



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE 20 AOUT 1955 SKIKDA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE PETROCHIMIE ET GENIE DES PROCEDES

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

Master

Filière : industries pétrochimiques

Spécialité : Automatisation en industries pétrochimiques

Analyse de risque par l'application de la méthode de HAZOP –Arbre de défaillance sur la chaudière 1050 G1 Raffinerie (RA1K) de SKIKDA

Réalisé par :

- KHADRAOUI yousra
- Yahia Asma

Encadré par :

Dr. Metatla Hassina

Devant le jury :

Dr. Metatla Hassina	Université de 20 aout 1955 skikda	Président/ Encadreur
	Université de 20 aout 1955 skikda	Examineur 1
	Université de 20 aout 1955 skikda	Examineur 2

Année Universitaire 2024- 2025

Résumé

Ce mémoire traite de l'analyse de risques appliquée à la chaudière industrielle 1050G1.

Dans le cadre de ce travail, deux méthodes complémentaires ont été mises en œuvre : la méthode HAZOP (Hazard and Operability Study), qui permet d'identifier les écarts de fonctionnement potentiels, et la méthode ADD (Arbre de Défaillance Détaillé), qui permet de représenter graphiquement les enchaînements de défaillances critiques.

L'objectif principal de ce projet est de détecter les scénarios de pannes possibles, d'en évaluer les causes et les conséquences, et de proposer des mesures correctives pour améliorer la sûreté de fonctionnement de la chaudière.

Les résultats obtenus ont permis d'identifier les éléments les plus sensibles du système, et de recommander des actions concrètes visant à renforcer la fiabilité, la sécurité et la disponibilité du système industriel étudié.

Mots clés : la sûreté de fonctionnement, la chaudière, Hazop, fiabilité, ADD .

المخلص:

تتناول هذه الرسالة تحليل المخاطر المطبق على الغلاية الصناعية G11050. وفي إطار هذا العمل، طُبقت طريقتان متكاملتان: طريقة HAZOP (دراسة المخاطر وقابلية التشغيل) التي تحدد الانحرافات التشغيلية المحتملة، وطريقة شجرة الأعطال التفصيلية (ADD) التي تُمَثَّل بيانياً تسلسلات الأعطال الحرجة.

يهدف هذا المشروع بشكل رئيسي إلى اكتشاف سيناريوهات الأعطال المحتملة، وتقييم أسبابها وعواقبها، واقتراح تدابير تصحيحية لتحسين السلامة التشغيلية للغلاية.

مكّنت النتائج المتحصل عليها من تحديد أكثر عناصر النظام حساسية، والتوصية بإجراءات ملموسة تهدف إلى تعزيز موثوقية النظام الصناعي قيد الدراسة وسلامته وتوافره.

الكلمات المفتاحية: السلامة التشغيلية، الغلاية، HAZOP، الموثوقية، شجرة الأعطال التفصيلية (ADD).

REMERCIEMENTS

*Avant tout, nous remercions ALLAH, le tout puissant de nous a donné le courage
et la volonté pour accomplir ce travail.*

*Nos gratitudee et nos vifs remerciements vont directement
à notre promotrice **dr. Metatla Hassina** pour ces conseils,
son appui et sa disponibilité et pour
nous avoir fait profiter de ces connaissances
et de ses qualités tant que professionnelle qu'humaines*

Un grand merci aux membres jury qui ont accepté d'examineur ce travail.

Un grand remerciement à tous les enseignants d'université 20Aout 1995-skikda-

Spécialement les enseignants de département de pétrochimie.

*, qui nous a accueillies chaleureusement nous lui exprimons notre sincère
gratitude.*



DÉDICACES

En signe de respect et de reconnaissance

Je dédie ce travail à :



A ma chère mère, qui a été toujours là pour moi et

qui

n'a jamais cessé de prier pour mon bonheur.

A mon père pour ses encouragements

A mes soeurs et mes chers frères.

A mes chères amies.

A tous mes chers collègues de filière..

Khadraoui yousra



DÉDICACES

Je dédie ce travail à :

A une personne qui ont consenti beaucoup de sacrifices

Pour mon bonheur et ma réussite et qui est chère à

Mon cœur, **mon père** « RIAD », la source de mon

Inspiration et de mon courage, Qui trouve ici toutes mes

reconnaisances, amour, respect et

Ma gratitude.

Je dédie toute ma gratitude et mes vertus à la source de
tendresse, **ma très chère mère** « SIHEM », qui ma donnée

la vie de fierté, de sagesse, de patience et Qui trouve ici le

témoignage de profond respect,

amour et ma reconnaissance infinie.

A mes chers frères « DAIF », « HANI » et ma chère

sœur « Soundous » qui comptent beaucoup pour moi .

A Toute la famille, A tous mes amis et collègues qu'elles

Soient ici remerciées.

À toutes les personnes qui connaissent et aiment

ASMA...

Yahia Asma

Sommaire

Résumé

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction	1
Chapitre I : La Sûreté de Fonctionnement	3
I.1 La Sûreté de Fonctionnement	3
I.1.1 Introduction	3
I.1.2 Historique	3
I.1.3 Définition	4
I.1.4 Le but de la sûreté de fonctionnement	4
I.1.5 Mesures de la sûreté de fonctionnement	5
I.1.6 Quelques lois usuelles	5
I.2 Méthodes d'analyse de la SdF	7
I.2.1 Introduction	7
I.2.2 Définition	8
I.2.3 Principales méthodes	8
I.2.3.1 Analyse Préliminaire des Dangers (APD)	8
I.2.3.2 Analyse des Modes de Défaillances et de leurs Effets et de leurs Criticité (AMDEC)	10
I.2.3.3 Méthode du Diagramme de Succès ou de Fiabilité (MDS ou MDF)	10
I.2.3.4 Méthode de la Table de Vérité (MTV)	11
I.2.3.5 Méthode de l'Arbre des Causes (MAC)	12
I.2.3.6 Méthode des Combinaisons de Pannes Résumées (MCPR)	13
I.2.3.7 Méthode de l'Arbre des Conséquences (MACQ)	13
I.2.3.8 Méthode du Diagramme Causes-Conséquences (MDCC)	14
I.2.3.9 Méthode de l'Espace des Etats (MEE)	15
I.2.3.9 Arbres de Défaillance (AdD)	16
Conclusion :	18
Chapitre II : Présentation de la chaudière 1050G1 de la raffinerie de Skikda	19
II.1 présentation du complexe RA1K	19
II.1.1 Description du complexe	19

II.1.2 Situations géographique.....	19
II.1.3 Organigramme de RA1K.....	20
II.1.4 Description générale des unités de la RA1K.....	21
II.2 Organisation générale du département HSE	23
II.3. Description plus détaillée de la centrale thermoélectrique (CTE)	23
II.4. Description du système d'étude « la chaudière 1050 G1 »	27
II.4.1. Présentation de la chaudière G1.....	27
II.4.2 Description des différents composants de la chaudière	27
II.4.3 Traitement de l'eau en chaudière.....	30
II.4.3.1 Traitement Physique	30
II.4.3.2 Traitement chimique	31
II.4.3.2.1 Injection de l'hydrazine	31
II.4.3.2.2 Injection de Morpholine (C ₄ H ₉ NO) :	32
I.4.3.2.3 injection du Phosphate de tri-sodium (Na ₃ PO ₄) :	32
II.4.4 Exigences concernant l'eau d'alimentation	33
I.4.5 Conséquences d'une mauvaise qualité de l'eau.....	33
II.4.6 Principe de fonctionnement de la chaudière.....	34
II.4.6.1 Circuit eau / vapeur.....	35
II.6.2 Circuit gaz de fumées	36
II.4.7 Système de sécurité de la chaudière 1050 G1	37
Conclusion :	38
Chapitre III : Analyse dysfonctionnelles de la chaudière 1050G1	40
III .1.Introduction :	40
III .2.présentation du système analysé	40
III .3.La fonction principale de la chaudière 1050G1	40
III .4. Application de la méthode HAZOP	40
III .4.1.Etablissement des critères d'acceptabilité.....	41
III .4.2.les tableaux de la méthode HAZOP :.....	42
III .4.3.Interprétation des résultats de l'analyse par HAZOP	75
Conclusion :	103
Conclusion Générale	105
Les références	107
Annexe:	110

Liste des figures :

N° Figure	Titre	page
Figure I.1	Les attribut de la sureté de fonctionnement	04
Figure I.2	Schéma descriptif sur la démarche AMDEC	10
Figure I.3	Exemple de diagramme de fiabilité en série	11
Figure I.4	Exemple de diagramme de fiabilité en parallèle	11
Figure I.5	Exemple d'arbre de cause	13
Figure I.6	Arbre d'événement quantifié d'un tuyau de gaz arraché	14
Figure I.7	Diagramme « causes-conséquences » d'une situation dangereuse.	15
Figure II.1	Situation géographique de RA1K	20
Figure II.2	Organigramme RA1K	20
Figure II.3	Organigramme général du département HSE	23
Figure II.4	La centrale thermoélectrique (CTE)	24
Figure 1.5	Les éléments constitutifs de la chaudière.	27
Figure II.6	Traitement physique de l'eau de chaudière	31
Figure I.7	Le fonctionnement de la chaudière	34
Figure II.8	Le circuit eau-vapeur	35
Figure II.9	Le circuit des fumés	36
Figure III.1 :	les figures sont représentée L'ADD relatif à ce scénario	95
Figure III.1 :	les figures sont représentée L'ADD relatif à ce scénario	80
Figure III.2	La courbe de la fiabilité de l'éclatement du ballon de la chaudière au bout de 20 ANS	97
FigureIII.3	La courbe de la probabilité de défaillance de l'éclatement du ballon de la chaudière au bout de 20 ANS	98

Liste des tableaux :

N°	Titre	Page
Tableau I.1	Symboles des événements.	17
Tableau II.1	Les caractéristiques des quatre chaudières	26
Tableau II.2	propriétés et caractéristiques de l'hydrazine	31
Tableau II.3	Spécifications de la morpholine	31
Tableau II.4	Valeurs limites de la qualité de l'eau d'alimentation requise	33
Tableau III.1	matrice de criticité	41
Tableau III.2	HAZOP du sous-système d'alimentation et de dégazage.	44-61
Tableau III.3	Hazop du sous-système de génération de la vapeur	61-73
Tableau III.4	HAZP du sous-système de combustion	4-83
Tableau III.5	Hazop du sous-système de tirage de l'air	84-90
Tableau III.6	Détermination des coupes minimales	96

Liste des abréviations :

SdF : La Sûreté de Fonctionnement

APD : Analyse Préliminaire des Dangers

AMDEC : Analyse des Modes de Défaillances et de leurs Effets et de leurs Criticité.

MDF/ MDS : Méthode du Diagramme de Succès ou de Fiabilité.

MTV : Méthode de la Table de Vérité.

MAC : Méthode de l'Arbre des Causes.

MCPR : Méthode des Combinaisons de Pannes Résumées.

MACQ : Méthode de l'Arbre des Conséquences.

MDCC : Méthode du Diagramme Causes-Conséquences.

MEE : Méthode de l'Espace des Etats .

AdD : Arbres de Défaillance .

HSE : Hygiène, sécurité industrielle et environnement

RA1K : Raffinerie 1 de Skikda

AMDE/AMDEC : Analyse des modes de défaillances et de leurs criticités

HAZOP : Hazard Operability

APR : Analyse préliminaire des risques

ADD : Arbre des défaillances (arbre des causes)

ADE : Arbre des événements (arbre des conséquences)

introduction

Introduction

La Sûreté de Fonctionnement (SdF) a historiquement été appliquée dans des secteurs tels que l'aéronautique, l'aérospatiale, le nucléaire et le ferroviaire. Aujourd'hui, elle connaît un développement significatif dans divers domaines industriels stratégiques, notamment l'informatique, l'électronique et l'énergie. La SdF est une discipline qui repose sur de nombreuses méthodes et concepts mathématiques. La majorité des études menées pour quantifier les paramètres de sûreté de fonctionnement (tels que la Fiabilité, la Disponibilité, la Maintenabilité et la Sécurité) sont des analyses asymptotiques à taux constants.

Les études de sûreté de fonctionnement s'appuient sur un ensemble d'outils et de méthodes, tels que les arbres de défaillance, les arbres d'événements et les diagrammes de fiabilité. Ces outils permettent d'identifier et d'évaluer les combinaisons d'événements susceptibles de conduire à une catastrophe, tout au long des différentes phases de vie d'un système. Ils garantissent également que ce dernier accomplira ou a déjà accompli les missions pour lesquelles il a été conçu.

Ainsi, la sûreté de fonctionnement d'une chaudière devient un facteur crucial à considérer pour prévenir les incidents, limiter les arrêts de production, assurer la sécurité du personnel et optimiser les performances globales du système. L'amélioration de cette sûreté passe par une analyse rigoureuse des défaillances possibles, l'identification des points critiques, et la mise en place de dispositifs de surveillance, de maintenance préventive et de redondance technique.

La présente étude s'inscrit dans cette logique d'optimisation. Elle vise à analyser en profondeur les paramètres influant sur la sûreté de fonctionnement d'une chaudière et à proposer des améliorations techniques et organisationnelles permettant de renforcer sa fiabilité et sa sécurité. Pour ce faire, une approche méthodologique basée sur l'analyse des modes de défaillance (AMDEC), l'étude de cas pratique et l'évaluation des performances après amélioration sera adoptée.

Objectifs de cette étude consiste à Identifier les causes principales de défaillance dans le fonctionnement des chaudières, Évaluer les dispositifs actuels de sécurité et de contrôle, Proposer des solutions d'amélioration techniques, structurelles ou procédurales, et aussi Appliquer ces solutions à une étude de cas réelle.

Notre travail s'appuie sur une démarche combinant une étude bibliographique, une analyse fonctionnelle de la chaudière concernée, une application des outils de sûreté de fonctionnement (notamment l'AMDEC) ainsi qu'une évaluation comparative avant/après l'amélioration.

Nous avons divisé l'étude en trois chapitres comme suit :

Dans le premier chapitre nous introduirons quelques notions relatives à sûreté de fonctionnement des systèmes pour décrire les concepts de base et les différentes mesures de la sûreté de fonctionnement des systèmes.

Le deuxième chapitre présente une généralité sur les différentes méthodes d'analyse de la sûreté de fonctionnement.

Le troisième chapitre est Analyse dysfonctionnelles de la chaudière 1050G1.

Chapitre I :

La Sûreté de Fonctionnement

Chapitre I : La Sûreté de Fonctionnement

I.1 La Sûreté de Fonctionnement

I.1.1 Introduction

La Sûreté de Fonctionnement s'est développée principalement à cause de l'évolution des systèmes critiques industriels et se caractérise par l'analyse des défaillances et de leurs conséquences. Cela passe par une analyse exhaustive du fonctionnement du système ainsi que des exigences que le système doit vérifier.

Au cours de ce chapitre, il est fait état de l'art de la sûreté de fonctionnement ainsi que les différentes notions et méthodes en vue de traiter l'aspect de sûreté de fonctionnement des systèmes instrumentés intelligents. Dans un premier temps, différents éléments de la SdF sont présentés tels que la fiabilité avec ses différentes formes, la maintenabilité, la disponibilité et la sécurité ainsi que indicateurs définissant les différents temps de la SdF. Dans un deuxième temps, un cadre générique sur les principales méthodes d'analyse de la sûreté de fonctionnement est présenté.

I.1.2 Historique

Les problèmes de Sûreté de Fonctionnement existent depuis très longtemps, dès qu'un système a pu défaillir ou tomber en panne [1]. A partir des années 1930, l'analyse intuitive, la durée de vie et les taux de défaillance sont exploités dans plusieurs domaines tels que les systèmes mécaniques, l'électricité, le transport aérien et les grandes catastrophes [2]. Dans les années 1940-1950, la théorie de la fiabilité est née [3]. L'ingénieur s'appuiera sur l'amélioration de la qualité dans le domaine de l'aéronautique et l'électronique militaires, où les techniques de fiabilité commencèrent à se développer à travers la fiabilité prévisionnelle [1].

Dans les années 1960, le concept de maintenance fait son apparition [4]. H. A. Watson des laboratoires Bell [5] met au point la méthode dite des arbres de défauts qui permet de décrire les aléas du fonctionnement de systèmes complexes [6].

En 1962, l'Académie des Sciences accueille le mot "fiabilité" dans sa terminologie [7]. Ensuite, dans les années 1970-1980, les premiers travaux sur la fiabilité des logiciels [1] commencent et de nombreuses études sont menées dans le domaine du nucléaire.

La décennie 80 voit l'approfondissement dans plusieurs directions :

- ✓ collecte de données de fiabilité,
- ✓ mise au point de nouvelles méthodes d'analyse de la fiabilité et de la disponibilité des systèmes (par exemple les réseaux de Pétri),

- ✓ méthodes de prise en compte du facteur humain (méthode HCR : "Human Cognitive Response technique", méthode HEART: "Human Error Assessment and Reduction Technique", ...etc).

Par la suite, les techniques de sûreté de fonctionnement vont convenablement se diffuser et se prolonger dans d'autres domaines tels que la chimie, la pétrochimie, le transport ferroviaire, l'automobile, le traitement et l'épuration de l'eau et l'ensemble des grands secteurs industriels.

La finalité de tout cet effort est d'aboutir à des systèmes et des équipements sûrs et efficaces pour les fabricants afin de minimiser les temps d'arrêt et assurer une disponibilité maximale de leurs équipements.

I.1.3 Définition

La sûreté de fonctionnement, comprend de manières générales la connaissance de système, leurs évaluations, leurs prévisions, leurs mesures et leurs maîtrises. Il est nécessaire de connaître le système, les conditions d'utilisations et les risques extérieurs aussi on doit procéder à une analyse fonctionnelle de système et bien connaître sa structure. Beaucoup d'avancées sont le fruit du retour d'expérience et des rapports d'analyse d'accidents.

On déduit que les situations catastrophiques lorsqu'elles se présentent la science de défaillance permet de minimiser les conséquences [8].

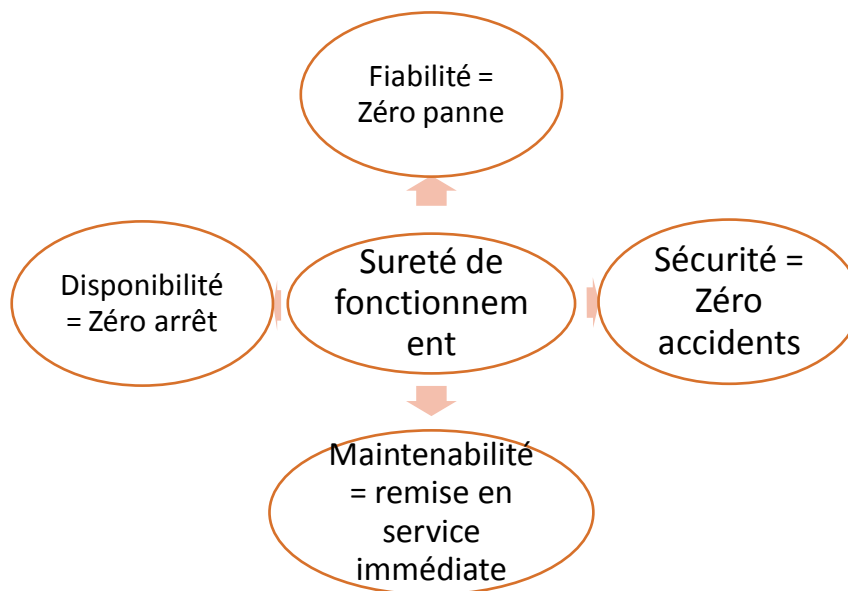


Figure I.1 : Les attribut de la sûreté de fonctionnement.

I.1.4 Le but de la sûreté de fonctionnement

L'objectif de la sûreté de fonctionnement : mesurer la qualité de service délivré par un système, de manière à ce que l'utilisateur ait en lui une confiance justifiée.

Cette confiance justifiée s'obtient à travers une analyse qualitative et quantitative des différentes propriétés du service délivré par le système, mesurée par les paramètres probabilistes associées : fiabilité, maintenabilité, disponibilité, sécurité [9].

I.1.5 Mesures de la sûreté de fonctionnement

Généralement, la sûreté de fonctionnement est considérée comme la science des défaillances est définie par les paramètres suivants :[8]

a- Disponibilité : Il s'agit de la capacité d'un système à accomplir ses fonctions avec toutes les compétences nécessaires et dans un intervalle de temps donné.

b- Fiabilité : La fiabilité est l'aptitude d'un dispositif à accomplir une fonction requise dans des conditions données pendant une durée donnée.

c- Sécurité : Grace à la sécurité qui joue un rôle important dans l'évitement des dégâts et la prévention des événements critiques ou catastrophiques

d- Maintenabilité : C'est de pouvoir effectuer des actions de maintenance, dans des conditions données avec des procédures et des moyens prescrits

D'autres attributs de sureté de fonctionnement ont été identifiés comme par exemple :

La testabilité : le degré d'un composant ou d'un système à fournir des informations sur son état et ses performances.

La diagnosticabilité : capacité d'un système à exhiber des symptômes pour des situations d'erreur.

La serviabilité : capacité d'un système à continuer sa mission après perturbation humaine ou environnementale.

I.1.6 Quelques lois usuelles

Nous présentons dans cette section quelques distributions de vie qui interviennent le plus fréquemment dans l'analyse de la fiabilité. Nous énoncerons les principales propriétés de ces lois [10], les fonctions de survie (Fiabilité) associées ainsi que les taux de défaillance.

I.1.6.1 Loi exponentielle

Cette loi a de nombreuses applications dans plusieurs domaines. C'est une loi simple, très utilisée en fiabilité dont le taux de défaillance est constant. Elle décrit la vie des matériels qui subissent des défaillances brutales.

La densité de probabilité :

$$R(x) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (\text{I.1})$$

I.1.6.2 La loi de Weibull

La plus populaire des lois, souvent utilisée aussi bien en mécanique ; elle caractérise mieux le comportement du produit dans les trois phases de vie : période de jeunesse ($\beta < 1$), période de vie utile ($\beta < 1$) et période d'usure ou vieillissement ($\beta > 1$).

