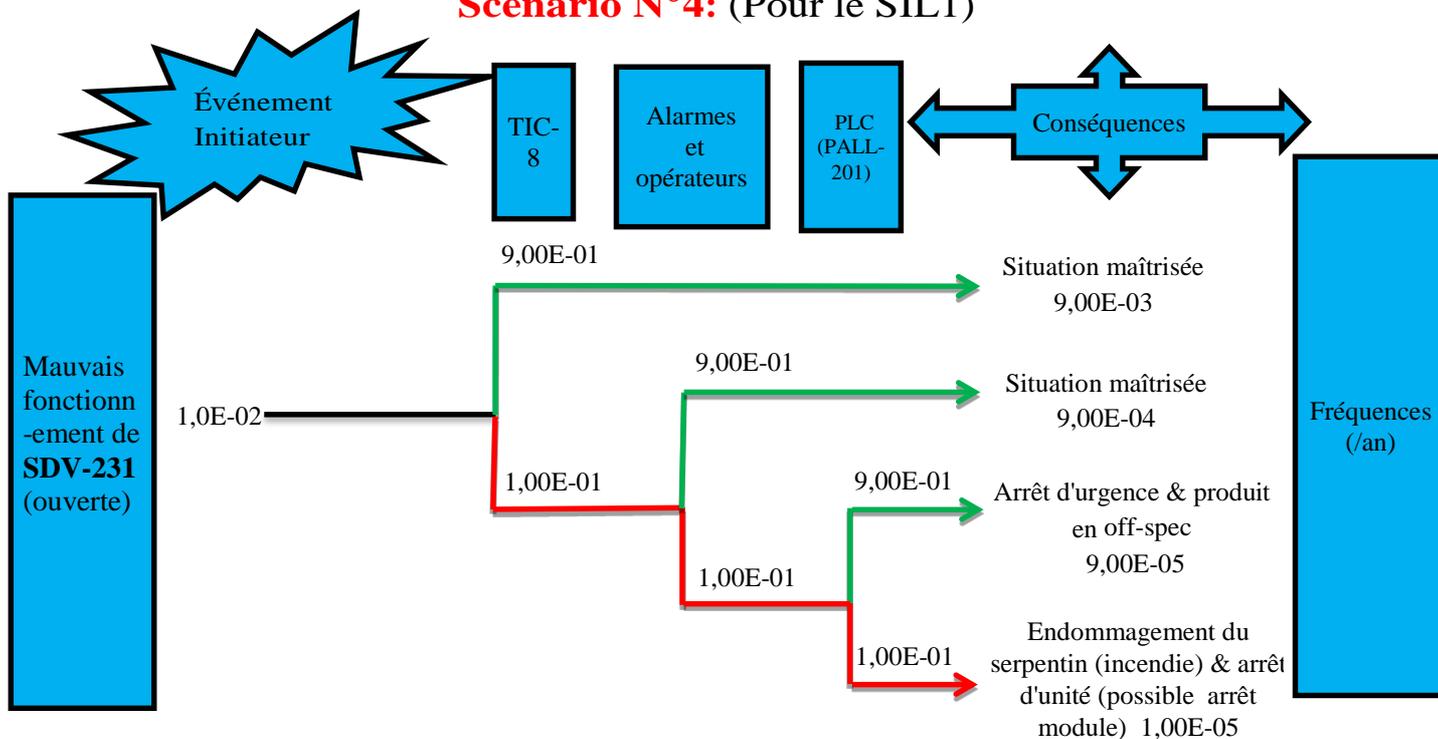
**Scénario N°3: (Pour le SIL2)**



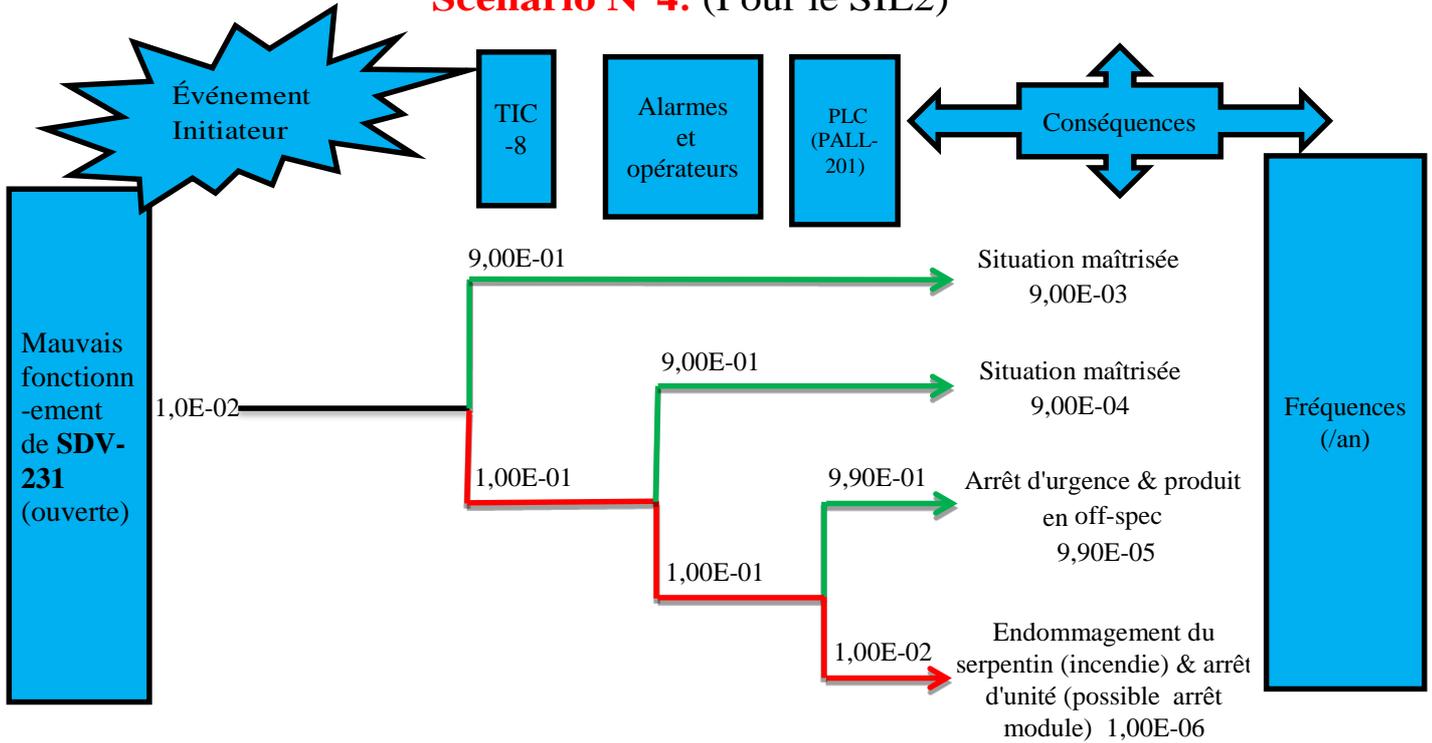
**Scénario N°3: (Pour le SIL3)**



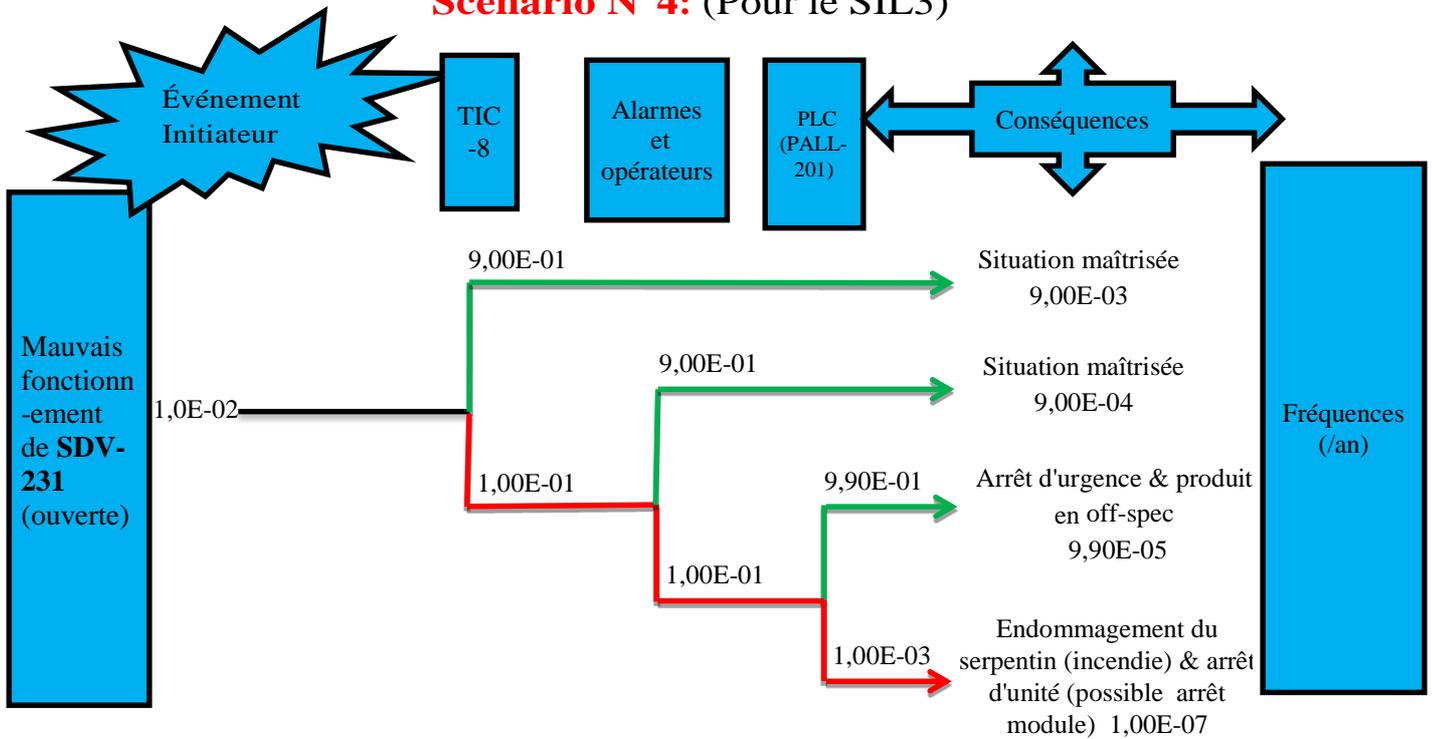
**Scénario N°4: (Pour le SIL1)**



**Scénario N°4: (Pour le SIL2)**



**Scénario N°4: (Pour le SIL3)**



**4.4.8. Évaluation des risques par rapport aux critères d'acceptabilité :**

Cette étape consiste à évaluer les scénarios d'accidents établis par le modèle AdE par rapport aux critères d'acceptabilité, qui ont été fixés au préalable, en comparant le risque avant et après la mise en place des IPLs afin de juger de l'acceptabilité de ces scénarios.

**A. Scénario N°1 :** Mauvaise manipulation sur la vanne manuelle à l'entrée/sortie de la vanne FCV-201 ayant une fréquence d'occurrence de 1,00 E-01 /an.

- On a - Pour le SIL 1 on a :  $F_i = 1,00 \text{ E-01}$  et  $F_f = 1,00 \text{ E-03}$ ;
- Pour le SIL 2 on a :  $F_i = 1,00 \text{ E-01}$  et  $F_f = 1,00 \text{ E-04}$ ;
- Pour le SIL 3 on a :  $F_i = 1,00 \text{ E-01}$  et  $F_f = 1,00 \text{ E-05}$ .

Probabilité / Gravité	P 1 Improbable $F \leq E-04$ (/an)	P 2 Rare $E-04 < F \leq E-02$ (/an)	P 3 Occasionnel $E-02 < F \leq E-01$ (/an)	P 4 Fréquent $E-01 < F$ (/an)
G 1 Mineure				
G 2 Sérieuse				
G 3 Grave				
G 4 Catastrophique				

**Figure 4.7** – Scénario N°1 avant et après la mise en place des IPLS

❖ **Remarque :**

- Pour ce scénario le risque est dans la zone ALARP pour le SIL 2 et SIL 3, par contre il est dans la zone inacceptable pour le SIL 1.
- Donc la réduction du risque pour ce scénario est atteinte par le SIL 2.

✓ Dans le but de confirmer ce SIL (SIL 2), on calcule le facteur de réduction du risque (RRF), qui permettrait de rendre ce risque acceptable, pour tous les scénarios. Ce facteur se calcule comme suit:

$$RRF = \frac{\text{Fréquence d'occurrence calculée}}{\text{Fréquence d'occurrence cible}}$$

❖ Calcul du facteur RRF pour le scénario N°1 :

$$RRF = \frac{\text{Fréquence d'occurrence calculée}}{\text{Fréquence d'occurrence cible}} = \frac{1,00E - 01}{1.00E - 04} = 1.00 E + 03$$

Pour assurer ce RRF, il faut proposer la mise en place d'une barrière de sécurité IPL et que la probabilité de défaillance soit inférieure ou égale à 1/RRF. On en déduit alors que la PFD de l'IPL à proposer ne doit pas dépasser 1,00 E-03.

Pour répondre à cet objectif, la proposition faite est de mettre en place le système suivant :

- SIS de niveau SIL 2 avec une PFD<sub>1</sub>= 1,00 E-02;
- Alarme avec une PFD<sub>2</sub>=1,00 E-01.

PFD = PFD<sub>1</sub>\* PFD<sub>2</sub>= 1,00 E-03.

On a bien vérifié que le niveau SIL requis pour rendre le risque acceptable est le SIL 2.

**A. Scénario N°2** : La défaillance de la vanne FICA-271 ayant une fréquence d'occurrence de 3,20 E -02 /an.

- On a
- Pour le SIL 1 on a : F<sub>i</sub> = 3,20 E -02 et F<sub>f</sub> = 3,20 E-04;
  - Pour le SIL 2 on a : F<sub>i</sub> = 3,20 E -02 et F<sub>f</sub> = 3,20 E-05;
  - Pour le SIL 3 on a : F<sub>i</sub> = 3,20 E -01 et F<sub>f</sub> = 1,00 E-06.