La fonction de survie d'une loi de Weibull de paramètres η et β est :

$$R(x) = e^{-\left(\frac{x}{\eta}\right)^\beta} \quad (I.2)$$

La densité de probabilité :

$$1. f(x) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{x}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{x}{\eta}\right)^\beta} \quad (I.3)$$

Taux de défaillance :

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} \quad (I.4)$$

I.1.6.3 Loi gamma

La loi Gamma est une loi de probabilité de densité de paramètre $\lambda > 0$, $s > 0$, Elle est notée $\Gamma(s, \lambda)$.

$$f(t) = \frac{\lambda^s}{\Gamma(s)} (\lambda t)^{s-1} e^{-\lambda t} \quad (I.5)$$

λ : est le taux ou débit de réponse

s : est le nombre de réponses qu'on attend

Le temps d'attente moyen sera donc de :

$$\mu = s \times \frac{1}{\lambda} \quad (\text{Unités de temps}) \quad (I.6)$$

Comme nous l'avons fait pour les modèles poissoniens, nous pouvons construire un modèle du débit de réponse à partir d'une ou de plusieurs variables indépendantes.

La moyenne d'un Gamma s'écrit : $\mu = \frac{s}{\lambda}$

On peut définir un modèle de régression inverse :

$$\mu = \frac{s}{\lambda} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_p X_p \quad (I.7)$$

On peut aussi s'écrire :

$$\mu = \frac{s}{\lambda} = \frac{s}{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_p} \quad (I.8)$$

Régression Gamma (lien log), Nous pouvons aussi observer que si $\mu =$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{\beta_0}{s} + \frac{\beta_1}{s} x_1 + \dots + \frac{\beta_p}{s} x_p = \beta_0 * + \beta_1 * x_1 + \dots + \beta_p * \quad (I.9)$$

, alors :

$$\ln \mu = \ln s - \ln \lambda \quad (\text{I.10})$$

Si nous pensons que l'effet des variables sur le temps d'attente est non plus additif mais multiplicatif (effet d'apprentissage ou d'accumulation) :

$$\lambda = e^{\beta_0} e^{\beta_1 X_1} e^{\beta_2 X_2} \dots e^{\beta_p X_p} = e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_p X_p} \quad (\text{I.11})$$

Alors on a un modèle log linéaire [11] :

$$\ln \mu = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_p X_p \quad (\text{I.12})$$

I.1.6.4 Loi Normale

La loi normale est très répandue parmi les lois de probabilité car elle s'applique à de nombreux phénomènes.

La fonction de densité est définie par la moyenne μ et l'écart type σ :

La fonction de répartition est donnée par:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} + \sum_{-\infty}^x e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} dx \quad (\text{I.13})$$

La fonction de densité est :

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} + \sum_{-\infty}^x e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (\text{I.14})$$

I.1.6.5 Loi uniforme

La loi uniforme est souvent utilisée en fiabilité pour les essais bayésiens en l'absence de connaissances pour construire l'information a priori. Cette loi peut prendre toute valeur dans un intervalle (a, b) avec une densité de probabilité constante.

La fonction de répartition:

$$f(t) = \frac{t-a}{b-a} \quad (\text{I.15})$$

La fonction de densité:

$$f(t) = \frac{1}{b-a} \quad (\text{I.16})$$

I.2 Méthodes d'analyse de la SdF

I.2.1 Introduction

La Sûreté de Fonctionnement (SdF) est une discipline qui s'appuie sur un support méthodologique applicable aux systèmes technologiques tout au long de leur cycle de vie:

- Expression du besoin, conception, industrialisation, production, utilisation,
- Diffusion, maintenance, voire même retrait de service.

Ces démarches bénéficient du support de méthodologies rigoureuses et d'outils pratiques et puissants. Les méthodes de la sûreté de fonctionnement ont toutes au moins trois points communs, qui peuvent être résumés en trois types d'action :

- Identifier les processus pouvant affecter la fiabilité, la disponibilité, la maintenabilité ou la sécurité,
- Modéliser ces différents processus afin de faciliter la compréhension des mécanismes mis en jeu,
- Valoriser les résultats des analyses en utilisant les modèles obtenus pour apprécier le niveau de sûreté de fonctionnement du système étudié, en relever les éventuelles insuffisances par rapport aux objectifs de performances [12].

I.2.2 Définition

La sûreté de fonctionnement est souvent appelée la science des défaillances ; elle inclut leur connaissance, leur évaluation, leur prévision, leur mesure et leur maîtrise. Il s'agit d'un domaine transverse qui nécessite une connaissance globale du système comme les conditions d'utilisation, les risques extérieurs, les architectures fonctionnelle et matérielle, la structure et fatigue des matériaux. Beaucoup d'avancées sont le fruit du retour d'expérience et des rapports d'analyse d'accidents [13].

I.2.3 Principales méthodes

Des processus d'études des systèmes réels permettent de produire un modèle abstrait du système relatif à une caractéristique de sûreté de fonctionnement grâce à une analyse prévisionnelle. Les éléments de ce modèle ont une grande probabilité de se produire dans l'environnement de système, on prend par exemple :

- ✓ des défaillances et des pannes des composants du système,
- ✓ des événements liés à l'environnement,
- ✓ des erreurs humaines en phase d'exploitation.

Plusieurs méthodes d'analyse ont été mises au point et qui sont le fruit de pouvoir représenter toutes les pannes et les défaillances des composants du système.

I.2.3.1 Analyse Préliminaire des Dangers (APD)

L'analyse préliminaire des dangers, parfois appelée aussi analyse préliminaire des risques (APR) est une méthode d'identification et d'évaluation des risques au stade initial de la conception d'un système. Elle peut être aussi utilisée avec profit pendant toute la durée de vie de ce dernier. L'APR a été développée aux Etats-Unis au début des années 1960 dans les domaines aéronautique et militaire.

Après plusieurs rappels terminologiques et conceptuels sur les risques, cet ouvrage présente les principes et méthodes de l'APR permettant de construire la cartographie des situations dangereuses, d'élaborer les cartographies des risques, d'évaluer les rapports bénéfice/ risques et de réaliser les allocations préliminaires de sécurité.

Enfin, des exemples d'applications et de mises en oeuvre sont présentés dans le secteur industriel et dans le domaine de la santé [14].

❖ **Principe :**

L'APR nécessite dans un premier temps d'identifier les éléments dangereux de l'installation.

Ces éléments dangereux désignent le plus souvent

- des substances ou préparations dangereuses, que ce soit sous forme de matières premières, de produits finis, d'utilités...
- des équipements dangereux comme par exemple des stockages, zones de réception/expédition, réacteurs, fournitures d'utilités (chaudière...)
- des opérations dangereuses associées au procédé.

L'identification de ces éléments dangereux est fonction du type d'installation étudiée, et se fonde sur la description fonctionnelle réalisée avant la mise en oeuvre de la méthode [15].

❖ **Objectifs :**

La méthode du L'APD a pour objectifs :

- de forcer le projet à pratiquer une décomposition fonctionnelle de base, de tout le concept de l'instrument, y compris les softs, pendant la phase de design.
- l'identification des erreurs et des non-conformités de design en comparaison aux spécifications d'origine.
- l'identification très tôt dans le déroulement du projet, des modes de pannes possibles et en particulier des pannes à effet catastrophique sur le système, ces dernières sont traitées en priorité.
- l'apport de modifications pour réduire le nombre d'éléments critiques et, plus généralement, pour réduire les risques de pannes [16].

I.2.3.2 Analyse des Modes de Défaillances et de leurs Effets et de leurs Criticité (AMDEC)

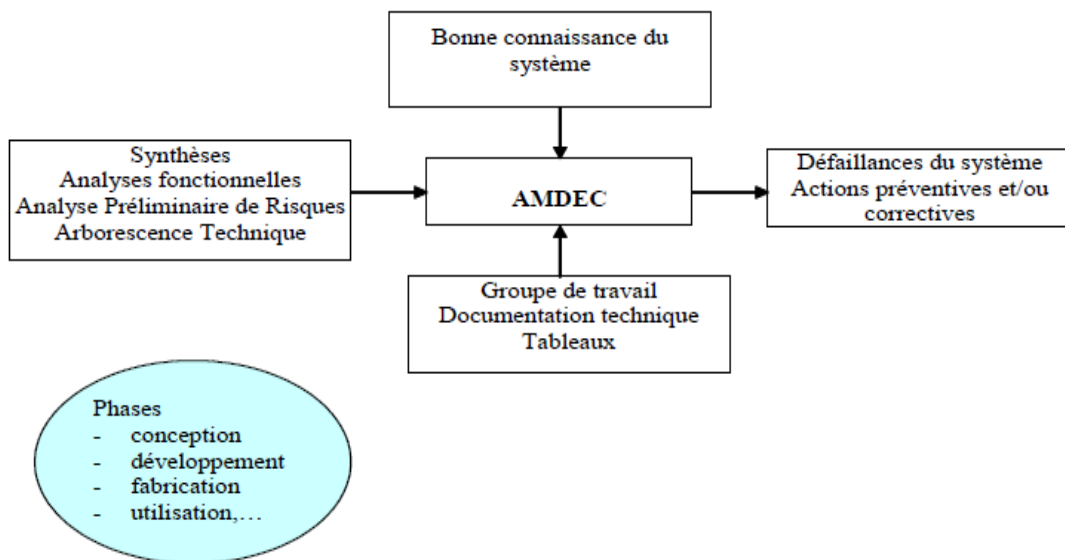


Figure I.2 Schéma descriptif sur la démarche AMDEC

L'AMDEC est tellement connue et utilisée qu'elle est devenue un symbole virtuel de la sûreté de fonctionnement. Identifiez les problèmes auxquels vous êtes confrontés en raison des défaillances du système interne faisant l'objet d'une enquête [8].

a- La démarche AMDEC

- ✓ Préparation et constitution des groupes de travail.
- ✓ Analyse fonctionnelle et Préparation de l'étude de défaillance
- ✓ Identifier les erreurs potentielles
- ✓ Valorisation des défaillances potentielles et Etude de la criticité
- ✓ Identifier les précautions à prendre

b- Evaluation de criticité

On évalue la criticité, parfois appelée IPR (Indice de Priorité du Risque), par le produit:

C (criticité) = gravité X probabilité d'occurrence. Plus la criticité est élevée, plus le mode de défaillance est critique. Lorsque les indices sont notés sur 10. Il est également possible d'évaluer la criticité de manière simplifiée à partir d'une matrice de criticité [8].

I.2.3.3 Méthode du Diagramme de Succès ou de Fiabilité (MDS ou MDF)

Diagramme de succès ou encore appelé de fiabilité mène à une modélisation fonctionnelle d'un système, L'évaluation de la fiabilité du système est déduite de cette modélisation fonctionnelle. En considérant que les fonctions globales de ce système résultent d'une mise en série ou en parallèle de fonctions élémentaires. Les diagrammes sont constitués d'une entrée

d'un corps diagrammatique composé d'une entrée et d'une sortie. On constate que lorsque le système fonctionne et qu'un signal est émis en entrée(E) et est transmis par les arcs jusqu'à la sortie (S). La défaillance d'une entité entraînera l'arrêt du signal au niveau du bloc qui lui est associé [8].

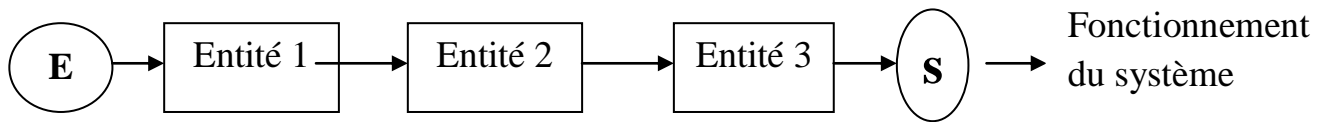


Figure I.3 Exemple de diagramme de fiabilité en série

Ce diagramme montre une représentation statique du fonctionnement du système. Cette étude consiste à rechercher une combinaison d'erreurs dans l'entité sous-jacente pouvant entraîner une défaillance du système.

a- Les règles de transmission du signal :

- ✓ en série : toutes les entités doivent fonctionner pour que le signal passe.
- ✓ en parallèle : il suffit qu'une entité fonctionne pour que le signal passe.

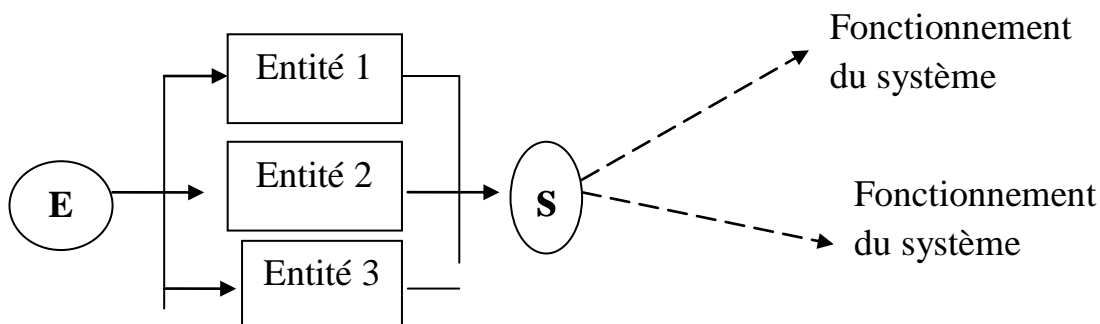


Figure I.4 Exemple de diagramme de fiabilité en parallèle

I.2.3.4 Méthode de la Table de Vérité (MTV)

Une table de vérité est un tableau qui représente des entrées (en colonne) et des états binaire (0/1, faux/vrai, éteint/allumé, etc.). Une sortie, également représentée sous forme de colonne, est la résultante des états d'entrée, elle-même exprimée sous forme d'état binaire.

❖ **Exemple table de vérité**

C1	C2	Succés	Etats
1	1	1	E1
1	0	1	E2
0	1	1	E3
0	0	0	E4

}

Marche

}

Panne

Cette table de vérité montre que le système a quatre états. Il existe trois états opérationnels (E1, E2 et E3) et un état de panne. Si l'un des deux composants tombe en panne, le système ne tombera pas en panne. Seuls les dysfonctionnements de deux composants provoquent des dysfonctionnements du système. Les tables de vérité sont adaptées pour représenter le comportement binaire d'un système décomposable en éléments indépendants d'un point de vue opérationnel [8].

I.2.3.5 Méthode de l'Arbre des Causes (MAC)

Méthode d'analyse utilisée dans le domaine des risques professionnels pour identifier a posteriori les différents facteurs ayant pu provoquer un accident du travail .La méthode de l'arbre des causes a été inventée par l'INRS (Institut National de Recherche et de Santé) pour "identifier les axes de prévention et comprendre quelles sont les causes potentiellement multiples qui ont conduit à la survenue d'accidents du travail [8].

a- Démarche arbre des causes

Pour bien réaliser un arbre de causes l'INRS donne plusieurs principes fondamentaux :

- Efforcez-vous d'avoir une compréhension complète et objective de ce qui s'est passé et, surtout, évitez de demander plus d'une responsabilité.
- Mettez l'accent sur les faits, et non sur les interprétations ou les jugements. - Considérez les faits le plus tôt possible avant l'accident.
- Simplifier les situations d'accident. Les parties impliquées, les tâches effectuées, l'équipement utilisé et l'environnement dans lequel l'événement s'est produit [17].
- Créer un arbre pour identifier l'axe préventif.

b- L'arbre des causes pour un accident de travail : C'est aussi un outil pédagogique de sensibilisation et de formation à la sécurité des salariés de l'entreprise. Les élus du CSE ou du CSSCT peuvent également être formés de cette façon dans le cadre de la formation obligatoire pour faciliter l'utilisation de cette méthode.

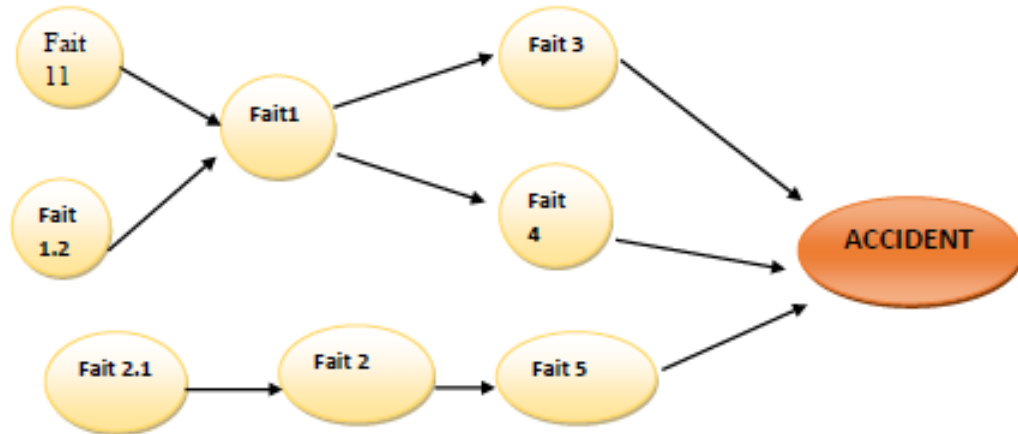


Figure I.5 Exemple d'arbre de cause

I.2.3.6 Méthode des Combinaisons de Pannes Résumées (MCPR)

La méthode des combinaisons de pannes résumées est justement une méthode permettant de déterminer de manière inductive de telles combinaisons de défaillances, débutant par l'AMDE et se poursuivant par le regroupement des pannes et de leurs combinaisons jusqu' à l'obtention de tous les fonctionnements anormaux des systèmes à analyser; elle se présente ainsi comme une extension et une généralisation de l'AMDE.

La MCPR, est une méthode purement inductive, analyse en premier lieu les effets des modes de défaillances des composants puis étudie les combinaisons de ces modes de défaillances afin de définir des ensembles de pannes correspondant à des fonctionnements anormaux ou à des événements indésirables pour les systèmes à analyse [18].

❖ Principe :

Le principe de cette méthode est le regroupement des pannes ayant les mêmes effets et les critères de sélection des combinaisons des pannes [19].

❖ Objectif :

La méthode des Combinaison de Panne Résumée permet de mettre en évidence les combinaisons de défaillance conduisant à des événements indésirables ainsi que de regrouper les pannes ayant les mêmes effets et de tenir compte des systèmes élémentaires. En plus faciliter de construire d'un Arbre des Causes dans le but d'aborder l'aspect quantitatif manquant à cette méthode.

I.2.3.7 Méthode de l'Arbre des Conséquences (MACQ)

Le but est d'expliquer le scénario de l'accident dès l'événement de départ. Cette méthode convient lorsque le comportement du système étudié est approximativement chronologique mais discret. Le comportement du système est certifié "discret" dans le sens où les

événements considérés sont temporellement spécifiques. Cette méthode permet de comparer l'efficacité de diverses mesures de prévention ou de protection visant à réduire l'impact des événements initiaux [8].

a- Le déroulement d'arbre de conséquence:

- ✓ Identifier l'événement initiateur
- ✓ Identifier les mécanismes de prévention,
- ✓ Construire l'arbre, de la gauche (événement initiateur) vers la droite (conséquences) en enchaînant les mécanismes de prévention représentés par des branches : branche supérieure pour le succès, branche inférieure pour l'échec. L'objectif en termes de finesse du niveau de conséquences
- ✓ Estimer les probabilités de chaque conséquence par combinaison des probabilités .
- ✓ Hiérarchiser les conséquences par probabilités.

b- Exemple d'un tuyau de gaz arraché

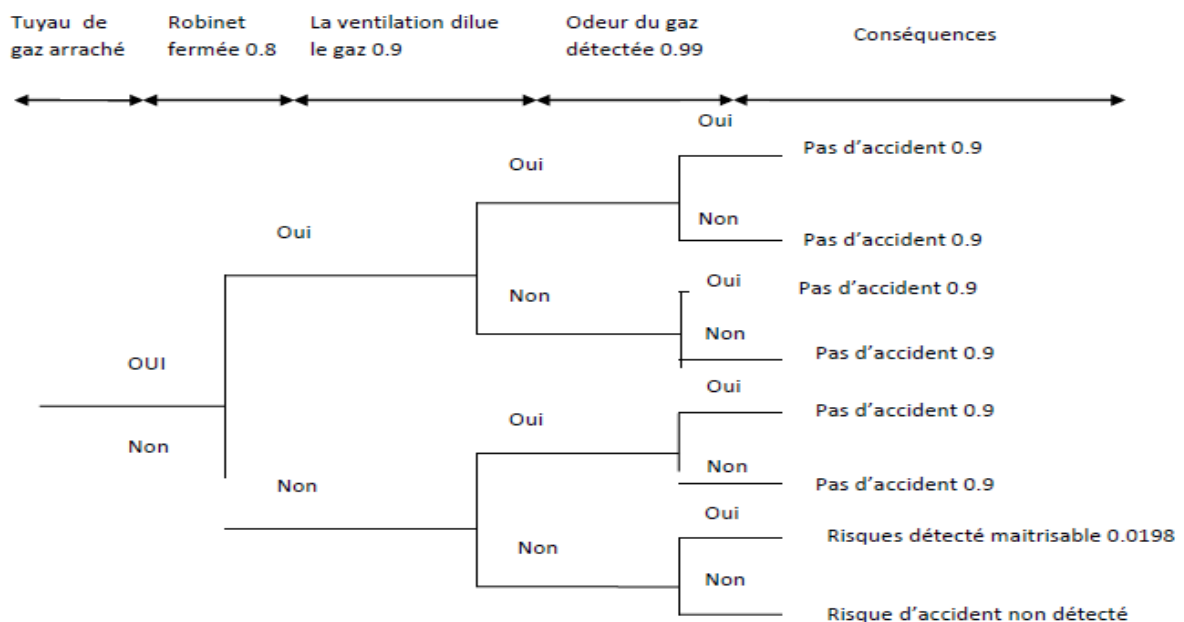


Figure I.6 Arbre d'événement quantifié d'un tuyau de gaz arraché

I.2.3.8 Méthode du Diagramme Causes-Conséquences (MDCC)

C'est une représentation graphique des liaisons logiques entre les causes et les conséquences d'un scénario d'accident [21]. La probabilité d'occurrence de chacune des conséquences peut être évaluée.