Probabilité / Gravité	P 1 Improbable F ≤ E-04 (/an)	P 2 Rare E-04 < F ≤ E-02 (/an)	P 3 Occasionnel E-02 < F ≤ E-01 (/an)	P 4 Fréquent E-01 < F (/an)
G 1 Mineure				
G 2 Sérieuse				
G 3 Grave				
G 4 Catastrophique				

Figure 4.8 – Scénario N°2 avant et après la mise en place des IPLS

❖ Remarque :

- Pour ce scénario le risque est dans la zone ALARP pour le SIL 2 et SIL 3, par contre il est dans la zone inacceptable pour le SIL 1.

- Donc la réduction du risque pour ce scénario est atteinte par le SIL 2.

❖ **Calcul du facteur RRF pour le scénario N°2 :**

$$RRF = \frac{\text{Fréquence d'occurrence calculée}}{\text{Fréquence d'occurrence cible}} = \frac{3.20E - 02}{1.00E - 04} = 3.20 E + 02$$

Pour assurer ce RRF, il faut proposer la mise en place d'une barrière de sécurité IPL et que la probabilité de défaillance soit inférieure ou égale à 1/RRF. On en déduit alors que la PFD de l'IPL à proposer ne doit pas dépasser 3,20 E-02.

Pour répondre à cet objectif, la proposition faite est de mettre en place le système suivant :

- Un système instrumenté de sécurité de niveau SIL 2 avec une  $PFD_1 = 1,00 E-02$ ;
- Une Alarme avec une  $PFD_2 = 1,00 E-01$ .

Donc on a :  $PFD = PFD_1 * PFD_2 = 1,00 E-03 < 3,20 E-02$ .

On a bien vérifié que le niveau SIL requis pour rendre le risque acceptable est le SIL 2.

**B. Scénario N°3 :** Défaillance de la pompe P-201 ayant une fréquence d'occurrence de 1,00 E-01 /an.

- Pour le SIL 1 on a :  $F_i = 1,00 E - 01$  et  $F_f = 1,00 E - 04$ ;
- Pour le SIL 2 on a :  $F_i = 1,00 E - 01$  et  $F_f = 1,00 E - 05$ ;
- Pour le SIL 3 on a :  $F_i = 1,00 E - 01$  et  $F_f = 1,00 E - 06$ .

Probabilité / Gravité	P 1 Improbable $F \leq E-04$ (/an)	P 2 Rare $E-04 < F \leq E-02$ (/an)	P 3 Occasionnel $E-02 < F \leq E-01$ (/an)	P 4 Fréquent $E-01 < F$ (/an)
G 1 Mineure				
G 2 Sérieuse				
G 3 Grave				
G 4 Catastrophique				

The diagram shows a grey arrow pointing from the 'Explosion/Incendie' starburst (located in the red zone of the G4 row) towards the left, passing through the yellow zone (P1) and ending in the green zone (P2). The arrow is labeled 'SIL 3. SIL 2. SIL 1'.

**Figure 4.9** – Scénario N°3 avant et après la mise en place des IPLS

❖ **Remarque :**

- Pour ce scénario le risque est dans la zone ALARP pour le SIL 1, SIL 2 et SIL 3.

- Donc la réduction du risque pour ce scénario est atteinte par le SIL 2.

❖ **Calcul du facteur RRF pour le scénario N°3 :**

$$RRF = \frac{\text{Fréquence d'occurrence calculée}}{\text{Fréquence d'occurrence cible}} = \frac{1.00E - 01}{1.00E - 04} = 1.00 E + 03$$

Pour assurer ce RRF, il faut proposer la mise en place d'une barrière de sécurité IPL et que la probabilité de défaillance soit donc inférieure ou égale à 1/RRF. On en déduit alors que la PFD de l'IPL à proposer ne doit pas dépasser 1,0 E-03.

Pour répondre à cet objectif, la proposition faite est de mettre en place le système suivant :

- Un système de contrôle- commande avec une  $PFD_1=1,00 E-01$  ;
- Un système instrumenté de sécurité de niveau SIL 2 avec une  $PFD_2= 1,00 E-02$ ;
- Une Alarme avec une  $PFD_3=1,00 E-01$ .