Le diagramme causes conséquences est formé de deux parties :

- le diagramme des conséquences dont on peut déduire de manière directe un arbre d'événements équivalent,

- les diagrammes de causes qui sont les arbres des défauts explicitant la défaillance des diverses branches du diagramme des conséquences précédent,

❖ **Principe :**

La méthode du diagramme causes-conséquences combine les principes utilisés par la MAC et la MACQ [22]. Les principes de l'élaboration de ce diagramme sont les suivantes :

- sélection d'un événement initiateur, événement critique ou redouté ;
- recherche des causes de l'événement initiateur(MAC) ;
- recherche des conséquences de l'événement initiateur(MACQ) ;
- diagramme causes-conséquences ou diagramme de noeud papillon ;

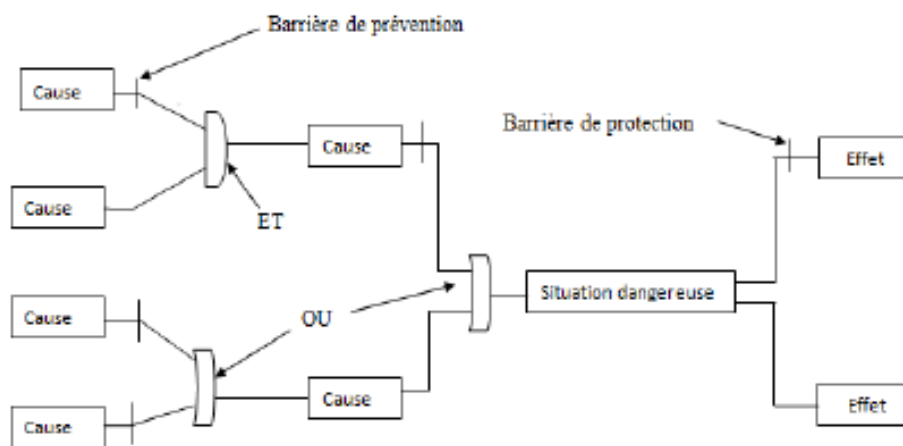


Figure I.7 Diagramme « causes-conséquences » d'une situation dangereuse.

❖ **Objectif :**

La méthode du Diagramme Causes-Conséquences a pour objectif de décrire les scénarios d'accident à partir d'événements initiateurs [23].

I.2.3.9 Méthode de l'Espace des Etats (MEE)

La Méthode de l'espace des états permet quant à elle de tenir compte de l'évolution temporelle des composants. De ce fait, elle est par excellence dédiée aux systèmes à composants réparables. Elle possède des états de fonctionnements capables d'identifier les états où la fonction du système est réalisée, des composants du système pouvant être en panne, et des états de pannes capables d'identifier les états où la fonction du système n'est plus réalisée, un ou plusieurs composants du système étant en panne [24].

❖ **Principe :**

Pour calculer la fiabilité ou la disponibilité d'un système dont les taux de hasard λ_{ij} (défaillance, réparation, ou défaillance à la sollicitation) ne dépendent que de l'état où il se trouve, indépendamment du passé, il faut :

Recenser et identifier les n états E_i (opérationnels ou non) occupés par le système au cours de son évolution dans le temps.

- Tracer le graphe sagittal des transitions possibles entre états, exclusifs les uns des autres.
- Affecter les taux de hasard λ_{ij} convenant à celles-ci, et écrire la matrice H des taux associés au graphe du problème posé (fiabilité ou disponibilité).
- Calculer les probabilités instantanées du vecteur d'état, en intégrant le système différentiel [25].

❖ **Objectif :**

La Méthode de l'Espace d'Etat (MEE) a été développée pour l'analyse de sûreté de fonctionnement de système réparable.

I.2.3.9 Arbres de Défaillance (AdD).

L'arbre de défaillance est une représentation graphique de type arbre généalogique. Il représente une démarche d'analyse d'événement. L'arbre de défaillance est construit en recherchant l'ensemble des événements élémentaires, ou les combinaisons d'événements, qui conduisent à un **Evénement Redouté (ER)**. L'analyse par arbre de défaillances est une méthode de type déductif. Elle permet de remonter de causes en causes jusqu'aux événements de base susceptibles d'être à l'origine de l'événement redouté [26].

Ainsi, l'analyse par arbre des défaillances permet d'identifier les successions et les combinaisons d'événements qui conduisent des événements de base jusqu'à l'événement indésirable retenu. Les liens entre les différents événements identifiés sont réalisés grâce à des portes logiques (de type « ET » et « OU » par exemple). Cette méthode utilise une symbolique graphique particulière qui permet de présenter les résultats dans une structure arborescente. A l'aide de régies mathématiques et statistiques, il est alors théoriquement possible d'évaluer la probabilité d'occurrence de l'événement final à partir des probabilités des événements de base identifiés [27]. L'analyse par arbre des défaillances d'un événement redouté peut se décomposer en trois étapes successives :

- Définition de l'événement redouté (ER) étudié.
- Elaboration de l'arbre.
- Exploitation de l'arbre.

Il existe d'autre type d'événements définis par la norme; leurs symboles ainsi que leurs significations sont répertoriés dans le tableau I.1 :

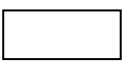




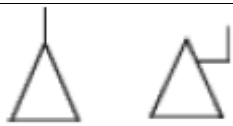

Symbole	Nom	Signification
	Rectangle	Événement redouté ou événement intermédiaire
	Cercle	Événement intermédiaire
	Losange	Événement élémentaire non développé
	Double losange	Événement élémentaire dont le développement est à faire ultérieurement
	Maison	Événement de base survenant normalement pour le fonctionnement du système

Tableau I.1 Symboles des événements.

Il existe pour les arbres de défaillances une symbolique normalisée qui permet de faire référence à des parties de l'arbre qui se répète de manière identique ou de manière semblable pour éviter de les redéfinir, le tableau 2.2 montre ces symboles avec leurs significations :

Symbole	Nom	Signification
	Triangle	La partie de l'arbre qui suit le premier symbole se retrouve identique , sans être répétée, à l'endroit indiqué par le second symbole.
	Triangle inversé	La partie de l'arbre qui suit le premier symbole se retrouve semblable mais non identique à l'endroit indiqué par le second symbole.

Conclusion :

Dans ce premier chapitre, nous avons également présenté des notions de sûreté de fonctionnement en définissant la disponibilité, la maintenabilité et la fiabilité, ainsi que les éléments de bases pour le calcul de la fiabilité d'un système mécanique, électronique, . . . et d'analyse leur mécanisme de défaillance, Nous présenterons dans la suite un état de l'art exhaustif des méthodes utilisées pour l'évaluation de la fiabilité des systèmes mécatroniques, en mettant en évidence les principales difficultés de ces études.

L'étude de la sûreté de fonctionnement traversez à partir des plusieurs méthodes d'analyses sont faciles à mettre en place, ces outils décrivent et analyse les mécanismes qui conduisent aux incidents et défaillances des systèmes et propose et évalue les solutions à mettre en œuvre pour parer ces problèmes.

Chapitre II :
Présentation de la chaudière
1050G1 de la raffinerie de
Skikda

Chapitre II : Présentation de la chaudière 1050G1 de la raffinerie de Skikda

L'activité de raffinage du pétrole est l'une des principales activités du groupe Sonatrach. La raffinerie de Skikda est la plus grande raffinerie en Afrique avec un traitement de 18,5 millions de tonnes par an, ce qui montre sa grande importance sur les marchés nationaux ou internationaux, Dans ce chapitre, nous présenterons le complexe **RA1K** avec leurs unités Avec une petite description détaillée de la centrale thermoélectrique, lieu de notre stage, ainsi que de notre système d'étude « chaudière **1050-G1** »

II.1 présentation du complexe RA1K

II.1.1 Description du complexe

La raffinerie de Skikda RA1/K est un complexe de traitement du pétrole brut localisé au niveau de la zone industrielle de Skikda qui a été construite en Janvier 1976. Elle est spécialisée dans la production des aromatiques pour les besoins de la pétrochimiques, des bitumes et des GPL (propane, butane) et des carburants. A pour mission de Raffiner le pétrole brut provenant de Hassi-Messaoud « B.H.M », et le brut « Mélange d'Arzew » avec une capacité annuelle actuellement de 18.5 millions de tonnes ainsi que de Traiter du brut réduit importé avec une capacité annuelle actuellement de 275 000 T/M. pour produire des bitumes routiers et oxydés [28] .

II.1.2 Situations géographique

RA1K est implantée dans la zone industrielle à 7 km à l'est de Skikda et à 2km de la mer, (**Figure II.1**) elle est aménagée sur une superficie de 235 hectare, elle est alimentée en brut Algérien par l'unité de transport RTE de Skikda (c'est une station intermédiaire de Hassi-Messaoud) Le transport de pétrole brut est réalisé à l'aide d'un pipe-line à une distance de champs Pétroliers jusqu'au complexe de 760km. [28]

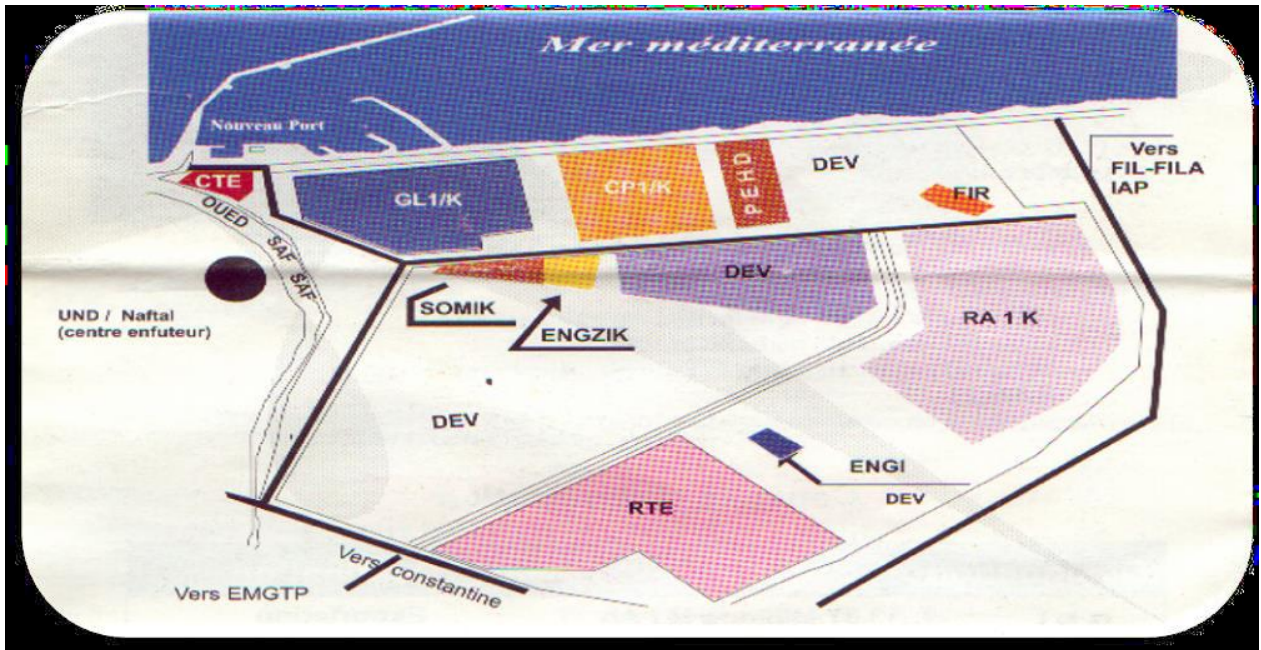


Figure II.1 Situation géographique de RA1K

II.1.3 Organigramme de RA1K

La structure hiérarchique de la gestion de la raffinerie de Skikda prévoit à son sommet, un Directeur du quel dépend cinq services, techniques de ligne, plus deux services comme le montre l'organigramme suivant (figure II.2) :

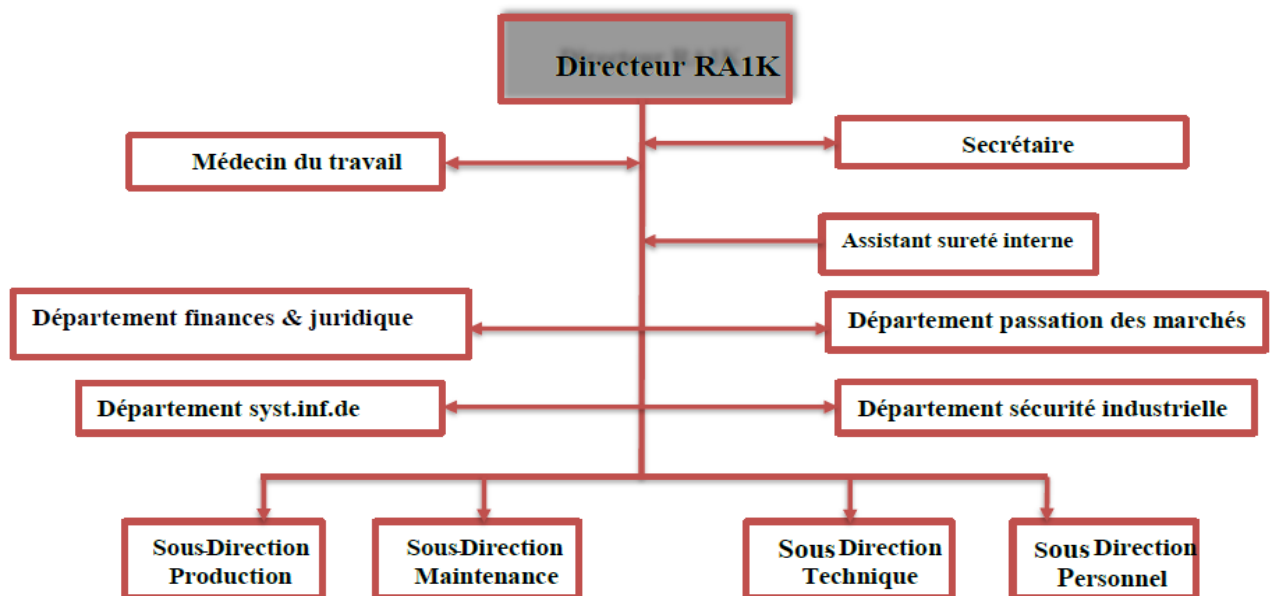


Figure II.2 Organigramme RA1K

II.1.4 Description générale des unités de la RA1K

LE complexe de **RA1K** se compose de :

- Deux unités de distillation atmosphérique (**U.10/11**) « TOPPING »
- Trois unités de séparation de **GPL** (U.30/31/104)
- Unité **100** : reforming catalytique (MAGNAFORMING)
- Deux unités de reforming catalytique (**U 101 /103**) « PLATFORMING »
- Deux unités d'aromatiques **U200** « Extraction des aromatiques » et **U.400** « Séparation des aromatiques et cristallisation du paraxylène »
- Unité de production des bitumes (**U70**) « distillation sous vide »
- Deux centrales thermoélectrique « UTILITE 1» et « UTILITE 2 »
- Deux unités d'isomérisation « ISOM 1 U. (**700,701**) » & « ISOM 2 U. (**702,703**)
- Unité de purification de l'hydrogène « **U 900** »
- Unité d'isomérisation des xylènes « **U.500** ».
- Deux unités de traitement des effluents « l'ancienne et la nouvelle station d'épuration»
- Des utilités (eau, vapeur, électricité, air, azote...)
- Parc de stockage

II.1.4.1. Les unités 10 /11 (TOPPIN)

Les unités **10** et **11** Connus sous le nom du topping ou la distillation atmosphérique a pour but de fractionner le brut en différentes coupes stabilisées pouvant être utilisées pour l'obtention de produit fins (naphta, Gas-oil, jet...) Ou devant alimenter d'autre unités situées en aval (Magnaforming, Platforming, Gaz plant) elles traitent le brut de Hassi-Messaoud avec une capacité Indépendantes de **8 291 248 T/AN** chacune (**U 10/11**) [1]

II.1.4.2 Unités 100 et 103 (Magnaforming et Platforming)

L'unité **100** et **103** ont pour but de transformer le naphta moyenne et lourde (naphta B et naphta C) provenant du topping en un produit (reformat) afin d'augmenter l'indice d'octane de **45** à **99** et permet ainsi d'utiliser le reformat obtenu pour la fabrication des essences et du **GPL** qui seront acheminés vers les réservoirs de stockage.

II.1.4.3 Unité 200 (extraction des aromatiques)

L'installation d'extraction des aromatiques a été projeté extraire de l'essence réforme des aromatiques qui seront fractionnées par la suite en benzène et toluène très pure. la charge est constituée par la coupe de reformat léger provenant directement ou à travers un réservoir de la colonne **C5** splitter du Reformat de l'unité **100**.

II.1.4.4 Unité 400 (Séparation des aromatiques et cristallisation du paraxylène)

Cette unité est destinée à séparer le paraxylène des autres xylènes ortho, méta et para par le procédé de cristallisation, le paraxylène est vendu comme tel dans le marché extérieur alors que le reste de la charge est utilisé dans la composition de l'essence voiture.

II.1.4.5 Unité 70 (production de Bitume)

L'unité a été conçue pour traiter **275 000 t/an** de brut réduit importé (BRI) pour produire du bitume oxydé utilisé dans l'étanchéité, et le bitume routier.

II.1.4.6 Les unités 30-31-104 (séparation et traitement des gaz)

Ces unités sont destinées à traiter les gaz liquides venant des unités topping et reformings dans l'ordre suivant :

- ✓ **Unité 30** : traite le gaz liquide qui vient de l'unité **100** en particulier ceux de tête de la colonne **C7** ou les **GPL** sont séparés du pentane
- ✓ **Unité 31** : reçoit les gaz parvenant de la tête des colonnes de stabilisation de l'essence des deux unités de topping.
- ✓ **Unité 104** : elle a été conçue dernièrement avec la nouvelle unité de Platforming **103** afin de traiter le **GPL** venant de cette unité.

II.1.4.7 Deux centrales thermoélectriques (CTE1 et CTE2)

La centrale thermique électrique et utilité est conçue pour la production, le conditionnement et la distribution au sein de la raffinerie l'énergie ainsi que les utilités suivantes :

- Air comprimé ; Vapeur basse, moyenne et haute pression ; L'eau de refroidissement, eau déminéralisée et anti-incendie ; Azote (gaz inerte) ; Fuel gaz et gaz naturel ; Électricité ;
- La vapeur produite dans les grandes chaudières à partir des condensats qui proviennent des circuits vapeur dans l'unité de production

II.1.4.8 Deux unités de traitement des effluents

A pour but le traitement des effluents. Dans cette unité toutes les eaux de procédé, pluviales et sanitaires sont récupérées puis traitées chimiquement et biologiquement avant d'être évacuées vers l'extérieur après analyse au laboratoire.

II.1.4.9 Les unités 700 et 702

L'objet des unités 700,702 c'est l'hydrotraitement du Naphta Léger est de produire des charges d'alimentation hydro traitées propres pour alimenter les unités 701, 703 (respectivement) d'isomérisation.

II.1.4.10 Les unités 701 et 703

L'objectif de ce procédé est d'améliorer l'indice d'octane de recherche et de moteur de l'alimentation du naphta léger (principalement C5/C6) avant de mélanger dans le tuyau mélangeur d'essence (gazoline pool)

II.1.4.11 Unité 900 (Purification d'hydrogène)

Cette unité est conçue pour produire de l'hydrogène de haute pureté pour l'unité 500 et les unités 700, 701, 702, 703.

II.1.4.12 Unité 500 (d'isomérisation des xylènes)

L'alimentation à l'Unité d'isomérisation est le produit de filtrats de l'Unité de Récupération du Paraxylène (Unité 400), qui se compose des xylènes mixtes (le mélange de méta-ortho et paraxylènes), D'éthyle-benzène et de petite quantité de C8/C9 non-aromatiques.

II.1.4.13. Un parc de stockage

La raffinerie de Skikda dispose d'un parc de stockage constitué des réservoirs appelés bacs de stockage totalisant un volume d'environ de 2500000 m³ répartie en trois zones gérées à partir des salles de contrôle qui sont zone nord, zone sud et zone est.

II.2 Organisation générale du département HSE

Tous les moyens de sécurité ont été placés sous la responsabilité du chef de département ce dernier qui lui-même les en place sous la responsabilité de la direction dans le but d'éliminer au maximum les risques successibles de mettre en danger la sécurité des personnes, des biens matériels et de l'environnement

Le département de sécurité repose sur trois services présentés dans l'organigramme ci-dessous (Figure II.3) :



Figure II.3. Organigramme général du département HSE

II.3. Description plus détaillée de la centrale thermoélectrique (CTE)

dans le circuit puis refroidies à l'aide d'une batterie d'aéro-réfrigérant et enfin renvoyée vers les différentes unités aux moyens des pompes.

L'unité est prévue pour refroidir et traiter chimiquement l'eau douce qui est utilisé sur un circuit fermé pour le refroidissement sur les échangeurs thermiques et sur les appareillages [29].

II.3.2 Section de production de l'azote

L'azote est produit de l'air atmosphérique ce dernier est aspiré puis comprimé à 7,7 bar par des Compresseurs (généralement avec des compresseurs à membrane) .

II.3.3 Section 1060 « La récupération et le traitement du condensât »

Étant donné qu'une bonne partie de condensation à moyenne pression est récupérée dans la CTE. Dans un réservoir de flash, ventilé sur le réseau à basse pression .

II.3.4 Section 1080 « La production de l'air sec et l'air instrument »

Le système d'air comprimé a été projeté dans le but de fournir, à toutes les unités de l'établissement, l'air nécessaire pour les instruments et les services .

L'air atmosphérique est aspiré à travers deux (02) filtres puis comprimé par deux (02) Compresseurs.

Une partie de cet air filtré et comprimé est envoyée vers les différentes unités de production et l'autre partie subit un séchage à travers un lit d'alumine peut être utilisé dans le système de régulation pneumatique dans les différentes unités de production [29].

II.3.5 Section 1010 « Eau déminéralisée »

L'unité dessalée provenant des B.L de la raffinerie de Skikda est recueillie dans le réservoir atmosphérique de stockage 1010-S-1 dont la capacité est de 1500 m³.

II.3.6 Section 1030 « Le stockage et le pompage de l'eau de barrage ou de l'eau potable »

Le système de l'eau brute a été projeté pour fournir de l'eau brute au réseau réfrigérant et de l'eau au système de potabilisation et par conséquent au réseau de l'eau potable.

II.3.7 Section 1040 « Le stockage et le pompage de l'eau anti-incendie »

Le système d'eau anti-incendie a été projeté dans le but de fournir à toutes les zones de l'établissement l'eau nécessaire pour intervenir en cas d'incendie.