Donc on a :  $PFD = PFD_1 * PFD_2 * PFD_3 = 1,00 E-04 < 1,0 E-03$ .

On a bien vérifié que le niveau SIL requis pour rendre le risque acceptable est le SIL 2.

**C. Scénario N°4 :** Mauvais fonctionnement de SDV-231 (ouverture intempestive) 201 ayant une fréquence d'occurrence de 1,00 E-02 /an.

- On a - Pour le SIL 1 on a :  $F_i = 1,00 E -02$  et  $F_f = 1,00 E-05$  ;
- Pour le SIL 2 on a :  $F_i = 1,00 E -02$  et  $F_f = 1,00 E-06$  ;
- Pour le SIL 3 on a :  $F_i = 1,00 E -02$  et  $F_f = 1,00 E-07$  ;

Probabilité / Gravité	P 1 Improbable $F \leq E-04$ (/an)	P 2 Rare $E-04 < F \leq E-02$ (/an)	P 3 Occasionnel $E-02 < F < E-01$ (/an)	P 4 Fréquent $E-01 < F$ (/an)
G 1 Mineure				
G 2 Sérieuse				
G 3 Grave				
G 4 Catastrophique	← SII. 3. SII.2. SII.1	Explosion/ Incendie		

**Figure 4.10** – Scénario N°4 avant et après la mise en place des IPLS

❖ **Remarque :**

- Pour ce scénario le risque est dans la zone ALARP pour le SIL 1, SIL 2 et SIL 3.
- Donc la réduction du risque pour ce scénario est atteinte par le SIL 2.

❖ **Calcul du facteur RRF pour le scénario N°4:**

$$\text{RRF} = \frac{\text{Fréquence d'occurrence calculée}}{\text{Fréquence d'occurrence cible}} = \frac{1.00\text{E} - 02}{1.00\text{E} - 04} = 1.00 \text{ E} + 02$$

Pour assurer ce RRF, il faut proposer la mise en place d'une barrière de sécurité IPL et que la probabilité de défaillance soit inférieure ou égale à 1/RRF. On en déduit alors que la PFD de l'IPL à proposer ne doit pas dépasser 1,00 E-02.

Pour répondre à cet objectif, la proposition faite est de mettre en place le système suivant :

- Un système de contrôle- commande avec une  $\text{PFD}_1=1,00 \text{ E}-01$  ;
- Un système instrumenté de sécurité de niveau SIL 2 avec une  $\text{PFD}_2= 1,00 \text{ E}-02$  ;
- Une Alarme avec une  $\text{PFD}_3=1,00 \text{ E}-01$ .

Donc on a :  $\text{PFD} = \text{PFD}_1 * \text{PFD}_2 * \text{PFD}_3 = 1,00 \text{ E}-04 < 1,00 \text{ E}-02$ .

On a bien vérifié que le niveau SIL requis pour rendre le risque acceptable est le SIL 2.

#### 4.5 Analyses et synthèses :

- Cette matrice montre clairement la réduction apportée par la mise en place des couches de protection ;
- Le risque lié au phénomène d'*explosion/incendie* du four est jugé **ALARP** avec une fréquence d'occurrence d'explosion dans le four relativement basse (E-04/an).
- Des moyens de protection tels que l'inertage à l'azote et un rideau d'eau sont en place ainsi que les moyens de prévention de l'événement que sont les détecteurs de flamme et les sondes de température permettent de garder un bon contrôle des opérations;
- Vu que la notion de SIL s'applique au système de sécurité dans sa globalité et non pas à un élément ou sous-ensemble de celui-ci donc le SIL requis pour le Four de Rebouillage H-201 est un SIL 2.

➤ **Recommandations :**

Il est possible de proposer quelques recommandations, les principales recommandations possibles sont axées sur les moyens de préventions liés au four. Il faudrait s'assurer que :

- ✓ Les séquences de démarrage, d'arrêt normal et se fassent en automatique ;
- ✓ L'arrêt du four sous-entend le sectionnement de l'alimentation en gaz naturel et ce par un système « Double block and bleed » (deux vannes en série avec mise à l'atmosphère intermédiaire). Il doit y avoir un contrôle d'étanchéité de ce système avant tout démarrage avec arrêt de la séquence de démarrage en cas de défaut ;
- ✓ La pertinence d'enrichir la zone des fours de détecteurs de gaz, et de coupler ces détecteurs avec un déclenchement automatique de rideau d'eau du four ;
- ✓ La possibilité d'installer deux vannes d'isolement TOR (entrée/sortie) du four pour pouvoir isoler le four de manière automatique et possibilité de vider le four par le système vide-vite de manière automatique ;
- ✓ Fiabiliser le système d'inertage à l'azote des fours H201/H202 (l'azote en provenance provenant des communs) ;
- ✓ Rénover le système de contrôle des fours H201/H202, notamment l'acquisition des nouveaux BMS (Burner management system), pour une meilleure gestion des phases d'exploitation des fours : démarrage, arrêt normal, arrêt d'urgence, intégrant des logiques séquentielles éprouvées.

## ➤ Récapitulatif des scénarios d'accidents :

Tableau 4.8 - Feuille LOPA

Scénario N°	Équipement:	Titre de scénario	
<b>1</b>	H-201	Explosion/Incendie	
Date : 14/05/2015	Description	Probabilité	Fréquence (/an)
Conséquence Description/Catégorie	Endommagement du serpentin (incendie) & arrêt d'unité (possible arrêt module)		
Critères d'acceptabilité de Risque (Catégorie ou Fréquence)	Risque tolérable [SONATRACH, 2008] Gravité : catégorie 4		<b>1,00E-04</b>
Événement Initiateur	Défaillance de la vanne FICA-201V (fermée)		<b>1,00E-01</b>
Situation Dangereuse		-	
Conditions Supplémentaires (si applicable)	Probabilité d'ignition		
	Probabilité de présence des personnes		
	Probabilité de blessure fatale		
	Autres		
Fréquence de la conséquence non réduite			<b>1,00E-01</b>
IPL	1- Alarmes & Opérateur	<b>1,00E-01</b>	
	2- S.I.S (PLC)	<b>1,00E-02</b>	
Barrières de sécurité (non-IPL)	1- Conception 2- BPCS (DCS) 3- Rideau d'eau 4- Injection de N2 5- Vide vite		
PFD totale des IPLs		<b>1,00E-03</b>	
Fréquence de la conséquence réduite			<b>1,00E-04</b>
Risque tolérable ?			<b>OUI</b>
Actions Requises			
Notes			
Références	Étude HAZOP, Modèle AdE, P&ID n° A1-D 217		
Analystes			
Étudiante fin de cycle ENP Alger			

Tableau 4.8 - Feuille LOPA (suite)

Scénario N°	Équipement:	Titre de scénario	
<b>2</b>	H-201	Explosion/Incendie	
Date : 14/05/2015	Description	Probabilité	Fréquence (/an)
Conséquence Description/Catégorie	Endommagement du serpentin (incendie) & arrêt d'unité (possible arrêt module)		
Critères d'acceptabilité de Risque (Catégorie ou Fréquence)	Risque tolérable [SONATRACH, 2008] Gravité : catégorie 4		<b>1,00E-04</b>
Événement Initiateur	Mauvaise manipulation sur la vanne manuelle à l'entrée/sortie de la vanne FICA-201V (fermée)		<b>3,20E-02</b>
Situation Dangereuse		-	
Conditions Supplémentaires (si applicable)	Probabilité d'ignition		
	Probabilité de présence des personnes		
	Probabilité de blessure fatale		
	Autres		
Fréquence de la conséquence non réduite			<b>3,20E-02</b>
IPL	1- Alarmes & Opérateur	<b>1,00E-01</b>	
	2- S.I.S (PLC)	<b>1,00E-02</b>	
Barrières de sécurité (non-IPL)	1- Conception 2- BPCS (DCS) 3- Rideau d'eau 4- Injection de N <sub>2</sub> 5- Vide vite		
PFD totale des IPLs		<b>1,00E-03</b>	
Fréquence de la conséquence réduite			<b>3,20E-05</b>
Risque tolérable ?			<b>OUI</b>
Actions Requises			
Notes			
Références	Étude HAZOP, Modèle AdE, P&ID n° A1-D 217		
Analystes			
Étudiante fin de cycle ENP Alger			

Tableau 4.8 - Feuille LOPA (suite)

Scénario N°	Équipement:	Titre de scénario	
<b>3</b>	H-201	Explosion/Incendie	
Date : 14/05/2015	Description	Probabilité	Fréquence (/an)
Conséquence Description/Catégorie	Endommagement du serpentín (incendie) & arrêt d'unité (possible arrêt module)		
Critères d'acceptabilité de Risque (Catégorie ou Fréquence)	Risque tolérable [SONATRACH, 2008] Gravité : catégorie 4		<b>1,00E-04</b>
Événement Initiateur	Défaillance de la pompe P-201		<b>1,00E-01</b>
Situation Dangereuse		-	
Conditions Supplémentaires (si applicable)	Probabilité d'ignition		
	Probabilité de présence des personnes		
	Probabilité de blessure fatale		
	Autres		
Fréquence de la conséquence non réduite			<b>1,00E-01</b>
IPL	1- BPCS (DSC)	<b>1,00E-01</b>	
	2- Alarmes & Opérateur	<b>1,00E-01</b>	
	3- S.I.S (PLC)	<b>1,00E-02</b>	
Barrières de sécurité (non-IPL)	1- Conception 2- Rideau d'eau 3- Injection de N2 4- Vide vite		
PFD totale des IPLs		<b>1,00E-04</b>	
Fréquence de la conséquence réduite			<b>1,00E-04</b>
Risque tolérable ?			<b>OUI</b>
Actions Requises			
Notes			
Références	Étude HAZOP, Modèle AdE, P&ID n° A1-D 217		
	Analystes		
	Étudiante fin de cycle ENP Alger		

Tableau 4.8 - Feuille LOPA (suite)

Scénario N°	Équipement:	Titre de scénario	
<b>4</b>	H-201	Explosion/Incendie	
Date : 14/05/2015	Description	Probabilité	Fréquence (/an)
Conséquence Description/Catégorie	Endommagement du serpentín (incendie) & arrêt d'unité (possible arrêt module)		
Critères d'acceptabilité de Risque (Catégorie ou Fréquence)	Risque tolérable [SONATRACH, 2008] Gravité : catégorie 4		<b>1,00E-04</b>
Événement Initiateur	Mauvais fonctionnement de SDV-231 (ouverte)		<b>1,00E-02</b>
Situation Dangereuse		-	
Conditions Supplémentaires (si applicable)	Probabilité d'ignition		
	Probabilité de présence des personnes		
	Probabilité de blessure fatale		
	Autres		
Fréquence de la conséquence non réduite			<b>1,00E-04</b>
IPL	1- BPCS (DSC)	<b>1,00E-01</b>	
	2- Alarmes & Opérateur	<b>1,00E-01</b>	
	3- S.I.S (PLC)	<b>1,00E-02</b>	
Barrières de sécurité (non-IPL)	1- Conception 2- Rideau d'eau 3- Injection de N2 4- Vide vite		
PFD totale des IPLs		<b>1,00E-04</b>	
Fréquence de la conséquence réduite			<b>1,00E-04</b>
Risque tolérable ?			<b>OUI</b>
Actions Requises			
Notes			
Références	Étude HAZOP, Modèle AdE, P&ID n° A1-D 217		
Analystes			
Étudiante fin de cycle ENP Alger			

- **Conclusion:**

L'analyse et l'évaluation des risques par la méthode LOPA exige la disponibilité de certaines données et informations sur les différents paramètres d'évaluation des risques telles que, des scénarios d'accidents, les fréquences d'évènements initiateurs ainsi que les probabilités de défaillances des différentes couche de protections existantes. Afin d' aboutir à l'évaluation de ces scénarios qui est faite grâce à une grille d'évaluation certifiée (SONATRACH) pour juger les risques des scénarios avant et après la mise en place des couches de protection.

Cette évaluation montre que ces scénarios d'accident sont inférieurs aux critères d'acceptabilités fixées, ce qui montre la performance des barrières de sécurité implantées au sein du système Four de Rebouillage H-201.

Le niveau de SIL requis pour ce Four de Rebouillage H-201 à fin d'amener le risque à un niveau jugé acceptable est le SIL 2.

# Conclusion générale

La gestion des risques est souvent définie comme étant un système itératif qui a pour objectif la maîtrise des risques. Cette activité consiste à prévenir les dangers et à estimer les risques des dommages induits.

Dans les systèmes industriels, la sécurité est souvent appréhendée par l'application des techniques de la sûreté de fonctionnement. Face aux difficultés rencontrées lors de l'application de cette activité de gestion, il s'avère indispensable de penser à des outils d'analyse des risques.

Dans le cadre de ce mémoire, nous avons opté pour une méthode semi-quantitative d'analyse des risques orientée barrière appelée LOPA. Cette dernière est élaborée par le CCPS et qui consiste :

- ✓ D'abord, à identifier les différents scénarios majeurs ;
- ✓ Puis, d'en évaluer les conséquences de ces scénarios ;
- ✓ Il s'agit ensuite, d'identifier les différentes couches de protection ;
- ✓ Et enfin, d'évaluer les performances des couches de protection.

Cette méthode d'analyse a fait l'objet d'une étude d'évaluation des barrières de sécurité sur un système industriel « cas du Four de Rebouillage H201 » de traitement de gaz au sein de la SONATRACH. Cette étude nous a permis en premier lieu à aboutir à des résultats sur l'état de sécurité du système (H-201) ainsi que, les mesures à prendre pour empêcher la survenance des événements indésirables afin d'en limiter ces conséquences.

## Conclusion générale

En second lieu, elle nous a aidé à prendre des décisions en ce qui concerne le niveau de sécurité du système lui-même. Ainsi, elle nous a permis de juger les performances des barrières destinées à prévenir et à protéger le système.

L'application de ce type de méthode s'avère délicate. Beaucoup de difficultés ont été soulevées, à savoir le manque de données sur l'état de fonctionnement du système (retour d'expériences).

De grandes difficultés ont été rencontrées durant l'application de la méthode LOPA. Citons le manque de données sur l'état de fonctionnement du système. Nous suggérons donc que d'autres études sur les données feront l'objet d'un travail futur.

# Bibliographie

## C

---

[CCPS, 2001] Center for Chemical Process Safety, Layers of Protection Analysis: Simplified Process Risk Assessment, New York, 2001.

[CHEDDIE & GRUHN, 2006] GRUHN P. and CHEDDIE H., 2006. Safety instrumented systems: design, analysis, and justification. ISA - The Instrumentation, Systems, and Automation Society. 306 p.

[COURTOT & ERMINE, 2002] COURTOT H., ERMINE J., 2002. Maîtrise des risques et sûreté de fonctionnement des systèmes de production. Hermès science publications. Lavoisier. 412 p.

## D

---

[DJEBABRA & SAADI, 1999] DJEBABRA M. & SAADI S., 1999. (1999 Méthodologie d'étude de sûreté fonctionnement des systèmes : Analyse fonctionnelle. Phoebus N° 10.

## I

---

[ICSI, 2006] ICSI - Institut pour une Culture de Sécurité Industrielle, Groupe de travail « Fréquence des événements initiateurs d'accidents et disponibilité des barrières de protection et de prévention ». Institut pour une Culture de Sécurité Industrielle , 2006.

[IEC-61508, 1998] IEC-61508, Functional safety of electric / electronic / programmable electronic systems, Parts 1-7, International Electrotechnical Commission (IEC), 1998.

[IEC-61511, 2003] IEC-61511, Functional safety- Safety instrumented systems for the process industry sector, Parts 1-3, International Electrotechnical Commission (IEC), 2003.

[INERIS DRA 35, 2003] INERIS DRA-35, Éléments importants pour la sécurité EIPS, Rapport oméga-6. Direction des risques accidentels, 2003.

[INERIS BCRD ARAMIS DRA 04, 2004] ARAMIS, Développement d'une méthode intégrée d'analyse des risques pour la prévention des accidents majeurs, Autorisation de programme 2001 – Convention N° 2001-01 111, Rapport final, 2004.

[INERIS DRA 039, 2005] INERIS DRA-039, Évaluation des barrières techniques de sécurité, Rapport oméga 10, 2005.

[INERIS DRA 35, 2006] INERIS DRA-73, Méthode d'analyse de risques générés par une installation industrielle oméga-7, 2006.

[INERIS DRA 73, 2005] INERIS DRA-73, Evaluation des Barrières Techniques de Sécurité, Rapport oméga-10, 2008.

[INERIS DRA 77, 2009] INERIS DRA-73, Démarche d'évaluation des Barrières Humaines de Sécurité oméga-20, 2009.

[ISO 31000, 2009] ISO, Management du risque -- Principes et lignes directrices, 1999.

## K

---

[Kirchsteiger, 1999] Kirchsteiger C., 1999. On the use of probabilistic and deterministic methods in risk analysis. Journal of Loss Prevention in the Process Industries 12, ( 339- 419).

## M

---

[Manuel opératoire, 1993] Manuel Opérateur, Spécification Technique, Direction Régionale d'Hassi R'mel - Hassi R'mel centre SONATRACH Division Production Rév 0, 1993.

## R

---

[Rapport EDD MPP1 HRM Centre, 2010] Rapport d'Etude de dangers. Direction Régionale de Hassi R'mel Centre EP002718 N° 6-7 – HRM Centre N° Rév 0, Rég. DNV: 128ZHR8-10 Rapport EP002718 – N° 6-7, 2010.

[Rapport d'inspection équipement SONATRACH, 2013] A-MIS, Advanced Maintenance Inspection Support System, N° Rég. DNV: 128ZHSG-10 Rapport EP002720 – N° 6, 2013.

[Rapport d'Audit Environnemental, 2011] Rapport d'Audit Environnemental, Direction Régionale d'Hassi R'mel - Hassi R'mel centre SONATRACH Division Production. 2011, 380 p.

## V

---

[Villemeur, 1987] Villemeur A., 1987. Evaluation de la fiabilité, disponibilité et maintenabilité des systèmes réparables : La méthode de l'Espace des Etats. Number 2. Eyrolles.

# Glossaire

- **Accident :**

Événement non désiré qui entraîne des dommages vis à vis des personnes, des biens ou de l'environnement et de l'entreprise en général.