II.3.8 Section 1070 « Système fuel-gaz »

Le système du gaz combustible a été projeté pour être fourni à la C.T.E et aux fours installés dans chaque installation de processing.

II.3.9 Section 1090 « Réseau de torche (Blow down) »

Le système Blow down et torches a été projeté pour recueillir les déchargements provenant des soupapes de sécurité, La partie gaz est ensuite envoyée à la torche et la partie liquide est pompée au Slop.

II.3.10 Section 1100 « Récupération des hydrocarbures »

Le procédé utilisé pour l'épuration, consiste en une série d'opérations, effectuées en séquence appropriées sur des courants déterminés ou sur les courants combinés, ayant les buts suivants :

- Neutralisation du pH.
- Élimination des polluants dissous.
- Séparation des substances en suspension.

II.3.11 Section 1050 Production de vapeur et d'électricité

L'unité 1050 dispose de quatre générateurs de vapeur avec tube à rideau d'eau fonctionnant au fuel-gaz : G1, G2, G3 et G4. Généralement, tous les générateurs de vapeur sont en service dans le fonctionnement normal, les trois générateurs restants se propagent à la demande maximale de vapeur. Notre étude portait sur le générateur de vapeur 1050-G-1 qu'on va le présenté dans la partie qu'il va sui Cette unité fournit :

1- l'eau dégazée, nécessaire à la raffinerie et à la production de la vapeur, grâce aux dégazeurs 1050-V-1A/B, aux pompes d'alimentation 1050 - P -1 A/B/C/D et aux pompes d'alimentation moyenne pression 1050-P-7A/B, aux pompes de désurchauffe des stations de réduction HP/MP et MP/ LP et aux pompes 1050MP7A et 1050TP7 alimentant les chaudières des unités 100 et 200.

2- l'énergie électrique pour les usages essentiels de la raffinerie, produite par les turboalternateurs 1050- TA-1, 2 et 3.

3- la vapeur pour toute la raffinerie, subdivisée en trois réseaux de distribution (haute, moyenne et basse pression), par les chaudières 1050-G-1/2/3 et G-4 et les stations de réduction et de désurchauffe 1050-ME-3 A/B et 1050-ME- 4 A/B. [2]

❖ **Les caractéristiques des 4 chaudières :** Sont présentés dans le tableau II.1 :

Chaudière	G1	G2	G3	G4
Capacité	90 t/h	90 t/h	90 t/h	90 t/h
Capacité maxi	99 t/h	99 t/h	99 t/h	99 t/h
Pression	de 62 bar	62 bar	62 bar	62 bar
Service				
Pression	de 70 bar	70 bar	70 bar	71,38 bar
Design				

Température 500°C (+/-5) 500°C (+/-5) 500°C (+/-5) 500°C +/-5

Tableau I.1 Les caractéristiques des quatre chaudières [30]

II.4. Description du système d'étude « la chaudière 1050 G1 »

II.4.1. Présentation de la chaudière G1

La chaudière étudiée est implantée dans le complexe RA1K – SKIKDA, elle est de type à tube d'eau à circulation naturelle. La chaudière est synonyme de générateur de vapeur particulier a pour rôle de transformer l'eau en vapeur à haute pression et de fournir de la vapeur sèche pour entraîner les turbomachines (turbocompresseur, turbopompe alimentaire, turbo ventilateur...), pour les échangeurs thermiques et pour produire la vapeur utilités.

Elle est destinées à :

- Modifier les températures des fluides d'une température (T1) a la température désirée (T2).
- Produire de la vapeur à partir de l'énergie calorifique du combustible (gaz naturel, fuel gaz, etc.) à savoir :
 - La vapeur à haute pression : (P=43bars, T=430°C) pour les turbomachines, turboalternateurs.
 - La vapeur à moyenne pression : (P=18bars-25bars, T=225°C) pour les éjecteurs, les torches.
 - La vapeur à basse pression : (P=3,8bars, T=175°C) pour les échangeurs

II.4.2 Description des différents composants de la chaudière

Cette chaudière est composée de différents éléments comme elle montre la figure II.5:

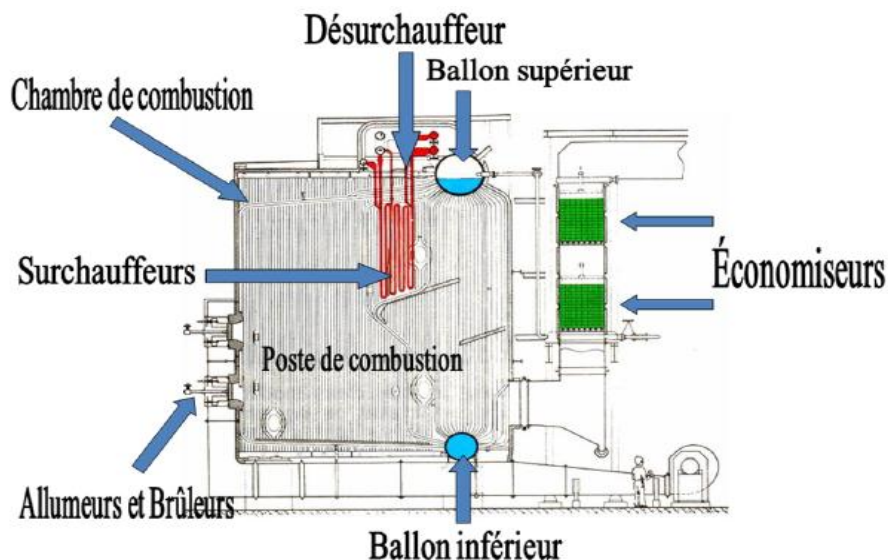


Figure II.5 Les éléments constitutifs de la chaudière. [31]

➤ **Le réservoir (le ballon supérieur)**

C'est un réservoir reçoit l'eau à partir des pompes d'alimentations, il est le point de départ et d'arrivée d'eau et de vapeur de la circulation et à son niveau que s'effectue la séparation entre la phase liquide et la phase vapeur. Son rôle est d'assurer la plus grande pureté possible de la vapeur qui va pénétrer dans les surchauffeurs [29] .

➤ **La chambre de combustion (foyer)**

Appelé aussi puits avant c'est à ce niveau que se fait la combustion. C'est une enceinte tapissée de tubes en surface de chauffe dite (à coup de feu). Le plancher est protégé par des briques réfractaires qui aident le foyer à se maintenir à une température très élevée. Nous avons aussi à assurer l'introduction du combustible et de l'air en proportion convenable et leur mélange en vue d'obtenir une combustion complète et rationnelle [29]

➤ **Les faisceaux de vaporisation (les tubes)**

Ils sont alimentés par l'eau venant du collecteur inférieur ; l'eau se vaporise dans les faisceaux. La vapeur saturée produite se rassemble au-dessus du niveau de l'eau dans le réservoir supérieur. Ils se positionnent à l'intérieur du foyer (en face des brûleurs). [29]

➤ **Deux allumeurs (pilotes)**

Ce sont des éléments produisant une étincelle servant ainsi pour allumer les brûleurs.

➤ **Les brûleurs**

Eléments générateurs de calories, au nombre de quatre, ils sont placés en face des faisceaux de vaporisation, leurs rôle est de provoquer le mélange air-combustible en vue d'obtenir la combustion complète de celui-ci.

Ils comportent beaucoup d'éléments comme : les allumeurs, les véroles et les détecteurs de flamme [31]

➤ **La surchauffeur**

Ce sont des échangeurs profitants des calories des fumées de combustion pour surchauffer la vapeur saturée afin de produire de la vapeur sèche ; on entend par vapeur saturée celle provenant du ballon supérieur et qui contient encore des particules d'eau et pendant son parcours dans la surchauffeur sa température augmente jusqu'à une valeur bien déterminée pour la rendre la plus sèche possible. La chaudière dispose de deux surchauffeurs : surchauffeur basse température « SBT » dont l'entrée est de la vapeur saturée et surchauffeur haute température « SHT » qui sont situés dans le puits arrière et dont la sortie est de la vapeur surchauffée [29]

➤ **Le désurchauffeur**

Le désurchauffeur est implémenté entre les deux surchauffeurs en dehors du foyer, il permet de diminuer et de moduler la température de la vapeur surchauffée à une valeur déterminée par des injections régulières d'eau déminéralisée dans la vapeur HP (70 bars / 490 ° C). L'injection nécessite un certain nombre de précautions, les réseaux sont les suivants :

- Une eau proprement déminéralisée ;
- Une fine pulpe de gouttelettes dans la vapeur pour refroidir [29]

➤ **Le ballon inférieur**

C'est un point d'arrivée d'eau dans les tubes descendants, et un point de départ de celui-ci vers le ballon à travers les faisceaux de vaporisation (circulation naturelle).

Le ballon inférieur doivent être toujours plein pour des raisons de sécurité de la chaudière, afin de pouvoir évacuer de l'eau à travers les tubes vers les écrans au cas de niveau bas (ou très bas) [29]

➤ **Le ventilateur de soufflage**

C'est lui qui envoie dans la chambre de combustion l'air nécessaire à la combustion ; il aspire l'air ambiant pour le refouler à travers Ljungstrom où il se réchauffe en utilisant la chaleur des gaz de combustion. [29]

➤ **Économiseur**

Il améliore l'efficacité énergétique, un économiseur (faisceaux de tubes) installé sur la sortie des fumées afin de préchauffer le BFW du générateur de vapeur. (Température d'entrée : 129 ° C / Température de sortie : 162 ° C). [31]

➤ **Ljungstrom**

Le réchauffeur d'air « Ljungstrom » est une roue en rotation lente Servent à réchauffer l'air de combustion. Le coeur de ce type d'échangeur est sa surface d'échange. Elle est assimilée à un nid d'abeilles en acier. A un instant donné chaque côté de la surface est traversé par les courants d'air ou des fumées. La rotation de la roue permet la transmission de la chaleur cédée par les fumées à l'air. Ce transfert de chaleur se fait par convection permettant de dire que le transfert par rayonnement et par conduction n'intervient pas dans ce type d'échangeur [29].

➤ **La cheminée**

Un tuyau vertical à travers lequel les gaz de combustion « les fumées » produits à l'intérieur de la chambre de combustion et issus de la combustion du fuel gaz sont évacués vers l'extérieur, il dispose d'un analyseur en ligne O2 et permet de contrôler le flux d'air de combustion avec Ouverture ou fermeture de son basculeur [31] .

➤ **Les auxiliaires des composants de la chaudière**

Ces composants jouent un rôle important dans le bon fonctionnement de la chaudière telle que :

➤ **Pompes d'extraction :**

Elles ont pour rôle d'acheminer le condensat principal à la sortie du condenseur jusqu'à la bache alimentaire

➤ **La bache alimentaire**

Elle constitue la réserve d'eau en charge au cours d'aspiration des pompes d'alimentations

➤ **Pompes alimentation :**

La pompe alimentaire sert à refouler l'eau de la bache alimentaire vers la chaudière à travers l'économiseur.

II.4.3 Traitement de l'eau en chaudière

La bonne qualité de la chaudière et de l'eau d'alimentation sont préliminaires pour assurer un service de chaudière sans problèmes. Pour cette raison l'eau de chaudière doit être traitée afin de limiter la concentration en minéraux et d'atténuer l'action des gaz. Le traitement de l'eau en chaudière consiste aux traitements suivants :

- Un traitement physico

- Un traitement chimique

II.4.3.1 Traitement Physique

Le traitement physique est effectué au sein du sous-système d'alimentation et de dégazage de la chaudière G1. L'eau contient en solution différents gaz dissous tels que O₂, N₂ et CO₂. L'oxygène dissous est sans doute le plus important responsable de la corrosion de l'acier dans les chaudières

C'est ainsi qu'un barbotage suffisamment important dans une eau normalement aérée par la vapeur d'eau permet d'en extraire la presque totalité de l'oxygène dissous. Pratiquement, une fois que la pression de service est fixée dans le dégazeur, il suffit d'agir sur les facteurs de concentration (évacuation de la phase gazeuse à l'atmosphère par un événement) et sur le coefficient de solubilité du gaz (par l'intermédiaire de la température) pour éliminer l'oxygène dissous [32]

Le traitement physique présenté dans la figure II.6 :

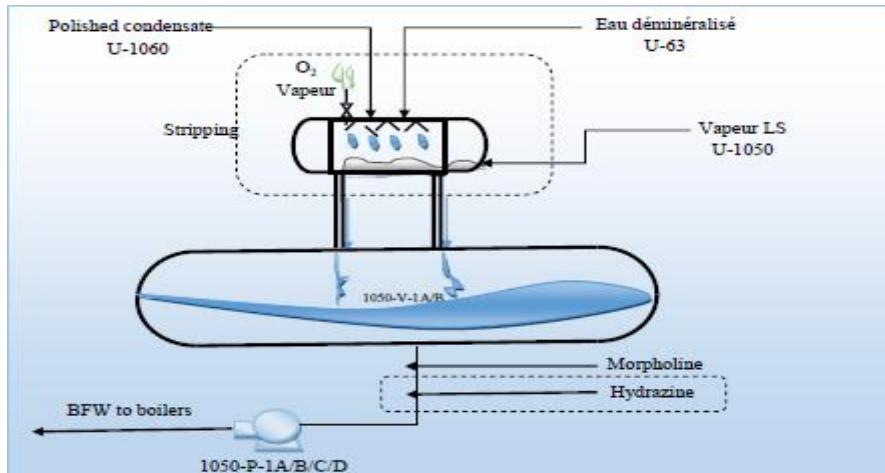


Figure II.6 Traitement physique de l'eau de chaudière [32]

II.4.3.2 Traitement chimique

II.4.3.2.1 Injection de l'hydrazine

Après le dégazage physique et afin d'éliminer l'oxygène résiduel, on fait subir à l'eau une injection d'hydrazine (N_2H_4), les produits de réaction avec de l'oxygène sont l'eau et l'azote. L'hydrazine n'apporte aucune salinité à l'eau, puisqu'elle-même et ses produits de décomposition sont volatiles. Mais si la teneur de N_2H_4 dépasse le seuil toléré, l'excès se décompose partiellement en ammoniac et il faut tenir compte surtout si le réseau vapeur condensats comporte des éléments en cuivre. L'excès N_2H_4 ne doit pas dépasser 0.02ppm. [32]

*Spécifications d'hydrazine (N_2H_4) :

L'hydrazine est un liquide incolore, fumant dans l'air et doté d'une odeur d'aminé. Très soluble dans l'eau et dans l'alcool. Leur caractéristiques physico-chimiques sont présentées dans le tableau II.2 :

Caractéristiques physiques de l'hydrazine N_2H_4

Poids moléculaire	32g/l.
point d'éclair	52,2 °C en réservoir fermé
Température de fusion	2 °C
Température d'ébullition (Patm)	113.5 °C
Solubilité	Miscible à l'eau
Densité (D^{20}_4) (air=1)	1.008
point de rupture	38 °C

La température d'auto-inflammation 270 °C

Effets (santé, environnement, propriété)



Tableau II.2 propriétés et caractéristiques de l'hydrazine [32]

II.4.3.2.2 Injection de Morpholine (C₄H₉NO) :

Il s'agit d'un type d'aminé neutralisant, la morpholine est un liquide incolore ayant une odeur caractéristique piquante d'amine, est une base qui réagit violemment avec des gaz acides (réagit avec le CO₂ pour éviter la formation d'acide carbonique H₂CO₃ qui augmente l'acidité de l'eau), formant un bicarbonate d'amine non corrosif.

L'injection de morpholine est pour la neutralisation des condensats (pour le contrôle du pH). [32]

***Propriétés et caractéristiques de la morpholine**

Les caractéristiques de la morpholine sont présentées dans le tableau ci-dessous (Tableau II.3)

Caractéristiques physiques de morpholine C₄H₉NO.

Poids moléculaire	87g/l.
Indice de réfraction	1.4545
Température d'ébullition (Patm)	128 °C
Point de congélation	-3.1°C
Solubilité	Miscible à l'eau
Densité	0,998

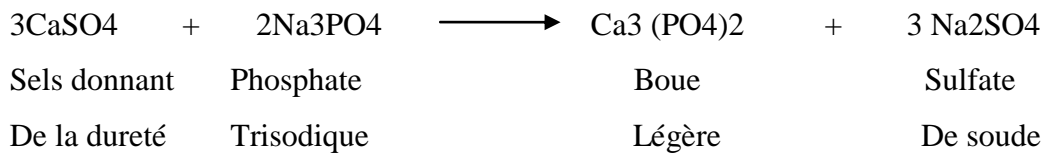
Tableau II.3 Spécifications de la morpholine [29]

I.4.3.2.3 injection du Phosphate de tri-sodium (Na₃PO₄) :

Est un sel raffiné, blanc qui se dilue facilement dans l'eau. Ce produit d'une teneur de 12 H₂O est fourni dans l'utilisation commerciale normale sous forme de poudre fine comme de la poussière, de flocons ou des cristaux.

L'addition de phosphate tri sodique (le « tri » indique les trois atomes de sodium présents dans la molécule Na₃PO₄) dans l'eau de chaudière empêche les sels de calcium ou de magnésium qui pourraient entrer dans l'eau de former des écailles dures sur la superficie intérieure des tuyaux de la chaudière. C'est un agent alcalinisant et anticorrosion, injecté dans le vaisseau supérieur pour éliminer les sels résiduels dans l'eau (Ca ++, Mg ++), Il augmente l'alcalinité de l'eau dans la chaudière et permet d'ajustez le pH.

Le phosphate réagit à toute dureté résiduelle qui peut être provoquée par le fonctionnement incorrect de l'unité de production de l'eau dessalée et La boue issue éliminée par les purges. [32]



II.4.4 Exigences concernant l'eau d'alimentation

Etant donné que la vapeur produite ne contient guère de matière solides la concentration des sels dans l'eau de la chaudière augmentera. L'augmentation a pour conséquence que la formation de mousse est favorisée.

En purgeant la chaudière par la vanne de purge continuée, la concentration de sel doit être limité. L'eau de la chaudière doit être alcaline afin d'éviter la corrosion dans la chaudière. Il faut que la valeur alcaline ne dépasse pas les valeurs spécifiée ci-dessous (tableau II.4)

Les exigences suivantes sont valables pour l'eau de la chaudière :

Caractéristiques	Valeur
Ph	9,5-10,5
Conductibilité à 25°C	150 u s/cm
Oxygène	< 0,02 mg/kg
Phosphate PO4 max	< 6 mg/kg
Fer Fe	< 0,03 mg/kg

Tableau II.4 Valeurs limites de la qualité de l'eau d'alimentation requise [29]

I.4.5 Conséquences d'une mauvaise qualité de l'eau

I.4.5.1 Corrosion

La corrosion est un processus naturel qui convertit un métal raffiné en une forme plus stable, comme son oxyde, l'hydroxyde ou le sulfure. C'est la destruction progressive des métaux par réaction chimique avec leur environnement, mais cela peut être dû à : [32]

➤ **L'acidité de l'eau:**

Le faible pH de l'eau d'alimentation peut provoquer une attaque acide grave sur les surfaces métalliques de la chaudière. L'eau d'alimentation peut également devenir acide en raison de la contamination du système de recyclage des condensats.

➤ **Attaque d'oxygène:**

Un processus électrochimique grâce auquel une élévation de la température fournit suffisamment d'énergie supplémentaire pour accélérer les réactions sur les surfaces métalliques, entraînant une corrosion rapide et sévère, l'oxygène dissous dans l'eau d'alimentation peut devenir très agressif lorsqu'il est chauffé et réagit avec la surface interne de la chaudière pour former Composants corrosifs sur la surface métallique. .

➤ **Attaque par dioxyde de carbone :**

Le dioxyde de carbone forme un acide faible connu sous le nom d'acide carbonique (H_2CO_3) dans l'eau, une réaction relativement lente. Cependant, les taux de corrosion par le CO_2 sont supérieurs à l'effet de l'acide carbonique seul. La dépolarisation cathodique peut se produire, et d'autres mécanismes d'attaque peuvent également être au travail.

I.4.5.2. Autre conséquences englobées : L'efficacité thermique du générateur de vapeur diminue en raison de la consommation excessive du gaz combustible. - Surchauffe du métal soumis au dépôt qui peut entraîner sa rupture en affaiblissant sa force ou son éclatement.