Évènement ou chaîne d'évènements non intentionnels et fortuits provoquant des dommages.

- **Accident majeur** (Réf. directive 96/82/CE; SEVESO II) :

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

- **Alarme générale** (Réf. NF EN 61 931) :

Signal sonore ayant pour but de prévenir les occupants d'avoir évacuer les lieux. L'alarme générale peut être immédiate ou temporisée.

- **ALARP** (Réf. CEI61508) :

Décrit le niveau attendu du contrôle de risque :

- ✓ Il s'agit de mesurer le risque comparé aux ennuis, temps et argent que nécessite le contrôle de ce risque ; et
- ✓ S'assurer que le risque a été réduit au niveau ALARP de telle sorte que tout nouveau « sacrifice » pour une autre réduction serait vain.

- **Anomalie** (Réf. CEI 61508) :

Condition anormale qui peut entraîner une réduction de capacité ou la perte de la capacité d'une unité fonctionnelle à accomplir une fonction requise.

- **Contrôle** (Réf. CEI 61508)

Ensemble de dispositions permettant de signaler automatiquement la position de chaque dispositif concerné.

- **Danger :**

Une situation qui a un certain pouvoir/potentiel à causer des dommages aux personnes, aux biens ou à l'environnement.

- **Défaillance**<sup>1</sup> (Réf. CEI 61508) :

Cessation de l'aptitude d'une unité fonctionnelle à accomplir une fonction requise.

- **Défaillance aléatoire** (Réf. CEI 61508) :

Ces défaillances surviennent de manière aléatoire et résultent de divers mécanismes de dégradation du matériel.

- **Défaillance systématique** (Réf. CEI 62061) :

Ce sont des défaillances reliées de façon déterministe à une certaine cause, qui ne peuvent être éliminées que par une modification de la conception, du processus de fabrication, des procédures d'exploitation ou de la documentation. Cette liste met en évidence toutes les sources potentielles d'introduction de ces fautes systématiques, une des principales étant les erreurs de conception du logiciel.

- **Détecteur** (Réf. NF EN 61 950) :

Appareil conçu de façon à fonctionner lorsqu'il est influencé par certains phénomènes physiques et/ou chimiques précédant ou accompagnant un début d'incendie, provoquant ainsi la signalisation de celui-ci.

- **Disponibilité** (Réf. CEI 61508) :

Aptitude d'une entité à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou pendant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens nécessaires est assurée.

<sup>1</sup> : Les défaillances sont soit aléatoires, soit systématiques

- **Dommmage** (Réf. CEI 61508) :

Blessure physique ou atteinte à la santé affectant des personnes soit directement soit indirectement comme conséquence à un dégât causé aux biens ou à l'environnement.

- **Efficacité** (Réf. CEI 61508) :

Niveau de réalisation des activités planifiées et d'obtention des résultats escomptés.

- **Erreur** (Réf. CEI 61508) :

Écart ou discordance entre une valeur et une condition calculée, observée ou mesurée, et la valeur ou la condition vraie, prescrite ou théoriquement correcte.

- **Erreur humaine** (Réf. CEI 61508) :

Action humaine ou absence d'intervention, qui peut produire un résultat non recherché.

- **Événement dangereux** (Réf. CEI 61508) :

Situation dangereuse qui conduit à un dommage.

- **Événement redouté** (Réf. CEI 61508) :

L'événement redouté résulte de la combinaison de dérives de paramètres de fonctionnement ou de défaillances d'éléments (équipements ou actions humaines), appelés événements indésirables.

Dans l'enchaînement d'événements conduisant à un scénario d'accident majeur, l'événement redouté central constitue le moment à partir duquel la séquence d'événements devient accidentelle.

- **Évènement indésirable** (Réf. CEI 61508) :

Situation qui s'écarte de procédures ou de résultats escomptés dans une situation habituelle et qui est ou qui serait potentiellement source de danger.

- **Explosion :**

Une explosion c'est la transformation rapide d'un système matériel donnant lieu à une forte émission de gaz, accompagnée éventuellement d'une émission de chaleur importante.

Les explosions peuvent être soit d'origine physique (éclatement d'un récipient dont la pression intérieure est devenue trop grande, etc.), soit d'origine chimique.

- **Fiabilité** (Réf. CEI 61508) :

Aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise, dans des conditions données, pendant un intervalle de temps donné.

- **Fonction de sécurité** (Réf. CEI 61508) :

Fonction ayant pour but la prévention et la protection d'événements redoutés. Les fonctions de sécurité identifiées peuvent être assurées à partir de barrières techniques de sécurité, de barrières organisationnelles (activités humaines), ou plus généralement par la combinaison des deux.

- **Fumée :**

Produit plus ou moins dense et de couleur variable qui se dégage d'un corps en combustion.

- **Gravité :**

Mesure des conséquences d'un accident.

- **Incendie :**

L'incendie est une combustion qui se développe d'une manière incontrôlée dans le temps et dans l'espace. Elle engendre de grandes quantités de chaleur, des fumées et des gaz polluants, voire toxiques. L'énergie émise favorise le développement de l'incendie. Combustion autoentretenu qui se développe sans contrôle dans le temps et dans l'espace.

- **Intégrité de sécurité** (Réf. CEI 62061) :

C'est la probabilité que le système de commande relatif à la sécurité exécute de manière satisfaisante les fonctions de sécurité requises, dans toutes les conditions spécifiées et pendant une période de temps spécifiée. C'est en fait la notion de fiabilité appliquée à une fonction de sécurité.

- **Matrice de criticité** :

La matrice de criticité est obtenue en combinant la probabilité et la gravité. La cotation est alors réalisée à partir d'échelles qualitatives en termes de gravité et, le plus souvent, de probabilité.

- **Panne** (Réf. CEI 61508) :

Etat d'une entité inapte à accomplir une fonction requise, non comprise l'inaptitude due à la maintenance préventive ou à d'autres actions programmées ou due à un manque de moyens extérieurs.

A noter : une panne est souvent la conséquence d'une défaillance de l'entité elle-même, mais elle peut exister sans défaillance préalable.

- **Phénomène dangereux** (Réf. CEI 61508)

Une source potentielle de danger2 .

- **Prévention** :

La prévention est l'ensemble des mesures propres à éviter autant que possible les manifestations d'un risque et à en limiter les effets. C'est une étape essentielle dans l'élaboration d'un projet.

- **Processus** :

Ensemble d'activités corrélées ou interactives qui transforme des éléments d'entrée en éléments de sortie.

- **Protection :**

Mesure visant à la réduction de la gravité des risques.

- **Risque :**

C'est la manifestation du danger à la suite d'un événement accidentel, il est caractérisé par :

- La gravité de ses effets ;
- La probabilité pour qu'il survienne.

Une combinaison de la probabilité d'un dommage et de sa gravité.

- **Risque acceptable** (Réf. CEI 61508) :

Niveau de gravité des conséquences et de probabilité d'occurrence d'un événement redouté considéré comme acceptable par les parties prenantes.

- **Risque résiduel** (Réf. CEI 61508) :

Risque resté après que toutes les mesures de prévention ont été prises.

- **Risque tolérable** (Réf. CEI 61508) :

Risque accepté dans un certain contexte et fondé sur les valeurs actuelles de la société.

Un risque est défini comme acceptable lorsque l'on consent à vivre avec, en contrepartie d'un bénéfice et dans la mesure où il est contrôlé.

- **Scénario d'accident majeur :**

Dans une démarche d'analyse de risques, un scénario d'accident majeur peut être défini comme l'enchaînement d'événements indésirables, aboutissant à un événement redouté, conduisant lui-même à des conséquences lourdes ou effets majeurs.

- **Sécurité** (Réf. CEI 61508) :

Absence de risques inacceptables.

- **SIL** (Réf. CEI 61508) :

Niveau discret parmi quatre possibles permettant de spécifier les prescriptions concernant l'intégrité de sécurité des fonctions de sécurité à allouer aux systèmes E/E/PE relatifs à la sécurité.

- **Situation dangereuse** (Réf. CEI 61508) :

Situation dans laquelle une personne est exposée à un/des phénomènes dangereux.

- **Sûreté de fonctionnement** :

Aptitude d'un système à satisfaire l'ensemble des performances opérationnelles requis pour une mission donnée, elle fait intervenir les concepts de fiabilité, de maintenabilité et de disponibilité.