- Diminution de la section de débit d'eau.
- Longueur de la température de pression plus longue.
- Augmenter la température des gaz de combustion dans la cheminée

II.4.6 Principe de fonctionnement de la chaudière

La chaudière est essentiellement une boîte fermée à l'intérieur de laquelle l'eau est stockée. Leur principe du fonctionnement est très simple et facile à comprendre. On va le divisé en deux circuits principales « circuit eau-vapeur » et « circuit des fumées » comme elle montre la figure II.7 :

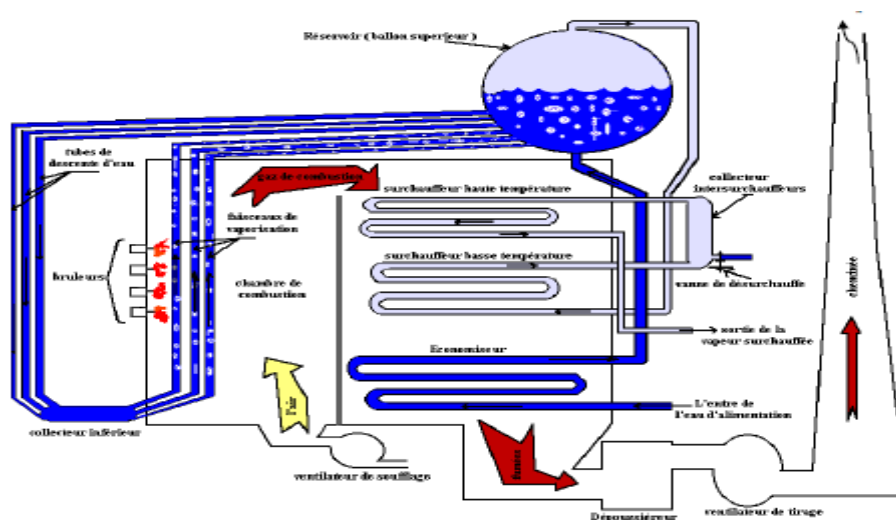


Figure I.7. Le fonctionnement de la chaudière [32]

II.4.6.1 Circuit eau / vapeur

Ce circuit est présenté dans la figure II.8 :

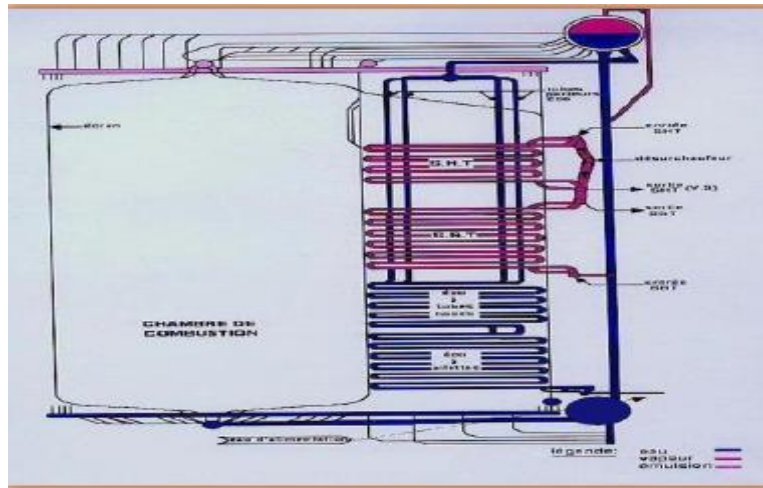


Figure II.8. Le circuit eau-vapeur [31]

L'eau d'alimentation de la chaudière qui est essentiellement constituée de retour condensats préalablement stockés dans un réservoir subit un dégazage mécanique à l'aide de la vapeur au niveau de la bêche alimentaire. Cette opération consiste à supprimer l'oxygène dissout dans l'eau. A la sortie de la bêche alimentaire l'eau subit un traitement chimique par injection d'hydrazine afin d'éliminer toute trace résiduelle d'oxygène et éviter ainsi la corrosion des installations ainsi que le morpholine .Les pompes aspirent l'eau à la sortie de la bêche alimentaire et la refoulent vers l'économiseur où elle est préchauffée à une température de 109 °C. L'eau quitte l'économiseur à une température de 233 °C et pénètre dans le ballon supérieur dont leur rôle est de séparer le mélange eau - vapeur après vaporisation d'une part, et d'alimenter en eau les tubes écrans d'autre part. La vaporisation de l'eau de chaudière est issue du contact de ce dernier avec les parois chauffées de la chambre à partir de la combustion du mélange air/gaz, Chaque chaudière à quatre brûleurs fonctionnant avec fuel gaz combustible et un ventilateur à tirage forcé, équipé d'un moteur électrique et d'une turbine à vapeur .

Les parois de la chambre formés par un grand nombre de tuyaux soudés l'un à l'autre de façon à former une chemise continue lesquels emmagasinent la plus grande partie de la chaleur contenue dans les gaz de combustion. Par convection

Le générateur de vapeur 1 050 G1 fonctionne avec une circulation naturelle, la vapeur résultante en contact avec les parois chauffées commence un mouvement ascendant car sa densité est inférieure à celle de l'eau est recueillie dans le corps cylindrique supérieur. L'eau

vaporisée est immédiatement remplacée par une eau plus fraîche descendant du ballon supérieur. Il s'agit de l'ensemble des courants ascendants (chauds) et des courants descendants (froids) qui constituent la circulation naturelle.

La vapeur produite qui se retrouve au niveau du ballon supérieur. Elle passe ensuite successivement par les surchauffeurs et pour sortir à une température de 500° C et une pression de 62 kg/cm² effectifs

La vapeur saturée à la sortie du ballon, sera surchauffée par la surchauffeur primaire à basse température « SBT » pour atteindre une température entre 285 et 428 °C. Cette vapeur passe dans le désurchauffeur, de type à injection d'eau, pour la régulation de la température.

Après la désurchauffe, la vapeur pénètre dans la surchauffeur secondaire à haute température « SHT » pour atteindre une température de 441 °C à une pression de 62 Bars. Cette vapeur étant le produit fini sera utilisé par les installations du complexe à travers un collecteur commun à toutes les chaudières appelées < collecteur 62 Bars>. [31]

II.6.2 Circuit gaz de fumées

Le chemin des fumées est représenté dans la figure II.9 :

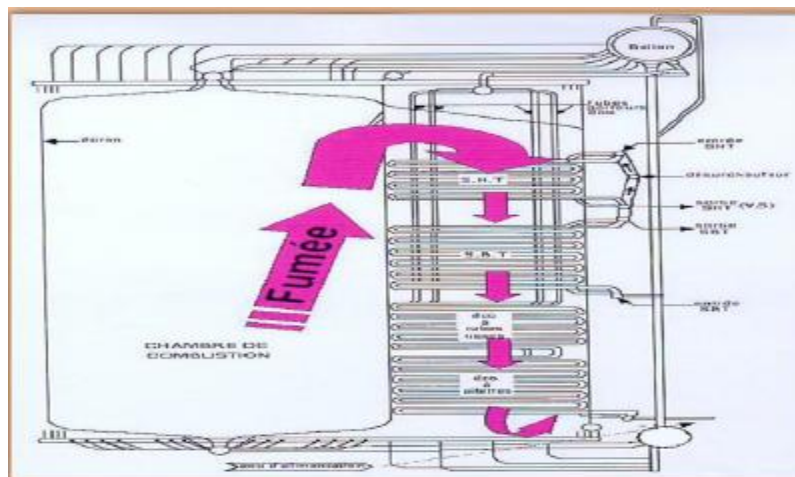


Figure II.9. Le circuit des fumées [31]

Les fumées produites par la combustion dans le foyer sortent par le haut de l'écran arrière de la chambre de combustion où les tubes sont montés en alternance pour leur laisser un passage, ces fumées qui ont une température de 1060°C, entrent dans la chambre de convection où elles cèdent leur chaleur au surchauffeur haute température, d'où elles sortent à une température de 916°C puis elles entrent dans le surchauffeur basse température, d'où elles sortent à une température de 675 °C. Elles traversent enfin, l'économiseur à tubes lisses puis l'économiseur à tubes à ailettes d'où elles sortent à une température de 167°C avant de sortir par la cheminée

La chaleur contenue dans les fumées sortant de la chaudière est utilisée aussi pour chauffer l'air de combustion à l'aide du réchauffeur rotatif de type Ljungström .

L'air de combustion est fournie par deux ventilateurs à tirage forcé, équipé d'un moteur électrique et d'une turbine à vapeur afin d'alimenter les brûleurs. L'air transmet les brûleurs sous une pression de 100 mm H₂O à température ambiante [31] .

II.4.7 Système de sécurité de la chaudière 1050 G1

Le générateur de vapeur est équipé des couches de systèmes de sécurité tels que:

- PLC

- BMS

- Le pilotage de la chaudière est réalisé depuis la salle de contrôle. Les fonctions de régulation et d'automatisme sont assurées par un (système de conduite distribué) DCS.

II.4.7.1 Contrôleur logique programmable (automate programmable) « PLC » Les automates sont conçus pour des arrangements multiples d'entrées et de sorties numériques et analogiques, de gammes de température étendues, d'immunité contre le bruit électrique et de résistance aux vibrations et aux impacts. Les programmes pour contrôler le fonctionnement de la machine sont généralement stockés dans une mémoire à sauvegarde de batterie ou non volatile.

II.4.7.2 Système de gestion du brûleur (BMS)

Il s'agit d'un système de contrôle qui se consacre à la sécurité des chaudières (**voire l'annexe ...page**), à l'assistance de l'opérateur lors du démarrage et de l'arrêt de la préparation des gaz combustibles et de l'équipement de combustion, ainsi que la prévention du mauvais fonctionnement et de l'endommagement des équipements de

Conclusion :

Dans la raffinerie de Skikda, la chaudière est un équipement stratégique, son échec a de sérieuses conséquences sur les opérations des autres unités de production, la qualité de l'eau de charge a un rôle primordial dans la préservation de l'intégrité de la chaudière et augmente leur cycle de vie, un mauvais traitement des eaux d'alimentation peut conduire à La corrosion avancée dans le générateur de vapeur, la présence de sels a également des conséquences négatives, entraînant une réduction de l'efficacité thermique due aux dépôts et à un excès de chauffage du métal qui diminue progressivement ces caractéristiques.

Chapitre III :

Analyse dysfonctionnelles de la chaudière 1050G1

Chapitre III : Analyse dysfonctionnelles de la chaudière 1050G1

III .1.Introduction :

Afin d'identifier les défaillances potentielles pouvant affecter le fonctionnement de la chaudière industrielle, une analyse dysfonctionnelle approfondie a été réalisée.

Cette analyse a pour but de détecter les risques liés aux anomalies de fonctionnement, d'évaluer leur impact sur la sûreté de l'installation et de proposer des actions correctives.

Pour ce faire, les deux méthodes complémentaires ont été utilisées :

- La méthode HAZOP ,pour une analyse qualitative des écarts de fonctionnement.
- L'outil GRIF, pour une modélisation quantitative des défaillances sous forme d'un arbre logique.

Ce chapitre présente donc l'approche suivie, les résultats obtenue, ainsi que les recommandations d'amélioration qui en découlent.

III .2.présentation du système analysé

La chaudière 1050G1 est une chaudière industrielle de type à tubes de fumée, conçue pour la production de vapeur saturée sous haute pression. Elle est utilisée principalement dans les unités de production dans les unités de production nécessitant de l'énergie thermique, comme les raffineries, les installations chimiques ou les complexes pétrochimiques.

III .3.La fonction principale de la chaudière 1050G1

Le rôle principal de la chaudières 1050 G1 est de convertir l'énergie thermique issue de la combustion en vapeur destinée à alimenter les différents procédés industriels.

Elle est donc un élément clé de la chaîne de production, et sa fiabilité influence directement de la performance globale du site.

III .4. Application de la méthode HAZOP

La méthode HAZOP est utilisée dans le but d'identifier les scénarios d'accident susceptibles d'être générés par les différents équipements et pour analyser les différentes déviations des paramètres de fonctionnement des équipements choisis par le recensement des différentes causes

et conséquences des scénarios d'accidents et envisager les différentes barrières de sécurité pouvant empêcher ces accidents considéré dans tel cas potentielles (majeurs).

La méthode HAZOP est présentée sous forme de tableaux recensant les risques associés à chaque sous-système dans notre cas d'étude ainsi que les moyens de protection et des recommandations mis en place.

III .4.1.Etablissement des critères d'acceptabilité

L'évaluation de l'acceptabilité des scénarios d'accident est réalisée par l'identification de la probabilité d'occurrence ainsi que la gravité des conséquences.

Cette évaluation est basée sur le principe de la matrice de risque qui permet de mettre en lumière les risques jugés inacceptables afin d'envisager des actions prioritaires pour réduire leur probabilité ou leur gravité .

On a utilisée la matrice définie par SONATRACH (de la direction centrale HSE) présentée ci-dessous (**Tab III.1**), cette matrice est compatible avec les échelles de gravité décrites par le tableau (**Tab III.2**) ainsi que les échelles de probabilité présentées dans le tableau (**Tab III.3**)

		Probabilité			
		10^{-4}/an (improbable)	10^{-4} à 10^{-2} (peu probable)	10^{-2} à 10^{-1} /an (probable)	1/an (très probable)
Gravité	1	Faible	Faible	Faible	Moyenne
	2	Faible	Faible	Moyenne	Moyenne
	3	Faible	Moyenne	Moyenne	Élevé
	4	Moyenne	Moyenne	Élevé	Élevé
	5	Moyenne	Élevé	Élevé	Élevé

Tableau III.1 matrice de criticité

III .4.2.les tableaux de la méthode HAZOP :

L'analyse de la méthode HAZOP est présentée par les tableaux suivants :

Equipement / Nœud : sous-système d'alimentation et de dégazage			paramètre : Pression						
Mot- clé	déviat	Cause	Conséquence	Détection	la protection existante	G	P	C	Recommandation
Plus de	1. haut pression	1.1. Haute pression du condensat d'alimentation	1.1.1. endommagement (fissure) du dégazeur (E1A)	PI 22 PIC 7	-Crachement des PSV 13 A/B	G2	P3	2*3	-La mise en place des PAH en amont de la bache alimentaire V1A
			1.1.2. Perte de produit (condensat à l'atmosphère)	PI 16 PAH 7	-Evacuation de la vapeur vers l'atmosphère à travers les événements de dégazeur E1A				-Prévoir des teste périodiques préventives sur les PSV
			1.1.3. Renversement du sens de circulation des produits chimiques	détection visuelle (opérateur)	-PAH 7 envoie un signale vers PIC7 afin de fermer partiellement la vanne PV7				-Entretien préventive des indicateurs de haute pression
			1.1.4. Formation des cous de béliers au niveau de la bache alimentaire V1A						
			1.1.5. Cavitation des pompes MP1A/B et MP7B						
					G3	P2	2*3	-utiliser pressostat pour éviter les surpressions	

		1.2. Haut débit d'eau déminéralisé venu de la 1010	<p>1.2.1. Endommagement du V1A (fissure)</p> <p>1.2.2. Consommation excessive du produit chimique (hydrazine)</p> <p>1.2.3. Perte d'eau suite à une augmentation du niveau.</p>	<p>PIC 7</p> <p>PI 16</p> <p>PAH 7</p> <p>LIC 5</p> <p>LAH 5</p> <p>LAHH 3</p>	<p>-LAH 5 envoi un signale à LIC 5 afin de fermer la vanne LV5 partiellement</p> <p>-LAHH 3 envoie un signal à LIC3 afin de fermer la vanne LV3 totalement</p>	G2	P2	2*2	<p>-La mise en place des FAH au niveau de la 1010 en amont de la bêche alimentaire</p> <p>-Entretien préventive du V1A</p>
--	--	--	---	--	--	----	----	-----	--

Tableau III.2. HAZOP du sous-système d'alimentation et de dégazage –

		1.3. Haute pression de la vapeur LS de barbotage	<p>1.3.1. Vaporisation d'eau à l'intérieur du VA1</p> <p>1.3.2. Endommagement (cavitation) des pompes d'alimentations du ballon supérieur MPA1/2 et MP7</p> <p>1.3.3. Perte de produit (dégagement de la vapeur vers l'atmosphère)</p> <p>1.3.4. Perte des instruments à l'intérieure du V1A</p>	<p>PI 22</p> <p>PIC 7</p> <p>PI 16</p> <p>PAH</p>	<p>-Evacuation de la vapeur qui se trouve à l'intérieur du V1A vers l'atmosphère à travers les événements du dégazeur E1A</p>	G3	P2	2*3	<p>-Vérification des SIL (safety integrity level) du système instrumenté de sécurité</p> <p>-la mise en place les indicateurs de température au niveau du VA1</p>
						G2	P1	2*1	

<p>1.4 défaillance mécanique. des vannes de drainages LV3 et LV4 (Blocage fermé en position fermé)</p>	<p>1.4.1. Elévation du niveau d'eau à l'intérieur du V1A 1.4.2. Présence d'eau au niveau du dégazeur Elimination de la vapeur à l'intérieure du V1A</p>	<p>PIC 7 PI 16 PAH PI 22</p>	<p>-LIC 5 indiqué un bas niveau du VA1 et envoyé un signal pour fermer la vanne LV5</p>			<p>-Entretien préventive des vannes de drainage</p>
<p>1.5. Défaillance du système de contrôle et de régulation</p>	<p>1.5.1. Augmentation de la pression 1.5.2. Elévation de la température 1.5.3. Perturbation du fonctionnement du système d'alimentation et de dégazage</p>	<p>Détection visuelle (vapeur vers l'atmosphère)</p>	<p>-by passe des vannes automatiques</p>			<p>-Maintenance préventive périodique des équipements de contrôle et de régulation</p>
<p>1.6. Haute température</p>	<p>1.6.1. Evaporation excessive d'eau contenant dans V1A 1.6.2. Perte de produit (vapeur vers l'atmosphère à travers les événements de dégazeur E1A 1.5.4. Cavitation des pompes d'alimentation MP1 A/B et MP7 A/B</p>	<p>PIC 7 PI 16 PAH TI 1 TI 2</p>	<p>-Evacuation de la vapeur qui se trouve à l'intérieur du V1A vers l'atmosphère à travers les événements du dégazeur E1A</p>	<p>G3</p>	<p>P2</p>	<p>2*3 -Extinction automatique pour le refroidissement (élévation anormal de la température -Etudier la possibilité de mise en place des régulateurs de température (TIC) au niveau du VA1</p>

Tableau III.2. Hazop du sous-système d'alimentation et de dégazage (suite) –

Equipement / Nœud : sous-système d'alimentation et de dégazage		paramètre : pression							
Mot-clé	déviatio	Cause	Conséquence	Détection	la protection existante	G	P	C	Recommandation
Moins de	2. basse pression	2.1. Bas débit d'eau déminéralisé	2.1.1. Abaissement du niveau du VA1 2.1.2. Vaporisation d'eau de chaudière 2.1.3. Cavitation des pompes MPA1/2 et MP7	LIC 5 PI 22 PAL PI 16 PIC 7	-LAL 5 envoi un signal à LIC 5 afin d'ouvrir la vanne LV5 -LALL 3 envoie un signal à LIC3 afin de fermé la vanne de drainage LV3.	G3	P2	2*3	-Maintenance préventive des vannes LV5 et LV3
		2.2. Basse pression de la vapeur de barbotage LS au niveau du V1A	2.2.1. Mauvaise traitement de l'eau (pas de dégazage) 2.1.4. Consommation excessive de l'hydrazine	PIC 7, PI 22, PI 16, PAL7	la fermeture partielle des vannes d'alimentation de V1A -fermeture partielle des vannes d'injection de l'hydrazine				-un régulateur de pression doit être prévu
		2.3. La vanne de drainage LV3 bloqué ouvert	2.3.1. Perte de produit (eau de chaudière) Bas niveau d'eau au niveau du V1A	LIC 5 PAL 7 Détection visuelle (vapeur vers l'atmosphère)	-LAL 5 envoi un signal à LIC 5 afin d'ouvrir la vanne LV5 -PAL 7 envoie un signal à PIC 7 afin de fermé la vanne PV 7				-Maintenance préventive de la vanne de drainage LV3
		2.4. Défaillance de système de contrôle et de régulation de la	2.4.1. Perturbation du fonctionnement de sous système d'alimentation et	Détection visuelle	-Vanne manuelle d'alimentation (vanne d'urgence)				-Vérification des SIL (intégrité de sécurité) du

		pression (PIC 7)	de dégazage							système instrumenté de sécurité)
--	--	------------------	-------------	--	--	--	--	--	--	----------------------------------

Tableau III.2. HAZOP du sous-système d'alimentation et de dégazage (suite) –

Équipement / nœud : sous-système d'alimentation et de dégazage			Paramètre : température						
Mot-clé	Déviations	Causes	Conséquences	Détection	La protection existante	G	P	C	Recommandation
plus de	3. haute température	3.1. Haute T de la vapeur LS	3.1.1. Elévation de la pression au niveau du VA1 3.1.2. Vaporisation de l'eau au niveau du V1A 3.1.3. Risque d'explosion au niveau du VA1 3.1.4. Perte des instruments	TI 1 TI 2	-Crachement des PSV 13 A/B -Evacuation de la vapeur vers l'atmosphère à travers les événements de dégazeur E1A	G5	P2	2*5	-Teste périodique des PSV 13 A/B
		3.2. Haute température du	3.2.1. Elévation de la pression au niveau du V1A 3.2.2. Vaporisation de l'eau de chaudière 3.2.3. Perte de produit (vaporisation de l'eau	PIC 7 PI 16 TI 1 TI 2	-Crachement des PSV 13 A/B -Evacuation de la vapeur vers l'atmosphère à travers les événements de dégazeur E1A -PAH envoie un	G1	P3	1*3	-Teste périodique des PSV 13 A/B -La mise en place du système de régulation de la température en amont du V1A

		condensate	ce qui résulte l'échappement de la vapeur vers l'atmosphère à travers les événements du dégazeur E1A)		signal vers PIC7 afin de fermer partiellement la vanne PV7				
			3.2.4. Cavitation des pompes MPA1/2 et MP7			G3	P2	2*3	
		3.3. Défaillance du système de contrôle et de régulation	3.3.1. Elévation de la pression 3.3.2. Vaporisation de l'eau 3.3.3. Perturbation du fonctionnement du système	Détection visuelle (vapeur vers l'atmosphère)	-Intervention Humain (by passe des vannes mécaniques)				-Inspection et ronde régulières -Entretiens préventives du système de contrôle et de régulation -Vérification des SIL du système instrumenté de sécurité
		3.4. Feu externe	Perte des instruments 3.4.2. Endommagement des lignes entré, sortie Haute pression Explosion du V1A	PI 16 PI 7 Détection visuelle (vapeur vers l'atmosphère)	-Crachement des PSV 13 A/B -PAH envoie un signal vers PIC7 afin de fermer partiellement la vanne PV7	G2 G3 G5	P1 P2 P2	1*2 2*3 2*5	-Des inspections périodiques -Alarmes sonores sur site en cas de détection de feu -Système anti incendie

			Perte d'eau		-réseau anti-incendie pour l'extinction du feu				
--	--	--	-------------	--	--	--	--	--	--

Tableau III.2. HAZOP du sous-système d'alimentation et de dégazage (suite)

Équipement / nœud : sous-système d'alimentation et de dégazage			Paramètre : température						
Mot-clé	Déviations	Causes	Conséquences	Détection	La protection existante	G	P	C	Recommandation
Moins de	3. basse température	4.1. Basse température du condensate	Pas de conséquence	TI1 TI2 (indicateurs de température)	-système de régulation des paramètres « indicateur - opérateur de DCS - les vanne de régulation				-Etudier la possibilité de mise en place des TIC (régulateur de la température)
		4.2. Basse température de la vapeur LS	4.2.1. Mauvaise traitement de l'eau 4.2.2. Mauvaise qualité de la vapeur	TI1 TI2 (indicateurs de température)	-système de régulation des paramètres « indicateur - opérateur de DCS - les vanne de régulation				-Etudier la possibilité de mise en place des TIC (régulateur de la température) de la vapeur

Tableau III.2. HAZOP du sous-système d'alimentation et de dégazage (suite)

Nœud : sous-système d'alimentation et de dégazage		paramètre : niveau						
Mot-clé	Déviations	Causes	Conséquences	Détection	La protection existante	G P C	Recommandation	
Plus de	5. haute niveau	5.1. Haute débit d'eau déminéralisé).	<p>1.1.1. Présence d'eau au niveau du dégazeur E1A/B</p> <p>1.1.2. Mauvaise traitement d'eau au niveau du V1A (mauvaise dégagement des gaz contenant dans V1A à cause de la grande quantité de l'eau par rapport au débit de la vapeur LS</p> <p>1.1.3. Consommation excessive du produit chimique (hydrazine qui a utilisé pour l'élimination d'oxygène)</p>	LIC 5 LIC 3	<p>-Les vannes de drainages LV3/4</p> <p>-LAH 5 envoi un signale à LIC 5 afin de fermer la vanne LV5/6 partiellement</p> <p>-LAHH 3 envoie un signale à LIC3 afin d'ouvrir la vanne LV3/4 totalement</p> <p>-système de régulation des paramètres « détecteur - opérateur de DCS - les vanne de régulation</p>			<p>-Maintenance préventive des vanne LV5/6 et LV3/4</p> <p>-Etudier l'installation d'indicateur et de contrôleur de débit FI et FIC à l'entrée du V1A</p>
		5.2. Les vanne de drainage LV3 et LV4 bloquées fermés	<p>5.2.1. Présence d'eau au niveau du dégazeur E1A</p> <p>5.2.2. Abaissement de la pression de la vapeur LS</p> <p>5.2.3. Consommation excessive des produits chimiques</p>	LIC 5 LIC 3 PI 16	<p>-LAH 5 envoi un signale à LIC 5 afin de fermer la vanne LV5 partiellement</p> <p>-LAHH 3 envoie un signal à LIC3 afin de fermer la vanne LV3 totalement</p>			<p>-Maintenance préventive périodique des vannes de drainage LV3 et LV4</p> <p>-La mise en place d'un trop plein</p>

			5.2.4. Mauvaise traitement de l'eau de chaudière au niveau du V1A						
		5.3. Défaillance du système de régulation du niveau	5.3.1. Présence d'eau au niveau du dégazeur E1A 5.3.2. Abaissement de la pression de la vapeur LS 5.3.3. Consommation excessive des produits chimiques	PI 16 Les pompes d'alimentation en produit chimique reste en fonctionnement	-Diffuseur sonore / lumineux (qui détecte les anomalies et les dysfonctionnements)				

Tableau III.2. Hazop du sous-système d'alimentation et de dégazage (suite)-

Equipement / Nœud : sous-système d'alimentation et de dégazage			paramètre : niveau						
Mot-clé	Déviations	Cause	Conséquence	Détection	Protection existants	P	G	C	Recommandation
Moins de	6-bas niveau	6.1. Bas débit d'eau déminéralisé (fermeture partielle de la vanne d'alimentation ou défaillance en amont)	6.1.1. Augmentation de la pression et de la température 6.1.2. Vaporisation de la quantité d'eau à l'intérieur du VA1 6.1.3. Eclatement du V1A si le niveau d'eau continué a baissé	PIC 7 PIC 8 LIC 3 LIC 5	-LAL 5 envoi un signale à LIC 5 afin d'ouvrir la vanne LV5 et LV6 partiellement -LALL 3 envoie un signale à LIC3 afin de fermer la vanne LV3 totalement -système de régulation des paramètres « détecteur - opérateur de DCS - les vanne de régulation	P2	G5	2*5	-Vérification des SIL de système instrumenté de sécurité - Maintenance préventive du système instrumenté de sécurité

		6.2. Les vanne de drainage LV 3 et LV 4 bloqués ouverte	6.2.1. Perte de produit (eau de chaudière) Endommagement	LIC 3 LIC 5	-LAL 5 envoi un signale à LIC 5 afin d'ouvrir la vanne LV5 et LV6 partiellement				- Maintenance préventive des vanne LV 3 et LV4
			du V1A si toute la quantité de l'eau est vidée à travers les vannes LV 3 et LV4		système de régulation des paramètres « détecteur - opérateur de DCS - les vanne automatique de régulation	P2	G4	2*4	
		6.3. Défaillance au niveau du V1A (fuite suite à une corrosion ou rupture ou choc mécanique	Perte de produit 6.3.2. Abaissement de la pression	LIC 3, LIC 5 PIC 7, PI 16, Détection visuelle (fuite d'eau)	-arrêt de l'alimentation en eau de chaudière				- Maintenan e préventive périodique du V1A -Utilisation d'un inhibiteur anti corrosion
		6.4. défaillance de système de régulation niveau d'eau du V1A	6.4.1 perturbation du fonctionnement de la chaudière	LIC1 4 PI32 LG8	-Régulation manuelle par le by passe de système automatique de régulation				-Régulation d'alimentation et de vidange d'eau, dispositif de protection contre le manque d'eau,

Tableau III.2. Hazop du sous-système d'alimentation et de dégazage (suite)-

Element / Nœud : Sous-système de Génération de la vapeur			Paramètre : pression						
Mot-clé	Déviations	Causes	Conséquences	Détection	La protection existante	G	P	C	Recommandation

Plus de	1. haute pressio n	1.1. haute température (par rapport à l'état normale)	<p>1.1.1. Vaporisation totale de l'eau de la chaudière au niveau du ballon ce qui résulte abaissement du niveau</p> <p>Produits hors spécification « haute température de la vapeur »</p> <p>Perte des instruments</p> <p>1.1.4. Endommagement des tubes de la chambre de combustion (fissure)</p> <p>1.1.5. Eclatement du ballon de la chaudière</p> <p>1.1.6. Endommagement de la surchauffeur</p>	<p>PI 32 (indicateur de pression)</p> <p>Opérateur DCS</p>	<p>-Crachement des PSV 25 et PSV 24</p> <p>-système de régulation des paramètres « détecteur</p> <p>-opérateur de DCS - les vanne de régulation</p> <p>- système de bloc de sécurité BMS « chaudière en bloc »</p> <p>-le réseau anti incendie pour le refroidissement</p>	G2	P1	1*2	<p>-Entretien préventive périodique des PSV 24/25</p> <p>-Vérification des SIL (sefty integrity level) du système instrumenté de sécurité</p> <p>-Etudier la possibilité d'installer des TIC (contrôleurs de la température au niveau de la chambre de combustion</p> <p>-Etudier la possibilité d'installer un PIC « controleur de pression » au niveau de la chaudière</p>
						G5	P2	2*5	
						G4	P2	2*4	

		<p>1.2. Haut débit d'eau d'alimentation (eau de chaudière)</p>	<p>1.2.1. Haut niveau des ballons inférieur et supérieur (élimination de la phase vapeur)</p> <p>1.2.2. Perte de produit (produit hors spécification) « vapeur humide »</p> <p>1.2.3. Consommation excessive du gaz de combustion</p> <p>1.2.4. Augmentation de pression dans la tuyauterie</p>	<p>LG 8(niveau a vus du ballon supérieur)</p> <p>LG 9(niveau a vus du ballon supérieur)</p> <p>Opérateur DCS</p>	<p>LIC 14 (contrôle du niveau à l'intérieur du ballon supérieur)</p> <p>LAH (alarme pour le haut niveau à l'intérieur du ballon supérieur)</p> <p>-le système de bloc de sécurité « Chaudière en bloc »</p>				
		<p>1.3. excès d'échauffement au niveau de la chambre de combustion (haute débit de gaz de combustion)</p>	<p>1.3.1. Vaporisation immédiate totale de l'eau.</p> <p>1.3.2. Perte de produit (produits hors spécification « haute température de la vapeur »</p> <p>1.3.3. Perturbation du fonctionnement avec possibilité d'arrêt de la chaudière</p> <p>1.3.4. risque d'éclatement du ballon de la chaudière</p>	<p>TI 16 (indicateur de température)</p> <p>TI 17 (indicateur de température)</p> <p>TI18 (indicateur de température)</p>	<p>-Régulation de la température à travers le désurchauffeur par l'injection de l'eau</p> <p>-système de régulation des paramètres « indicateur - opérateur de DCS - les vanne de régulation</p> <p>-système de bloc de sécurité BMS « chaudière en bloc »</p>	G5	P2	2*5	

		1.4. Bouchage au niveau de ligne de sortie de surchauffeur	1.4.1. Surpression (augmentation de la P à l'intérieur de la chaudière) 1.4.2. Augmentation anormale de la T 1.4.3. Endommagement des surchauffeurs	PI 39 (indicateur de pression) TI 16, TI17, TI18 (indicateurs de température)	-Crachement du PSV 23	G4	P2	2*4	-Entretien préventive périodique du PSV 23 -Intégrer dans le plan de maintenance les travaux de nettoyage contre le bouchage
		1.5. Défaillance de système de contrôle et de régulation	1.5.1. Perturbation du fonctionnement 1.5.2. Arrêt possible de la chaudière 1.5.3. Endommagement du ballon supérieur et inférieur (fissure)	Détection visuelle	-Intervention Humain « opérateur pour la régulation manuellement de la pression par la vanne principale d'alimentation en fuel gaz »	G2	P2	2*2	-Vérification des SIL de système instrumenté de sécurité -Maintenance préventive périodique du SIS

Tableau III.3. Hazop du sous-système de génération de la vapeur

Id : Sous-système de Génération de la vapeur			Paramètre : pression						
Mot-clé	Déviatio	Causes	Conséquences	Détection	La protection existante	G	P	C	Recommandation
Moins de	2. basse pression	2.1. Basse température de l'eau de chaudière suite à une défaillance en amont	Pas de conséquence						

		1.5. Défaillance de système de contrôle et de régulation	1.5.4. Perturbation du fonctionnement 1.5.5. Arrêt possible de la chaudière 1.5.6. Endommagement du ballon supérieur et inférieur (fissure)	Détection visuelle	-Intervention Humain « opérateur pour la régulation manuellement de la pression par la vanne principale d'alimentation en fuel gaz »	G2	P2	2*2	-Vérification des SIL de système instrumenté de sécurité -Maintenance préventive périodique du SIS
--	--	--	---	--------------------	--	----	----	-----	---

Tableau III.3. Hazop du sous-système de génération de la vapeur

Id : Sous-système de Génération de la vapeur			Paramètre : pression						
Mot-clé	Déviatio	Causes	Conséquences	Détection	La protection existante	G	P	C	Recommandation
Moins de	2. basse pression	2.1. Basse température de l'eau de chaudière suite à une défaillance en amont	Pas de conséquence						
		2.4. La vanne de drainage bloquée ouverte	2.4.1. chute de pression à l'intérieur du ballon 2.4.2. abaissement du niveau à l'intérieur du ballon	LIC14 PI32 LG8	Arrêter l'alimentation en eau de chaudière jusqu'à l'entretien des vannes de drainage				-Maintenance préventive périodique des vannes de drainages

Tableau III.3. Hazop du sous-système de génération de la vapeur (suite)-

Id : Sous-système de Génération de la vapeur			Paramètre : température						
Mot-clé	Déviaton	Causes	Conséquences	Détection	La protection existante	G	P	C	Recommandation
Plus de	3. haute température	3.1. Haute débit de gaz de combustion (haute température au niveau de la chambre de combustion)	<p>3.1.1. Augmentation de la vitesse du ventilateur d'aspiration de l'aire de combustion</p> <p>3.1.2. Echauffement excessive de l'eau de chaudière</p> <p>3.1.3. Produit hors spécification (vapeur à haute température)</p> <p>3.1.4. Fusion des tubes de la chambre de combustion</p>	TI 16, TI17, TI18 (indicateurs de température)	<p>-Régulation de la température à travers le désurchauffeur par l'injection de l'eau</p> <p>- système de régulation des paramètres « indicateur - opérateur de DCS - les vanne de régulation</p> <p>-système de bloc de sécurité BMS « chaudière en bloc »</p>	G3	P1	1*3	-Formation des opérateurs DCS pour éviter les erreurs

		3.2. Défaillance de système de contrôle et de régulation	<p>3.3.1. Elévation de la température</p> <p>3.3.2. Perturbation de fonctionnement du système de génération de la vapeur</p>	Détection visuelle	-Intervention Humain « régulation manuelle par le by passe des vannes automatiques)				-Vérification périodique et maintenance du système instrumenté de sécurité
--	--	--	--	--------------------	---	--	--	--	--

Tableau III.3. HAZOP du sous-système de génération de la vapeur (suite)-

		<p>3.4. Feu externe</p> <p>3.4.3. Explosion de la chambre de combustion</p> <p>3.4.4. Augmentation de pression au niveau de ballon</p>	<p>Perte des instruments</p> <p>Haute température</p>	<p>Détection visuelle</p>	<p>-L'arrêt de procès</p> <p>-système de bloc de sécurité BMS « chaudière en bloc »</p> <p>-réseau anti incendie pour l'extinction du feu</p>	G5	P2	2*5	<p>-Utilisation des instruments résistant de la haute température</p> <p>-Alarme sonore en cas de feu sur le site</p>
		<p>3.5. Défaillance des pompes d'injection de l'eau au niveau du désurchauffeur</p> <p>3.5.1. Pas d'injection de l'eau pour la régulation de la vapeur venu de la surchauffeur</p> <p>3.5.2. Produit hors spécification (température élevé de la vapeur)</p>		<p>TI 17 et TI 8 (indicateurs de température)</p>	<p>-système de régulation des paramètres « indicateur - opérateur de DCS - les vanne de régulation</p>				<p>-Entretien des pompes d'injection de l'eau au niveau de désurchauffeur</p>

Tableau III.3. Hazop du sous-système de génération de la vapeur (suite)-

Id : Sous-système de Génération de la vapeur			Paramètre : température						
Mot-clé	Déviaton	Causes	Conséquences	Détection	La protection existante	G	P	C	Recommandation
		4.1. Basse température de l'eau de chaudière	Pas de consequence	TI 18 (indicateur de la température)	système de régulation des paramètres « indicateur - opérateur de DCS - les vanne de régulation				-Implantation d'un système d'alarme basse température de produit (eau de chaudière)

Moins de	4. basse température	4.2. l'insuffisance d'échauffement de l'eau de chaudière au niveau de la chambre de combustion	4.2.1. produit hors spécification 4.2.2. une consommation excessive du gaz d'échauffement	TI 18 (indicateur de la température)	-Fermer les vannes d'entrée de l'eau au désurchauffeur -Arrêter les pompes d'injection d'eau aux désurchauffeurs de vapeur -augmentation du débit de gaz par l'ouverture de la vanne FV 17				
		4.3. défaillance de système de contrôle et de régulation	4.3.1. perturbation du fonctionnement du sous-système de génération de la vapeur Fausse indication	Opérateur DCS	-By passe des vannes automatiques (ouverture des vannes manuelles par un opérateur)				-Vérification périodique et maintenance du système instrumenté de sécurité

Tableau III.3. HAZOP du sous-système de génération de la vapeur (suite)-

Id : Sous-système de Génération de la vapeur			Paramètre : Niveau						
Mot-clé	Déviations	Causes	Conséquences	Détection	La protection existante	G	P	C	Recommandation

Plus de	5. haute niveau	5.1. les pompes d'alimentation restent en fonctionnement	5.1.1. Elévation de la pression au niveau des ballons Haute débit d'eau 5.1.3. Entrée de l'eau dans la surchauffeur 5.1.4. Charge excessif dans le ballon	PI 32 : indicateur de pression LG 8(niveau a vue du ballon)	-Alarme LAH du Switch du niveau bloc BMS « LSH » --système de bloc de sécurité BMS « chaudière en bloc » - drainage par la vanne de décharge du ballon à l'égout -agir sur les soupapes d'arrêt de la ligne d'alimentation				-Ajouter une vanne auto placer en parallèle avec une vanne de régulation du débit d'alimentation et relier avec le système de contrôle et de régulation
		5.2. Haute débit d'eau d'alimentation	5.2.1. Elévation de la pression au niveau des ballons 5.2.2. Abaissement de la température de la vapeur surchauffée 5.2.3. Endommagement des surchauffeurs	PI 32 : indicateur de pression LG 8(niveau a vue du ballon)	-Contrôle du niveau du ballon supérieur à travers LIC 14. -arrêter les pompes d'alimentation -agir sur la Vanne d'arrêt en amont de (FIC-17V) et Vanne d'arrêt en aval de FIC-17V	G4	P2	2*4	
		5.3. défaillance de système de contrôle et de régulation	5.3.1. Effet sur le fonctionnement du sous-système de génération de la vapeur		-passer le réglage du débit de l'eau d'alimentation en manuel. -procéder à un arrêt de la chaudière				-Vérification périodique

Tableau III.3. HAZOP du sous-système de génération de la vapeur (suite)

Id : Sous-système de Génération de la vapeur			Paramètre : Niveau						
Mot-clé	Déviaton	Causes	Conséquences	Détection	La protection existante	G	P	C	Recommandation
moins de	6. bas niveau	2.1. Bas débit d'eau d'alimentation	2.1.1. bas niveau au niveau des ballons	PI 32 : indicateur de pression	Alarme LAL du Switch du niveau bloc BMS « LSL »	G2	P2	2*2	
			2.2.2. Endommagement des ballons (fissure)	LG 8 : niveau de la chaudière	système de régulation des paramètres « indicateur - opérateur de DCS - les vanne de régulation				
			2.2.3. rupture des tuyaux si elles ne sont pas complètement remplis		-FIC 17 envoi un signale pour l'ouverture de la vanne FV 17	G5	P2	2*5	
		2.2. Fuite au niveau des ballons	2.2.1. Perte de produit (eau de chaudière)	PI 32 : indicateur de pression	-Alarme LAL du Switch du niveau bloc BMS « LSL »				-Entretien périodique au niveau du ballon
			2.2.2. Abaissement de la pression au niveau des ballons	LG 8	-Système de bloc de sécurité « BMS » (chaudière en bloc)				
		2.3. défaillance de système de contrôle et de régulation	Fausse indication	Opérateur DCS	-passer le réglage du débit de l'eau d'alimentation en manuel				-Formation des opérateurs pour éviter les erreurs
			2.3.2. Perturbation du fonctionnement du sous-système de génération de la vapeur						

Tableau III.3. HAZOP du sous-système de génération de la vapeur (suite)-

Equipement / Nœud : Sous-système de combustion			Paramètre : Pression						
Mot-clé	Déviatio	Causes	Conséquences	Détection	La protection existante	G	P	C	Recommandation
Plus de	1. haute pression	1.1. haute débit de gaz de combustion	<p>1.1.1. Elévation de la température (échauffement excessive)</p> <p>1.1.2. Mauvaise combustion et excessive</p> <p>1.1.3. Explosion possible de la chambre</p> <p>1.1.4. Survitesse du ventilateur d'extraction de l'aire</p>	<p>PI 23 : indicateur de pression</p> <p>FIC10 : contrôle du débit</p> <p>FI 10 : indication du débit</p> <p>TI 6 : indicateur de la température</p>	<p>-système de bloc de sécurité BMS</p> <p>-Fermeture automatique de l'arrivée de gaz</p> <p>-Intervention humaine (fermeture manuelle de la vanne par un opérateur)</p> <p>-FIC 10 envoi un signale pour la fermeture partielle de la vanne FV10</p> <p>-alarme sur le système de contrôle</p>	G5	P2	2*5	<p>-Installation des détecteurs de gaz</p> <p>-Installer un débitmètre à l'entrée du système de combustion</p> <p>-Vérification de système de régulation de gaz de combustion</p>

		1.2. vanne d'alimentation de gaz de combustion bloquée ouverte	<p>1.2.1. Elévation de la température</p> <p>1.2.2. création d'une atmosphère explosive</p> <p>1.2.3. explosion</p>	<p>PI 28 : indicateur de pression</p> <p>PI 23 : indicateur de pression</p>	<p>-Crachement du PSV20</p> <p>-torche allumée</p> <p>-décharge du gaz au Blow-down par l'intermédiaire de la soupape PIC-13 V.</p>	G2	P3	3*2	<p>-Installation des détecteurs de gaz</p> <p>-Teste périodique de la soupape PSV 20</p>
--	--	--	---	---	---	----	----	-----	--

		possible de la chambre de combustion			-système de régulation des paramètres « indicateur - opérateur de DCS - les vanne de régulation				
		1.2.4. Survitesse du ventilateur d'extraction de l'air							
	1.3. Soupape bloquée fermée	1.3.1. explosion de la chambre de combustion 1.3.2. Endommagement des brûleurs et des pilotes 1.3.3. Surpression des tuyauteries 13.4. Corrosion et érosion des éléments de la soupape	PI 28 : indicateur de pression PI 23 : indicateur de pression	-système de bloc de sécurité BMS «chaudière en bloc » - système de régulation des paramètres « indicateur - opérateur de DCS - les vanne de régulation	G5 «G3	P2 P1	2*5 1*3	-Teste périodique des soupapes - Maintenanance préventive ou curative des soupapes -Changement en cas de défaillance	

		1.4. Haute température	1.4.1. Perte des instruments (PI 29, PI 52, PI 61, PI 53, PI 80, PI 83)	TI 6 TI 5	-Injection d'eau (refroidissement par le réseau anti incendie)	G2	P1	1*2	-La mise en place d'un système de régulation de la température
		1.5. défaillance de système de contrôle et de régulation	1.5.1. Perturbation du fonctionnement du sous- système de combustion Fausse indication 1.5.3. possibilité d'arrêt de la chaudière l'impossibilité d'actionner sur les soupapes	Détection visuelle Détection par les détecteurs des sous- systèmes liés	- Utilisation du by passe des vannes automatiques (intervention humain par l'utilisation des vannes manuelles)				-Vérification des SIL de système instrumenté -Maintenance préventives périodique du système instrumenté de sécurité -Inspection périodique

Tableau III.4. HAZOP du sous-système de combustion

Titre / Nœud : Sous-système de combustion			Paramètre : Pression						
Mot-clé	Déviations	Causes	Conséquences	Détection	La protection existante	G	P	C	Recommandation

moins de	2. basse pression	2.1 Fuite au niveau de la ligne de gaz de combustion	2.1.1. création d'une atmosphère explosive 2.1.2. Explosion possible de la chambre de combustion 2.1.3. mauvaise combustion 2.1.3. Risque de surdité en cas de longue exposition au de-là de 90 DB pour une	PI 28 : indicateur de pression PI 23 : indicateur de pression	D�clanchement du système de bloc de sécurité « BMS » (Chaudière en bloc) L'opérateur se chargera d'agir sur les robinets manuels pour les fermer. -Arrêter l'alimentation en gaz de combustion et la bonification de la ligne de gaz avec de l'azote	G2 G5	P3 P2	3*2 2*5	-La mise en place de détecteurs de gaz -Ronde de surveillance -Effectuer un contrôle systématique des lignes pour s'assurer l'absence des fuites.
	2.2. moins de débit du gaz de combustion	2.2.1. absence de combustion 2.2.2. Produit hors spécification 2.2.3. non allumage des bruleurs 2.2.4. le ventilateur ne démarre pas 2.4.5. alarme sur le système de contrôle	FI 10 : indicateur du débit PI 27, PI 23, PI28 : (indicateurs de pression) - chute de température de la combustion	-Ouverture automatique de la vanne FV 10 à travers FIC 10 -D�clanchement du système de bloc de sécurité « BMS » -L'extinction du brûleur par la fermeture automatique des électrovannes -Chaudière en bloc					-Maintenance préventive périodique des vannes FV 10 et FV 12 -Implantation d'un système d'alarme basse pression - Maintenance préventive du système instrumenté de sécurité