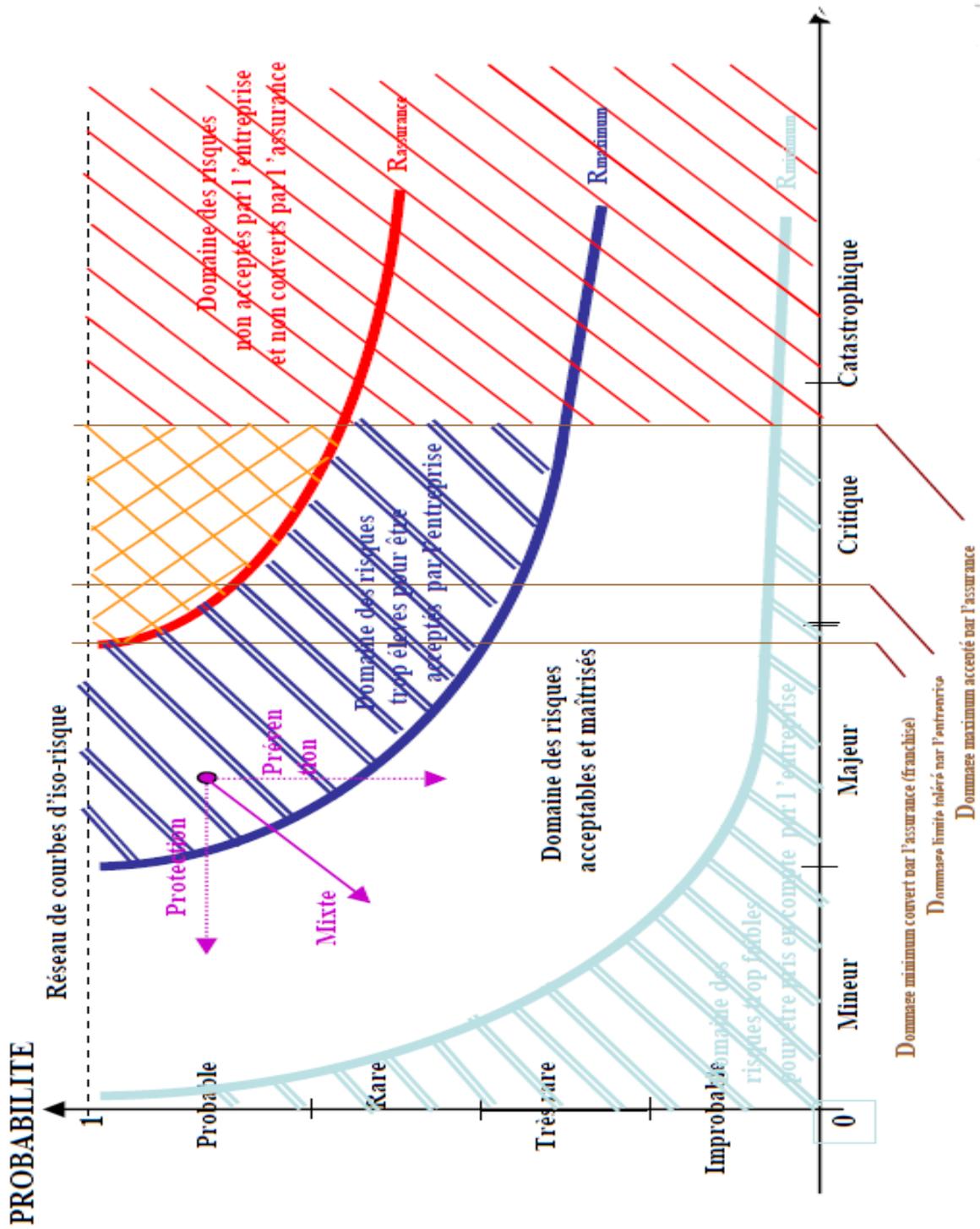
- **Surveillance** (Réf. CEI 61508) :

Ensemble de dispositions permettant la détection automatique des dérangements susceptibles de nuire au bon fonctionnement d'un système.

- **Système** (Réf. CEI 61508) :

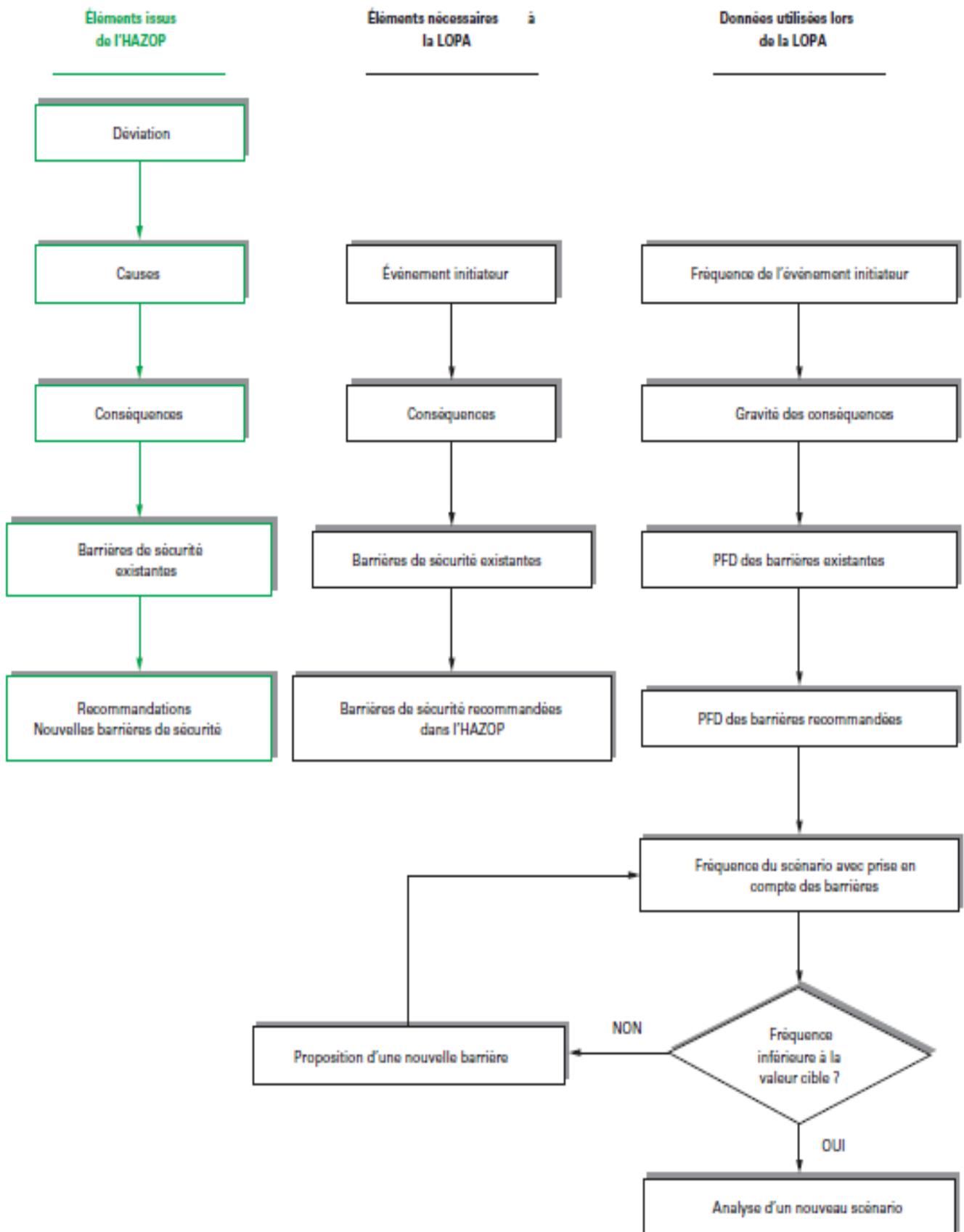
Ensemble d'éléments qui interagissent selon un modèle précis, un élément pouvant être un autre système, appelé sous-système, les sous-systèmes pouvant être eux-mêmes soit un système de commande, soit un système commandé composé de matériel, de logiciel en interaction avec l'être humain.

# Annexes

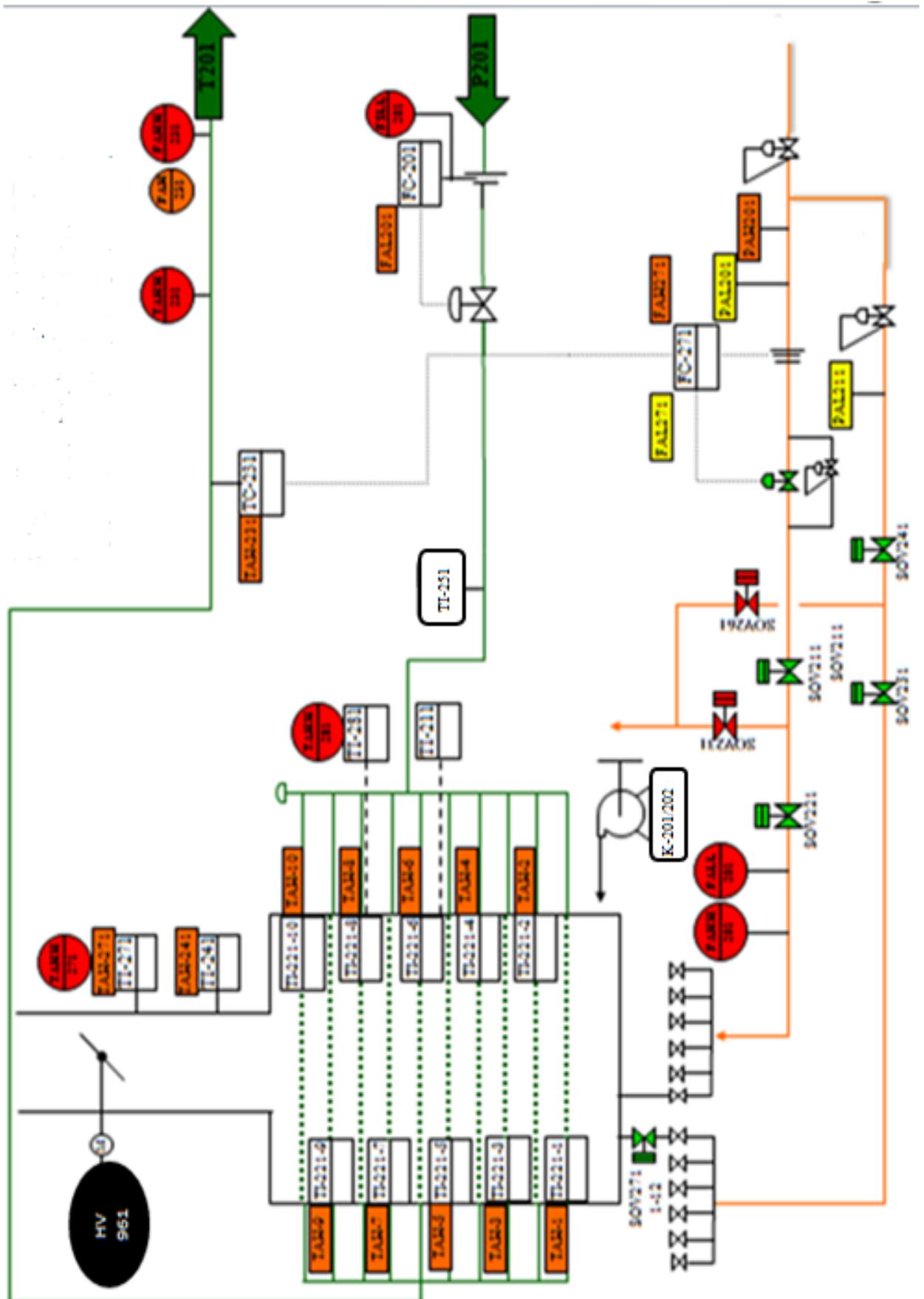


Annexe A : Zone de risques [Rapport EDD MPPI HRM Centre, 2010]

**Éléments et données utilisés dans la LOPA**



**Annexe B : Développement des Données de HAZOP dans LOPA [CCPS, 2001]**



Annexe C : Diagramme de canalisation & d'instrumentation





## Worksheet

Company: Sonatrach  
Facility: MFP-1

Session: (8) 2008/10/18

Revision:

Node: (10) Reboiler Section of T-201-1

Intention:

Drawings: No.7, A1-D216, P&ID Stabilization Deethanizer Module1

No.8, FD-801(Previous DWG A1-D217), P&ID Deethanizer Reboiler\_Module1

No.9, A1-D218, P&ID Stabilization Lean Oil Surge Drum Module1

No.11, D-01-1225-006, P&I Diagram of MFP Debuterizer Reboiler Module1 (11/12/13-H202)

No.47, D-01-1225-063, P&ID of Blowdown System for H201 & H202 MFP-1

Parameter: Flow

Intention:

DEVIATION	CAUSES	CONSEQUENCES	SAFEGUARDS	RECOMMENDATIONS	ACTION
10.1. No/Less Flow	10.1.1. (Side Reboiler) Manual valve at inlet of E-206-1 maloperation close	10.1.1.1. No side reboiler flow from T-201-1 to E-206-1. Possible temperature decrease in bottom section of T-201-1. Loss of rebilling heat and possible off-spec product.	10.1.1.1.1. Operation Procedure & Operator Training 10.1.1.1.2. TI-1-4 indication		
	10.1.2. (Reboiler H-201-1) Manual valve at inlet of P-201-1A maloperation close	10.1.2.1. No HC liquid flow to P-201-1A and possible P-201-1A cavitation and damage. Possible coking in H-201-1. Low temperature in bottom section of T-201-1. Possible Off-spec product (LPG, etc.).	10.1.2.1.1. Operation Procedure & Operator Training 10.1.2.1.2. FALL-201 trip H-201-A		
	10.1.3. Strainer at inlet of P-201-1A plugging	10.1.3.1. No HC liquid flow to P-201-1A and possible P-201-1A cavitation and damage. Possible coking in H-201-1. Low temperature in bottom section of T-201-1. Possible Off-spec product (LPG, etc.).	10.1.3.1.1. Operation Procedure & Operator Training 10.1.3.1.2. FALL-201 trip H-201-A		
	10.1.4. P-201-1A stop	10.1.4.1. No HC liquid flow through P-201-1A. Possible coking in H-201-1. Low temperature in bottom section of T-201-1. Possible Off-spec product (LPG, etc.).	10.1.4.1.1. Spare pump 10.1.4.1.2. FALL-201 trip H-201-A		
	10.1.5. Manual valve at outlet of P-201-1A maloperation close	10.1.5.1. No HC liquid flow through P-201-1A and high pressure in the piping of P-201-1A outlet. Possible coking in H-201-1.	10.1.5.1.1. Operation Procedure & Operator Training 10.1.5.1.2. FALL-201 trip H-201-A		

**Annexe F : Tableau de l'étude HAZOP [HAZOP Study Report SONATRACH, 2008]**

## Worksheet

Company: Sonatrach  
Facility: MPP-1

Session: (8) 2008/10/18  
Node: (10) Reboiler Section of T-201-1

Drawings: No.7, A1-D216, P&ID Stabilization Deethanizer\_Module1  
No.8, FD-801(Previous DWG A1-D217), P&ID Deethanizer Reboiler\_Module1  
No.9, A1-D218, P&ID Stabilization Lean Oil Surge Drum Module1  
No.11, D-01-1225-006, P&I Diagram of MPP Debutemizer Reboiler Module1 (11/12/13-H202)  
No.47, D-01-1225-063, P&ID of Blowdown System for H201 & H202 MPP-1

Parameter: Flow  
Revision:  
Intention:

DEVIATION	CAUSES	CONSEQUENCES	SAFEGUARDS	RECOMMENDATIONS	ACTION
10.1. Not/Less Flow (cont.)	10.1.5. Manual valve at outlet of P-201-1A maloperation close (cont.)  10.1.6. Manual valve at inlet/outlet of FCV-201 maloperation close  10.1.7. FCV-201 failure close	...201-1. Low temperature in bottom section of T-201-1. Possible Off-spec product (LPG, etc.).  10.1.6.1. No HC liquid flow through P-201-1A and high pressure in the piping of P-201-1A outlet. Possible coking in H-201-1. Low temperature in bottom section of T-201-1. Possible Off-spec product (LPG, etc.).  10.1.7.1. No HC liquid flow through P-201-1A and high pressure in the piping of P-201-1A outlet. Possible coking in H-201-1. Low temperature in bottom section of T-201-1. Possible Off-spec product (LPG, etc.).  10.1.8.1. No HC liquid flow to one pass of H-201-1A. Possible coking in H-201-1 one pass and possible high temperature and rupture of coil during operation....	...201-A 10.1.5.1.3. Discharge line of P-201-1A are designed for pump shut-off pressure. 10.1.5.1.4. TIC-8 indication 10.1.6.1.1. Operation Procedure & Operator Training 10.1.6.1.2. FALL-201 trip H-201-A 10.1.6.1.3. Discharge line of P-201-1A are designed for pump shut-off pressure. 10.1.6.1.4. TIC-8 indication 10.1.7.1.1. FALL-201 trip H-201-A 10.1.7.1.2. Discharge line of P-201-1A are designed for pump shut-off pressure. 10.1.7.1.3. TIC-8 indication 10.1.8.1.1. Operation Procedure & Operator Training 10.1.8.1.2. TAH-221	10.44. Consider to provide mechanical stop on this manual valve to keep minimum flow to each pass	Maintenance Department

## Worksheet

Company: Sonatrach  
Facility: MPP-1

Session: (6) 2008/10/18  
Node: (10) Reboiler Section of T-201-1  
Drawings: No.7, A1-D216, P&ID Stabilization Deethanizer Reboiler\_Module1  
No.8, FD-801(Previous DWG A1-D217), P&ID Deethanizer Reboiler\_Module1  
No.9, A1-D218, P&ID Stabilization Lean Oil Surge Drum Module1  
No.11, D-01-1225-006, P&I Diagram of MPP Debuterizer Reboiler Module1 (11/12/13-H202)  
No.47, D-01-1225-063, P&ID of Blowdown System for H201 & H202 MPP-1  
Parameter: Flow  
Intention:

Revision:  
Intention:

DEVIATION	CAUSES	CONSEQUENCES	SAFEGUARDS	RECOMMENDATIONS	ACTION
10.1. No/Less Flow (cont.)	10.1.8. Manual valve at inlet of H-201A each pass maloperation close (cont.)	...Possible low temperature in bottom section of T-201-1. Possible Off-spec product (Condensate, etc.).	10.1.8.1.3. TIC-8 indication	10.44. Consider to provide mechanical stop on this manual valve to keep minimum flow to each pass (cont.)	Maintenance Department (cont.)
	10.1.9. (Bottom product) Manual valve at inlet/outlet of FV-33 maloperation close	10.1.9.1. T-201-1 bottom product flow stop and high liquid level in T-201-1	10.1.9.1.1. Operation Procedure & Operator Training 10.1.9.1.2. LAH-14		
	10.1.10. LIC-14 malfunction FV-33 close	10.1.10.1. T-201-1 bottom product flow stop and high liquid level in T-201-1	10.1.10.1.1. LG-714 indication 10.1.10.1.2. FIC-33 indication	10.45. Provide low flow alarm on FIC-33 indication	Maintenance Department
	10.1.11. FIC-33 malfunction FV-33 close	10.1.11.1. T-201-1 bottom product flow stop and high liquid level in T-201-1	10.1.11.1.1. LAH-14		
	10.1.12. Manual valve at inlet of E-217-1	10.1.12.1. T-201-1 bottom product flow stop and high liquid level in T-201-1	10.1.12.1.1. Operation Procedure & Operator Training 10.1.12.1.2. LAH-14		
	10.1.13. Manual valve at inlet of T-202-1	10.1.13.1. T-201-1 bottom product flow stop and high liquid level in T-201-1	10.1.13.1.1. Operation Procedure & Operator Training 10.1.13.1.2. LAH-14		
10.2. More Flow	10.2.1. FCV-201 malfunction open	10.2.1.1. More HC liquid flow through P-201-1A. Possible high temperature in bottom section of T-201-1. Energy loss.	10.2.1.1.1. TIC-8 indication	10.46. Provide high alarm on TIC-8	Maintenance Department
	10.2.2. LIC-14 malfunction...	10.2.2.1. T-201-1 bottom...	10.2.2.1.1. LG-714 indication		

## Worksheet

Company: Sonatrach  
Facility: MPP-1

Session: (6) 2008/10/18

Node: (10) Reboiler Section of T-201-1

Drawings: No.7, A1-D216, P&ID Stabilization Deethanizer Module1

No.8, FD-801(Previous DWG A1-D217), P&ID Deethanizer Reboiler Module1

No.9, A1-D218, P&ID Stabilization Lean Oil Surge Drum Module1

No.11, D-01-1225-006, P&I Diagram of MPP Debuterizer Reboiler Module1 (11/12/13-H202)

No.47, D-01-1225-063, P&ID of Blowdown System for H201 & H202 MPP-1

Parameter: Pressure

Revision:

Intention:

Intention:

DEVIATION	CAUSES	CONSEQUENCES	SAFEGUARDS	RECOMMENDATIONS	ACTION
10.5. Higher Pressure (cont.)	10.5.2. High vaporization in H-201-1 (cont.) 10.5.3. External fire around T-201-1	10.5.2.1. High pressure outlet of H-201-1 (cont.) 10.5.3.1. Overpressure -> Possible damage of equipment -> Possible Gas Leak and fire and explosion	10.5.2.1.2. PAHH-231 shut down H-201-1 10.5.3.1.1. PSV-910		
10.6. Lower Pressure	10.5.4. Remaining heat in H-201-1 after isolation of H-201-1. 10.5.5. Hot fluid remaining in E-217-1 after isolation 10.6.1. No significant cause identified in this node	10.5.4.1. Overpressure -> Possible damage of tube -> Possible Gas Leak and fire and explosion 10.5.5.1. Possible rupture at shell side of E-217-1	10.5.4.1.1. PSV-201 10.5.5.1.1. PSV-2106		

Session: (6) 2008/10/18

Node: (10) Reboiler Section of T-201-1

Drawings: No.7, A1-D216, P&ID Stabilization Deethanizer Module1

No.8, FD-801(Previous DWG A1-D217), P&ID Deethanizer Reboiler Module1

No.9, A1-D218, P&ID Stabilization Lean Oil Surge Drum Module1

No.11, D-01-1225-006, P&I Diagram of MPP Debuterizer Reboiler Module1 (11/12/13-H202)

No.47, D-01-1225-063, P&ID of Blowdown System for H201 & H202 MPP-1

Parameter: Temperature

Revision:

Intention:

Intention:

DEVIATION	CAUSES	CONSEQUENCES	SAFEGUARDS	RECOMMENDATIONS	ACTION
10.7. High Temperature	10.7.1. TIC-231 malfunction FCV-271 open 10.7.2. FIC-271 malfunction FCV-271 open	10.7.1.1. High temperature in H-201-1 and possible coking in H-201-1 10.7.2.1. High temperature in H-201-1 and possible coking in H-...	10.7.1.1.1. TSHH-231 trip H-201-1 10.7.2.1.1. TSHH-231 trip H-201-1		

## Worksheet

Company: Sonatrach  
Facility: MPP-1

Session: (6) 2008/10/18

Node: (10) Reboiler Section of T-201-1

Drawings: No.7, A1-D216, P&ID Stabilization Deethanizer\_Module1  
No.8, FD-801(Previous DWG A1-D217), P&ID Deethanizer Reboiler\_Module1  
No.8, A1-D218, P&ID Stabilization Lean Oil Surge Drum\_Module1  
No.11, D-01-1225-006, P&I Diagram of MPP Debutemizer Reboiler\_Module1 (11/12/13-H202)  
No.47, D-01-1225-063, P&ID of Blowdown System for H201 & H202 MPP-1

Parameter: Temperature

Revision:

Intention:

Intention:

DEVIATION	CAUSES	CONSEQUENCES	SAFEGUARDS	RECOMMENDATIONS	ACTION
10.7. High Temperature (cont.)	10.7.2. FIC-271 malfunction FCV-271 open (cont.) 10.7.3. High heat transfer in E-217-1	...201-1 10.7.3.1. High temperature of T-202-1 inlet, better heat recovery. No hazardous consequence.	10.7.2.1.1. TSHH-231 trip H-201-1 (cont.)		
10.8. Lower Temperature	10.8.1. TIC-231 malfunction FCV-271 close 10.8.2. FIC-271 malfunction FCV-271 close 10.8.3. Low heat transfer in E-217-1	10.8.1.1. Possible low rebilling of T-201-1 and off-spec product 10.8.2.1. Possible low rebilling of T-201-1 and off-spec product 10.8.3.1. Low temperature of T-202-1 feed liquid and heat loss	10.8.1.1.1. TIC-8 indication 10.8.2.1.1. TIC-8 indication 10.8.3.1.1. H-202-1	10.47. Provide low alarm on TIC-8	Maintenance Department

Session: (6) 2008/10/18

Node: (10) Reboiler Section of T-201-1

Drawings: No.7, A1-D216, P&ID Stabilization Deethanizer\_Module1  
No.8, FD-801(Previous DWG A1-D217), P&ID Deethanizer Reboiler\_Module1  
No.8, A1-D218, P&ID Stabilization Lean Oil Surge Drum\_Module1  
No.11, D-01-1225-006, P&I Diagram of MPP Debutemizer Reboiler\_Module1 (11/12/13-H202)  
No.47, D-01-1225-063, P&ID of Blowdown System for H201 & H202 MPP-1

Parameter: Level

Revision:

Intention:

Intention:

DEVIATION	CAUSES	CONSEQUENCES	SAFEGUARDS	RECOMMENDATIONS	ACTION
10.9. Higher Level	10.9.1. See No/Less Flow in this node 10.9.2. (Reboiler liquid draw off section) Stop of P-201-1A, etc	10.9.2.1. No significant consequences identified in this node			
10.10. Lower Level	10.10.1. See More Flow in this node				

## Worksheet

Company: Sonatrach  
Facility: MPP-1

Session: (6) 2008/10/18

Node: (10) Reboiler Section of T-201-1

Drawings: No.7, A1-D218, P&ID Stabilization Deethanizer Module1

No.8, FD-801(Previous DWG A1-D217), P&ID Deethanizer Reboiler\_Module1

No.9, A1-D218, P&ID Stabilization Lean Oil Surge Drum Module1

No.11, D-01-1225-006, P&I Diagram of MPP Debutemizer Reboiler Module1 (11/12/13-H202)

No.47, D-01-1225-063, P&ID of Blowdown System for H201 & H202 MPP-1

Parameter: Level

Intention:

DEVIATION	CAUSES	CONSEQUENCES	SAFEGUARDS	RECOMMENDATIONS	ACTION
10.10. Lower Level (cont.)	10.10.2. (Reboiler liquid draw off section) Upset of T-201-1	10.10.2.1. No HC liquid to P-201-1A and P-202-1A, cavitation and damage	10.10.2.1.1. LALL-15 trip P-201-1A 10.10.2.1.2. Spare pump		

Session: (6) 2008/10/18

Node: (10) Reboiler Section of T-201-1

Drawings: No.7, A1-D218, P&ID Stabilization Deethanizer Module1

No.8, FD-801(Previous DWG A1-D217), P&ID Deethanizer Reboiler\_Module1

No.9, A1-D218, P&ID Stabilization Lean Oil Surge Drum Module1

No.11, D-01-1225-006, P&I Diagram of MPP Debutemizer Reboiler Module1 (11/12/13-H202)

No.47, D-01-1225-063, P&ID of Blowdown System for H201 & H202 MPP-1

Parameter: Composition

Intention:

DEVIATION	CAUSES	CONSEQUENCES	SAFEGUARDS	RECOMMENDATIONS	ACTION
10.11. Composition Change	10.11.1. Low temperature of bottom of T-201-1 10.11.2. High pressure of T-201-1	10.11.1.1. Increase of C2 lighter contents in bottom product 10.11.2.1. Increase of C2 lighter contents in bottom product	10.11.1.1.1. Sampling at LPG product 10.11.2.1.1. Sampling at LPG product		
10.12. Contamination	10.12.1. No significant cause is identified in this node				