2.3. bouchage au niveau de la ligne de gaz de combustion	2.3.1. Abaissement du débit de gaz de combustion 2.3.2. mauvaise combustion 2.3.3. possibilité d'extinction de la flamme des brûleurs	PI 28, PI23, indicateur de pression FI 10 : indicateur de débit	-Déclenchement du système de bloc de sécurité « BMS » -allumer les brûleurs à huile combustible et éteindre ceux à gaz combustible.			Intégrer dans le plan de maintenance les travaux de nettoyage contre le bouchage
2.4. Mauvaise manipulation des vannes de fuel gaz (bloquée fermées)	2.4.1. combustion incomplète 2.4.2. Abaissement du débit de fuel gaz 2.4.3. Extinction de la flamme des pilotes 2.4.4. les brûleurs à gaz combustible s'éteignent automatiquement. 2.4.5. moins de chauffage au niveau de la chambre	FI 10 : indicateur du débit PI 28 : indicateur de pression PI 23 : indicateur de pression	-arrêt des chaudières Dans le cas où les brûleurs sont alimentés uniquement avec du gaz combustible - dans le cas où les brûleurs sont alimentés simultanément par du gaz et par de l'huile combustible, il y a passage automatique de l'alimentation du gaz combustible à l'huile combustible			Maintenance préventive des vannes Tâches périodiques des vannes manuelles Implantation d'une vanne automatique en cascade avec le système de contrôle du niveau

Tableau III.4. Hazop du sous-système de combustion (suite)-

Equipement / Nœud : Sous-système de combustion			Paramètre : débit				
Mot-clé	Déviation	Causes	Conséquences	Détection	La protection existante	G P C	Recommandation

Plus de	3. haut débit	3.1. les vanne de régulation du débit de gaz de combustion FV10 et FV12 bloqué ouverte	3.1.1 Haut pression du fuel gaz 3.1.2. Haut température au niveau de la chambre de combustion mauvaise combustion 3.1.4. produit hors specification	PI 23 : indicateur de pression FI 10 : indication du débit Opérateur DCS	Intervention humaine (fermeture manuelle de la vanne de régulation du débit du gaz des pilotes par un opérateur)				-La mise en place d'un débit mètre pour contrôler le débit de gaz de combustion
		3.2. Haute pression de l'eau de chaudière	3.2.1. Elévation de la température 3.2.2. Consommation excessive du fuel gaz 3.2.3. Elévation du niveau de l'eau de chaudière au niveau des ballons	FI 10 : indication du débit PI 32 : indicateur de pression	-Crachement du PSV 20 -système de régulation des paramètres « indicateur - opérateur de DCS - les vanne de régulation				-Teste périodique du PSV 20
		3.3 Basse température de la vapeur	3.3.1 Produit hors specification	TI 18 (indicateur de la température)	-système de régulation des paramètres « indicateur - opérateur de DCS - les vanne de régulation				

		3.4 Défaillance du système de contrôle et de régulation du débit de gaz de combustion	3.4.1 Haute pression de gaz de combustion Possibilité d'arrêt de la chaudière 3.4.2 Perturbation du fonctionnement du sous-système de combustion	Les détecteurs des sous-systèmes en liasant	-Utilisation du by passe des vannes automatiques « opérateur agir sur les vannes manuelles »				-Maintenance préventive et régulière du système de contrôle et de régulation -Surveillance et inspection périodique
--	--	---	--	---	--	--	--	--	--

Tableau III.4. Hazop du sous-système de combustion (suite)

Equipement / Nœud : Sous-système de combustion			Paramètre : débit						
Mot-clé	Déviations	Causes	Conséquences	Détection	La protection existante	G	P	C	Recommandation
Moins de	4. bas débit	4.1. La vanne FV 10 de régulation du débit bloqué fermées	4.1.1. Basse pression du fuel gaz mauvaise combustion 4.1.3. produit hors spécification	PI 23 : indicateur de pression FIC10 contrôle du débit FI 10 : indication du débit	-système de régulation des paramètres « indicateur - opérateur de DCS - les vanne de régulation				- Maintenance préventive des vannes -Vérification des SIL du système instrumenté
	4.2. la vanne PV 22 bloquée fermée	4.2.1. basse température au niveau de la chambre de combustion 4.2.2. basse pression du fuel gaz	PI 23 : indicateur de pression PI 25 : indicateur de pression	FIC 10 envoi un signal afin d'ouvrir la vanne FV 10 -régulation du rapport air/gaz					-Maintenance préventive périodique de la vanne PV 22 -Etudier la possibilité

	4.2.3. basse température de la vapeur sortie de la chambre de combustion 4.2.4. produit hors spécification (vapeur humide)	PI 29 : indicateur de pression	-arrêt de la chaudière (Système en bloc)				d'installer une vanne de secours en parallèle de la vanne PV 22
4.3. les vannes manuelles bloquées fermées	4.3.1. basse pression du fuel gaz 4.3.2. Extinction de la flamme des pilotes combustion incomplète arrêt de la chaudière	PI 29 : indicateur de pression Détection visuelle	-régulation de rapport air/gaz pour une bonne combustion - FIC 10 envoi un signal afin d'ouvrir la vanne FV 10				-Teste périodique des vannes manuelles
4.4. Défaillance de système de contrôle et de régulation du débit du fuel gaz	4.4.1. effet sur le fonctionnement du sous-système de combustion arrêt de la chaudière	Détection visuelle	-Utilisation du by pass des vannes automatiques « opérateur agir sur les vannes manuelles				-Vérification des SIL du système instrumenté

		Fuite au niveau de la ligne de gaz	Moins de combustion Explosion possible de la chambre de combustion Diminution de la température Création d'une atmosphère explosive près de la chaudière	-Chute de température de combustion -Chute de pression de gaz	-arrêt de la chaudière -alarme de système de régulation (DCS) -isolement de l'alimentation en gaz -système de bloc de sécurité « BMS » (chaudière en bloc)	G5	P2	2*5	-La mise en place des détecteurs de gaz
						G2	P3	2*3	

Tableau III.4. HAZOP du sous-système de combustion (suite)-

Equipement / Nœud : Sous-système de tirage de l'aire			Paramètre : debit						
Mot-clé	Déviatiion	Causes	Conséquences	Détection	La protection existante	G	P	C	Recommandation

Plus de	1. haute debit	1.1. Survitesses du ventilateur MK 1 de tirage forcé de l'aire de combustion	1.1.1. Elévation de la pression au niveau de la chambre de combustion 1.1.2. Haute pression de l'aire de combustion 1.1.3. Surcharge de l'angström vibration 1.1.4. endommagement mécanique du ventilateur	-PI 87 (indicateur de pression d'air) -FI 14 (indicateur de débit d'air) -détecteur de vitesse (les sondes)	-Contrôle du débit de l'aire de combustion à partir du FIC 14 par la fermeture partielle de la vanne FV 14 -Contrôler le fonctionnement correct du ventilateur de l'air de combustion, - système de bloc de sécurité « BMS » (chaudière en bloc)				- Maintenance préventive des vannes
		1.2 Mauvaise fonctionnement de la vanne FV 14 (bloquée ouvert)	1.2.1 Haut pression d'aire de combustion 1.2.2 Mauvaise échauffement de l'aire par l'angström 1.2.2 Combustion incomplete	PI 87 : indicateur de pression	-système de régulation des paramètres « indicateur - opérateur de DCS - les vanne de régulation				-Maintenance préventive périodique de la vanne FV 14
		1.3 Défaillance du système de contrôle et de régulation du débit d'aire	1.3.1 Perturbation de fonctionnement du sous- système de tirage de l'aire Fausse indication	Opérateur DCS	-système de bloc de sécurité « BMS » (chaudière en bloc)				

Tableau III.5. Hazop du sous-système de tirage de l'air

Equipement / Nœud : Sous-système de tirage de l'aire			Paramètre : debit						
Mot-clé	Déviaton	Causes	Conséquences	Détection	La protection existante	G	P	C	Recommandation
Moins de 2. bas debit		2.1. Ventilateur MK 1 d'extraction de l'aire en panne	2.1.1. Abaissement de la pression de l'aire de combustion 2.2.2. Combustion incomplète 2.2.3. L'aire d'entrer dans la chambre de combustion insuffisant une faible flame	PI 87 : indicateur de pression Décteur de la vitesse (les sondes)	-arrêt d'urgence de la chaudière (système de bloc de sécurité « BMS ») -alarme de basse pression d'aire au niveau de système de régulation (DCS)				Entretien préventive du ventilateur MK 1
		2.2. La vanne FV 14 trop fermée	2.2.1. Basse pression de l'aire de combustion 2.2.2. Combustion incomplète 2.2.3. Extinction de la flamme des bruleurs	PI 87 : indicateur de pression La haute température des fumés	-la régulation du rapport air/gaz pour une bonne combustion -utilisation du by passe de la FV 14				-Entretien préventive de la vanne FV 14
		2.3 Manque d'énergie électrique	2.3.1 Arrêt de la chaudière qui provoque l'arrêt d'urgence de toutes les unités de RA1K						

Tableau III.5. HAZOP du sous-système de tirage de l'air (suite)

Equipement / Nœud : Sous-système de tirage de l'aire			Paramètre : Température						
Mot-clé	Déviaton	Causes	Conséquences	Détection	La protection existante	G	P	C	Recommandation

Plus de	3. haute température	3.1 haute température des fumées	3.1.1 Echauffement excessive de l'aire Surchauffer la vapeur 3.1.3 Elévation de la température au niveau du cheminé et du MK4 Air surchauffé 3.1.5 Augmentation de la vitesse du ventilateur d'aspiration d'air	TI16 et PI39 (indique la température et la pression au niveau du surchauffeur2) TI18 (indique la température au niveau du surchauffeur1) TI21 ET PI10 (pression et température du cheminé)	-Système eau de refroidissement -Arrêt du procédé « BMS » -système de régulation des paramètres « indicateur - opérateur de DCS - les vanne de régulation				-Dispositifs limiteur (de pression, température, niveau et conductivité) -Dispositif de sécurité pour régulation de la température
		3.2 Défaillance du système de régulation et de contrôle	3.2.1 Perturbation de fonctionnement du système tirage d'air	Opérateur DCS	système de bloc de sécurité « BMS » (chaudière en boc)				-Test périodique des systèmes et des équipements
		3.3 Feu externe	Perte des instruments Haute température 3.3.3 Explosion de la chambre de combustion	Détection visuelle Détecteur incendie	-Arrêt du procédé (déclenchement du système de bloc de sécurité BMS)	G2 G5	P1 P2	1*2 4*2	-Alarme sonore en cas de détection du feu -Système d'isolement du feu

Tableau III.5. HAZOP du sous-système de tirage de l'air (suite)-

Sous-système de tirage de l'aire			Paramètre : Température				
Mot-clé	Déviaton	Causes	Conséquences	Détection	La protection existante	G P C	Recommandation

moins de 4.	basse température	4.1 basse température des fumées	4.1.1 Air non chauffé Vapeur non chauffé Eau non chauffé	TI21 PI 10 PI39 TI16 TI18 PI87	-système de bloc de sécurité « BMS » (chaudière en boc) -système de régulation des paramètres « indicateur - opérateur de DCS - les vanne de régulation				-Dispositif de sécurité pour régulation automatique de la température des fumés
		4.2 Défaillance du système de la régulation et de contrôle	4.2.1 Perturbation du fonctionnement du système tirage d'air	Détection visuelle	-By passe des vannes automatiques (intervention de l'opérateur pour la fermeture des vannes manuelles)				-Test périodique des systèmes et des équipements

Id : Sous-système de tirage de l'aire			Paramètre : debit						
Mot-clé	Déviaton	Causes	Conséquences	Détection	La protection existante	G	P	C	Recommandation
Plus de 5.		5.1 le haut débit du gaz de combustion	5.1.1 Elévation de la pression au niveau de la chambre de combustion 5.1.2 Haute débit de l'aire de combustion Haut pression d'aire de combustion	PI 87 (indicateur de pression) FI 14 (indicateur de débit)	-Contrôle du débit de l'aire de combustion à partir du FIC 14 par la fermeture partielle de la vanne FV 14 -Contrôler le fonctionnement correct du ventilateur MK1				-Maintenance préventive du ventilateur et des vannes

	haute debit	5.2 Défaillance du système de régulation et de contrôle	5.2.1 Perturbation du fonctionnement du sous-système de combustion 1.5.2. Fausse indication 1.5.3. possibilité d'arrêt de la chaudière	Opérateur DCS	-By passe des vannes automatiques (intervention de l'opérateur pour la fermeture des vannes manuelles)				-Inspection périodique
moins de	6. Bas debit	6.1. basse pression et débit du gaz de combustion	6.1.2 Produit hors spécification 6.1.3 Possibilité de non allumage des bruleurs	PI 87, PI 28, PI23 (indicateurs de pression)	-Déclenchement du système bloc de sécurité «BMS » -système de régulation des paramètres « indicateur - opérateur de DCS - les vanne de régulation				-Maintenance préventive du ventilateur -détecteurs de gaz
		6.2 fuite au niveau du ventilateur	6.2.1 Volume d'air insuffisant pour la combustion (Arrêt de la chaudière)	PI 87 (indicateur de pression)	-Contrôler le fonctionnement correct du ventilateur MK1 -Déclenchement du système bloc de sécurité «BMS »				-Effectuer un contrôle systématique pour s'assurer l'absence des fuites.

III .4.3. Interprétation des résultats de l'analyse par HAZOP

Les tableaux que nous avons effectués par l'application de la méthode HAZOP, nous permet d'identifier tous les risques liés aux paramètres thermo-hydrauliques du fonctionnement de notre système d'étude « chaudière 1050-G1 », il ressort que les principales déviations de ces paramètres conduisant à des accidents potentiels sont principalement :

1- Au niveau du sous-système d'alimentation et de dégazage :

❖ La haute pression est causé par :

- haute pression du condensat d'alimentation,
- haute débit d'eau d'alimentation, haute pression de la vapeur LS de barbotage,
- blocage en position fermé des vannes de drainage,
- défaillance de système de contrôle et de régulation,
- haute température

❖ La haute température est causé par :

- haute température de la vapeur LS,
- haute température du condensat,
- feu externe,

❖ Bas niveau est causé par :

- bas débit d'eau déminéralisé,
- les vannes de drainages bloquées ouverte,
- fuite du ballon

2- au niveau du sous-système de génération de la vapeur

❖ Haute pression est causé par :

- haute température,
- excès échauffement au niveau de la chambre de combustion,
- défaillance de système de contrôle et de régulation

❖ Haute température est causé par :

- haute débit de gaz de combustion,
- feu externe,
- défaillance de système de contrôle et de régulation

❖ Bas niveau est causé par :

- bas débit d'eau d'alimentation,
- fuite du ballon,
- défaillance de système de contrôle et de régulation

3- au niveau du sous-système de combustion

❖ Haute pression est causé par :

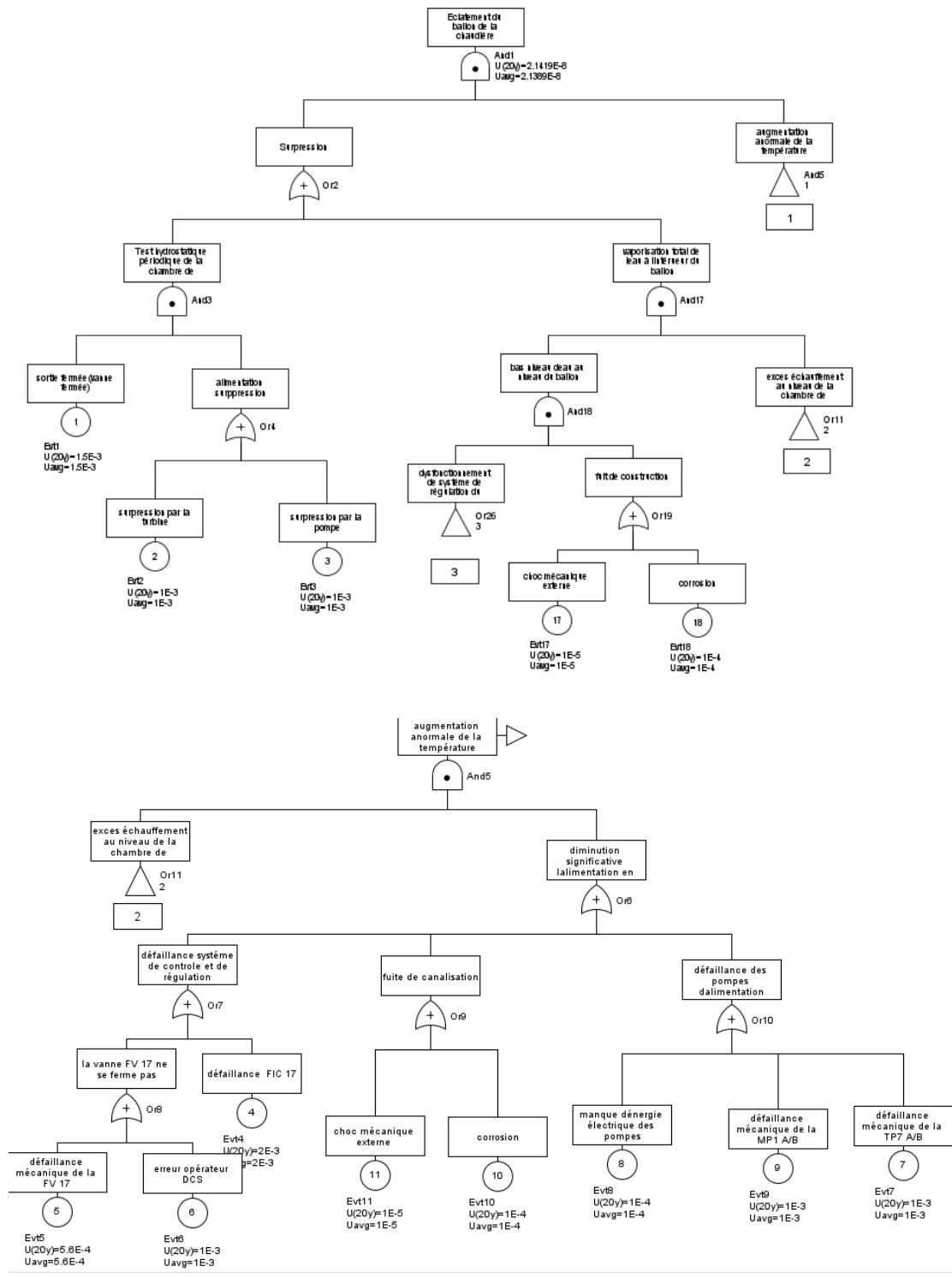
- haute débit de gaz de combustion,
- la vanne d'alimentation du gaz bloquée ouverte,
- soupape de sécurité bloqué ouverte,
- haute température,

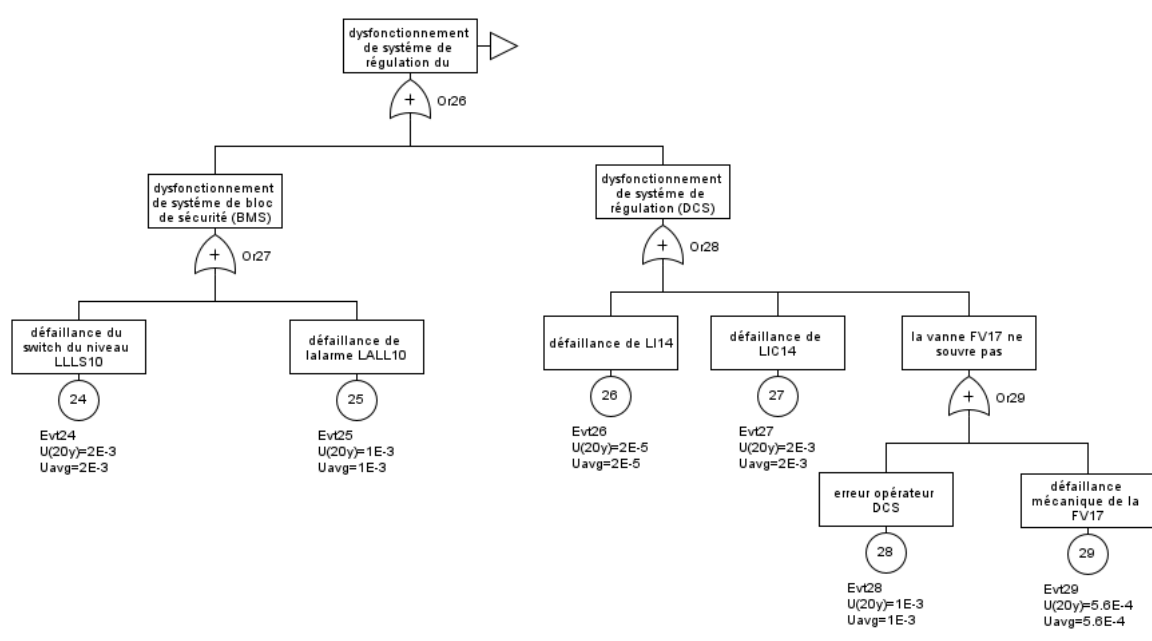
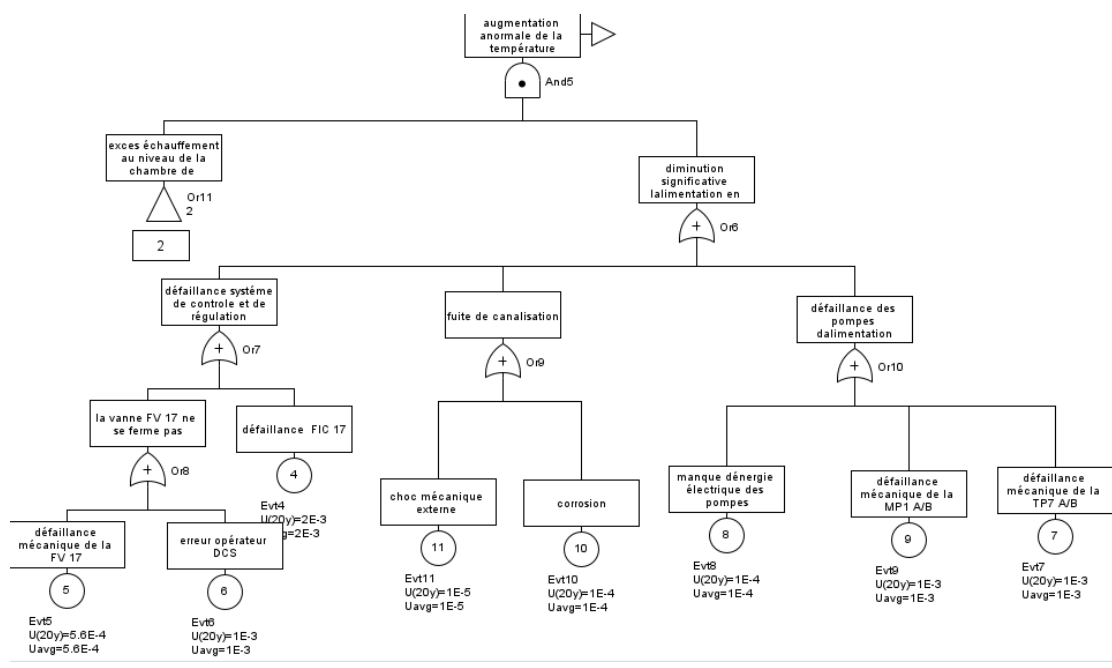
❖ Haute débit est causé par :

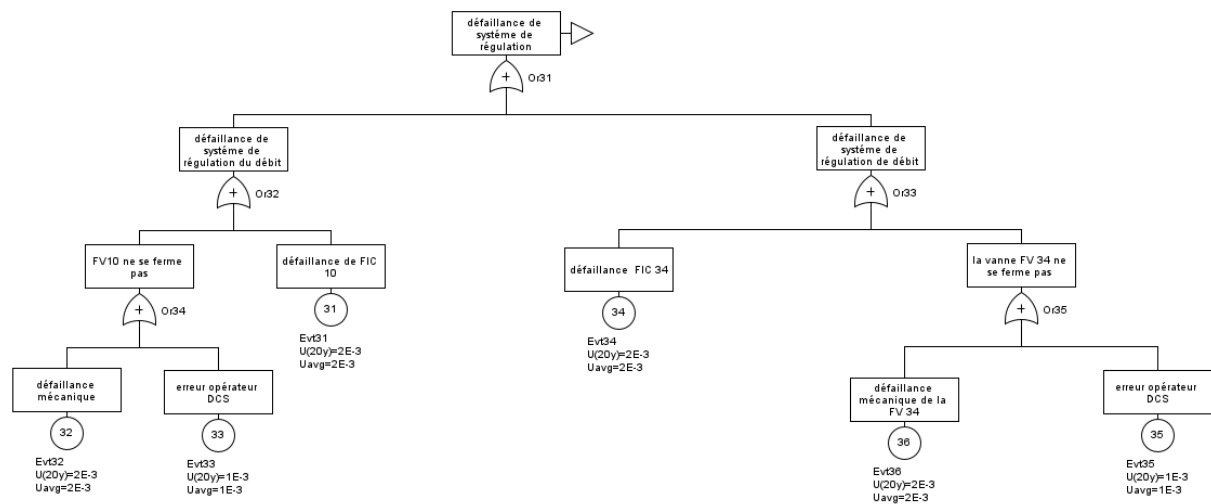
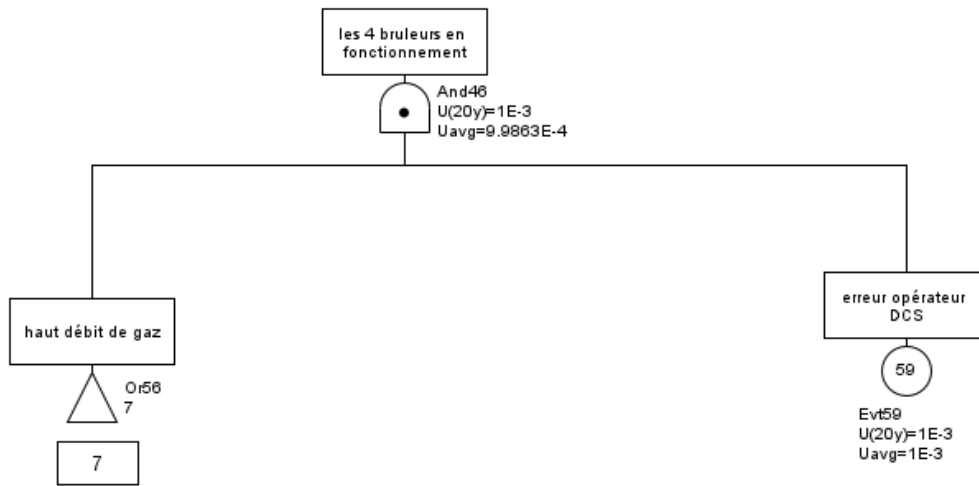
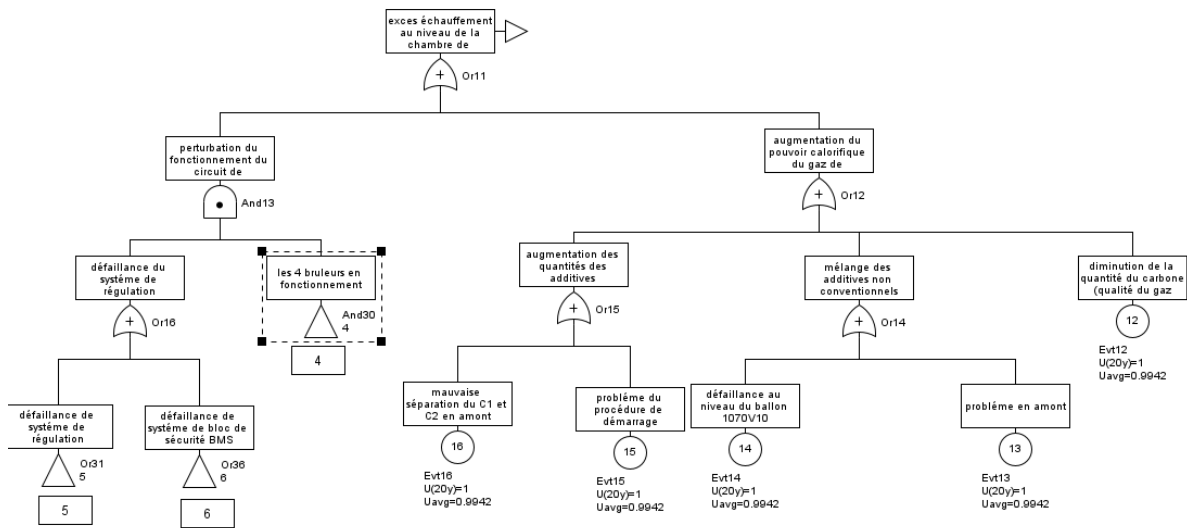
- les vannes de régulation du débit de gaz bloquée ouvertes,
- haute pression de l'eau de chaudière,
- défaillance de système de contrôle et de régulation.

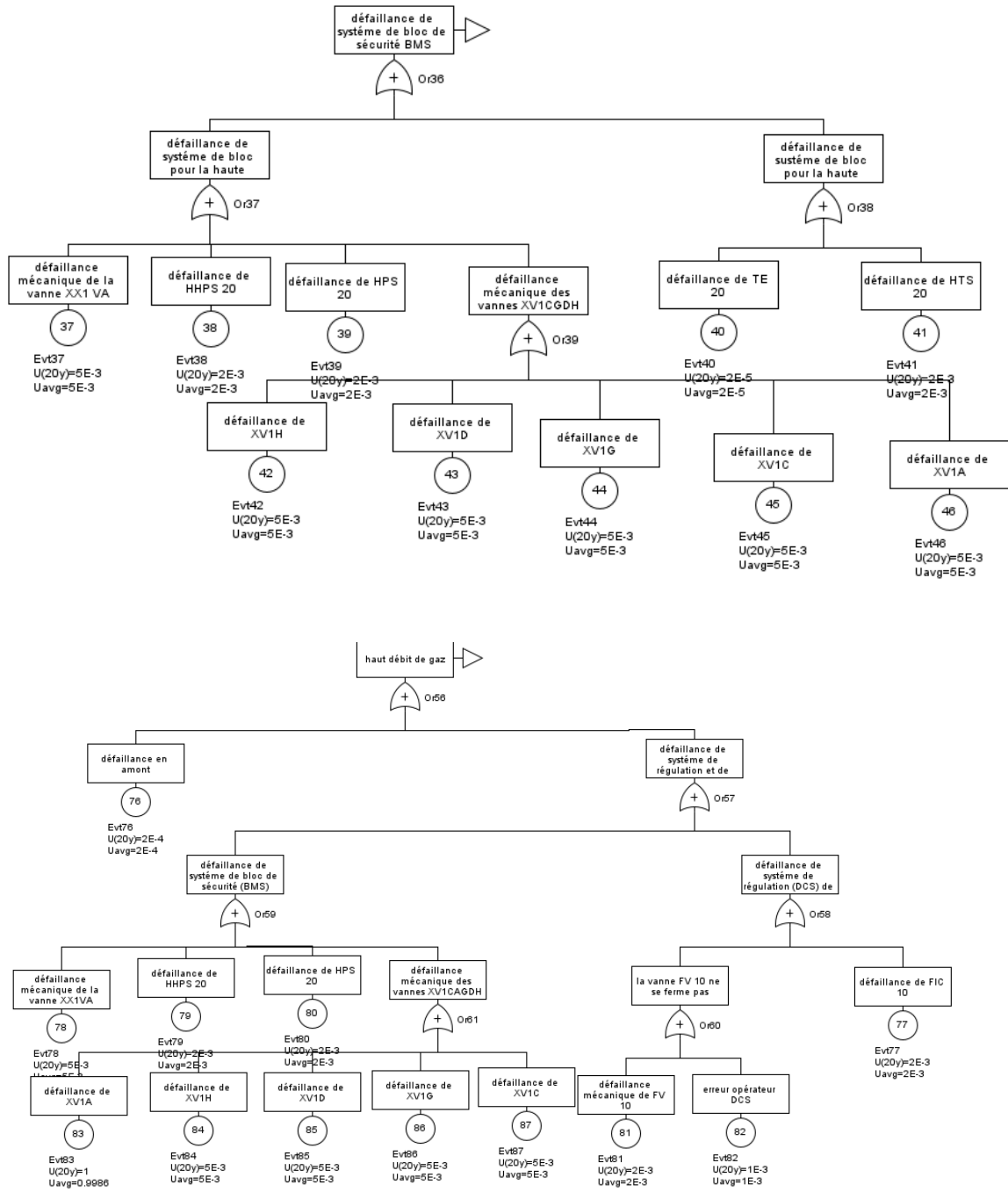
III.5. Application de la méthode Arbre de Défaillance :

La modélisation de la chaudière 1050 G 1 par la méthode AdD en utilisant le logiciel GRIF est montrée par la figure III.1.









Opér.

Figure III.1 : les figures sont représentée L'ADD relatif à ce scénario

• Résultat et discussion

Recherche les coupes minimales :

Les résultats des coupes minimales de l'évènement :éclatement du ballon du chaudière

Probabilités Facteurs d'importance Coupes Temps moyens Résultats Info

Modes de défaillance

Synthèse des coupes Liste des coupes Détails des coupes

Système

Système

Eclatement du ballon de la chaudière

Système = Eclatement du ballon de la chaudière, Système = Eclatement du ballon de l...

Ordre	Nombre de coupes
all	2.2064E4
0	0
1	0
2	0
3	0
4	560
5	0
6	2.1504E4

Synthèse des coupes Liste des coupes Détails des coupes

Cible de calcul Eclatement du ballon de la chaudière

☑ Limiter le nombre de coupes

Trier les coupes par : Ordre

Ordre	Coupe	Probabilité (coupe)
4	corrosion, problème en amont, corrosion, défaillance de LIC14	1.9997E-11
4	choc mécanique externe, problème en amont, corrosion, dé...	1.9997E-12
4	problème en amont, corrosion, défaillance de LIC14, défailla...	3.9994E-10
4	problème en amont, corrosion, défaillance de LIC14, erreur o...	1.9997E-10
4	problème en amont, corrosion, défaillance de LIC14, défailla...	1.1198E-10
4	problème en amont, corrosion, défaillance de LI14, défaillan...	1.9997E-12
4	problème en amont, corrosion, défaillance de LI14, défaillan...	1.9997E-12
4	problème en amont, corrosion, défaillance de LI14, manque ...	1.9997E-13
4	corrosion, problème en amont, corrosion, défaillance de LI14	1.9997E-13
4	choc mécanique externe, problème en amont, corrosion, dé...	1.9997E-14
4	problème en amont, corrosion, défaillance de LI14, défaillan...	3.9994E-12
4	problème en amont, corrosion, défaillance de LI14, erreur op...	1.9997E-12
4	problème en amont, corrosion, défaillance de LI14, défaillan...	1.1198E-12
4	problème en amont, corrosion, défaillance de l'alarme LALL1...	9.9984E-11
4	problème en amont, corrosion, défaillance de l'alarme LALL1...	9.9984E-11
4	problème en amont, corrosion, défaillance de l'alarme LALL1...	9.9984E-12
4	corrosion, problème en amont, corrosion, défaillance de lala...	9.9984E-12
4	choc mécanique externe, problème en amont, corrosion, dé...	9.9984E-13
4	problème en amont, corrosion, défaillance de l'alarme LALL1...	1.9997E-10
4	problème en amont, corrosion, défaillance de l'alarme LALL1...	9.9984E-11
4	problème en amont, corrosion, défaillance de l'alarme LALL1...	5.5991E-11

Synthèse des coupes Liste des coupes Détails des coupes

Cible de calcul Eclatement du ballon de la chaudière

☑ Limiter le nombre de coupes

Trier les coupes par : Ordre

Ordre	Coupe	Probabilité (coupe)
4	problème en amont, corrosion, défaillance du switch du niv...	1.9997E-10
4	problème en amont, corrosion, défaillance du switch du niv...	1.9997E-10
4	problème en amont, corrosion, défaillance du switch du niv...	1.9997E-11
4	corrosion, problème en amont, corrosion, défaillance du swi...	1.9997E-11
4	choc mécanique externe, problème en amont, corrosion, dé...	1.9997E-12
4	problème en amont, corrosion, défaillance du switch du niv...	3.9994E-10
4	problème en amont, corrosion, défaillance du switch du niv...	1.9997E-10
4	problème en amont, corrosion, défaillance du switch du niv...	1.1198E-10
4	problème en amont, choc mécanique externe, défaillance ...	5.5991E-12
4	problème en amont, choc mécanique externe, défaillance ...	5.5991E-12
4	problème en amont, choc mécanique externe, défaillance ...	5.5991E-13
4	corrosion, problème en amont, choc mécanique externe, déf...	5.5991E-13
4	choc mécanique externe, problème en amont, choc mécan...	5.5991E-14
4	problème en amont, choc mécanique externe, défaillance ...	1.1198E-11
4	problème en amont, choc mécanique externe, défaillance ...	5.5991E-12
4	problème en amont, choc mécanique externe, défaillance ...	3.1355E-12
4	problème en amont, choc mécanique externe, erreur opérat...	9.9984E-12
4	problème en amont, choc mécanique externe, erreur opérat...	9.9984E-12
4	problème en amont, choc mécanique externe, erreur opérat...	9.9984E-13
4	corrosion, problème en amont, choc mécanique externe, err...	9.9984E-13

Synthèse des coupes Liste des coupes Détails des coupes

Cible de calcul : Eclatement du ballon de la chaudière Limiter le nombre de coupes

Trier les coupes par :

Ordre	Coupe	Probabilité (coupe)
4	corrosion,problème en amont,choc mécanique externe,err...	9.9984E-13
4	choc mécanique externe ,problème en amont,choc mécan...	9.9984E-14
4	problème en amont,choc mécanique externe,erreur opérat...	1.9997E-11
4	problème en amont,choc mécanique externe,erreur opérat...	9.9984E-12
4	problème en amont,choc mécanique externe,erreur opérat...	5.5991E-12
4	problème en amont,choc mécanique externe,défaillance d...	1.9997E-11
4	problème en amont,choc mécanique externe,défaillance d...	1.9997E-11
4	problème en amont,choc mécanique externe,défaillance d...	1.9997E-12
4	corrosion,problème en amont,choc mécanique externe,déf...	1.9997E-12
4	choc mécanique externe ,problème en amont,choc mécan...	1.9997E-13
4	problème en amont,choc mécanique externe,défaillance d...	3.9994E-11
4	problème en amont,choc mécanique externe,défaillance d...	1.9997E-11
4	problème en amont,choc mécanique externe,défaillance d...	1.1198E-11
4	problème en amont,choc mécanique externe,défaillance d...	1.9997E-13
4	problème en amont,choc mécanique externe,défaillance d...	1.9997E-13
4	problème en amont,choc mécanique externe,défaillance d...	1.9997E-14
4	corrosion,problème en amont,choc mécanique externe,déf...	1.9997E-14
4	choc mécanique externe ,problème en amont,choc mécan...	1.9997E-15
4	problème en amont,choc mécanique externe,défaillance d...	3.9994E-13
4	problème en amont,choc mécanique externe,défaillance d...	1.9997E-13
4	problème en amont,choc mécanique externe,défaillance d...	1.1198E-13

samedi, 28 juin 2025 20:21:36 GMT+01:00 - GRIF : 15.9.0.0

Synthèse des coupes Liste des coupes Détails des coupes

Cible de calcul : Eclatement du ballon de la chaudière Limiter le nombre de coupes

Trier les coupes par :

Ordre	Coupe	Probabilité (coupe)
4	corrosion,défaillance au niveau du ballon 1070V10,corrosio...	5.5991E-12
4	choc mécanique externe ,défaillance au niveau du ballon 1...	5.5991E-13
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,corrosion,défaillan...	1.1198E-10
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,corrosion,défaillan...	5.5991E-11
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,corrosion,défaillan...	3.1355E-11
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,corrosion,erreur o...	9.9984E-11
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,corrosion,erreur o...	9.9984E-11
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,corrosion,erreur o...	9.9984E-12
4	corrosion,défaillance au niveau du ballon 1070V10,corrosio...	9.9984E-12
4	choc mécanique externe ,défaillance au niveau du ballon 1...	9.9984E-13
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,corrosion,erreur o...	1.9997E-10
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,corrosion,erreur o...	9.9984E-11
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,corrosion,erreur o...	5.5991E-11
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,corrosion,défaillan...	1.9997E-10
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,corrosion,défaillan...	1.9997E-10
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,corrosion,défaillan...	1.9997E-11
4	corrosion,défaillance au niveau du ballon 1070V10,corrosio...	1.9997E-11
4	choc mécanique externe ,défaillance au niveau du ballon 1...	1.9997E-12
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,corrosion,défaillan...	3.9994E-10
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,corrosion,défaillan...	1.9997E-10
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,corrosion,défaillan...	1.1198E-10

Probabilités **Coupes** Temps moyens Résultats Info

Modes de défaillance

Synthèse des coupes **Liste des coupes** Détails des coupes

Cible de calcul Eclatement du ballon de la chaudière Limiter le nombre de coupes

Trier les coupes par : **Ordre**

Ordre	Coupe	Probabilité (coupe)
4	problème en amont, choc mécanique externe, défaillance d...	1.1198E-13
4	problème en amont, choc mécanique externe, défaillance d...	9.9984E-12
4	problème en amont, choc mécanique externe, défaillance d...	9.9984E-12
4	problème en amont, choc mécanique externe, défaillance d...	9.9984E-13
4	corrosion, problème en amont, choc mécanique externe, déf...	9.9984E-13
4	choc mécanique externe , problème en amont, choc mécan...	9.9984E-14
4	problème en amont, choc mécanique externe, défaillance d...	1.9997E-11
4	problème en amont, choc mécanique externe, défaillance d...	9.9984E-12
4	problème en amont, choc mécanique externe, défaillance d...	5.5991E-12
4	problème en amont, choc mécanique externe, défaillance d...	1.9997E-11
4	problème en amont, choc mécanique externe, défaillance d...	1.9997E-11
4	problème en amont, choc mécanique externe, défaillance d...	1.9997E-12
4	corrosion, problème en amont, choc mécanique externe, déf...	1.9997E-12
4	choc mécanique externe , problème en amont, choc mécan...	1.9997E-13
4	problème en amont, choc mécanique externe, défaillance d...	3.9994E-11
4	problème en amont, choc mécanique externe, défaillance d...	1.9997E-11
4	problème en amont, choc mécanique externe, défaillance d...	1.1198E-11
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10, corrosion, défaillan...	5.5991E-11
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10, corrosion, défaillan...	5.5991E-11
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10, corrosion, défaillan...	5.5991E-12
4	corrosion, défaillance au niveau du ballon 1070V10, corrosio...	5.5991E-12

Synthèse des coupes **Liste des coupes** Détails des coupes

Cible de calcul Eclatement du ballon de la chaudière Limiter le nombre de coupes

Trier les coupes par : **Ordre**



Ordre	Coupe	Probabilité (coupe)
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10, corrosion, défaillan...	1.1198E-10
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10, corrosion, défaillan...	1.9997E-12
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10, corrosion, défaillan...	1.9997E-12
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10, corrosion, défaillan...	1.9997E-13
4	corrosion, défaillance au niveau du ballon 1070V10, corrosio...	1.9997E-13
4	choc mécanique externe , défaillance au niveau du ballon 1...	1.9997E-14
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10, corrosion, défaillan...	3.9994E-12
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10, corrosion, défaillan...	1.9997E-12
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10, corrosion, défaillan...	1.1198E-12
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10, corrosion, défaillan...	9.9984E-11
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10, corrosion, défaillan...	9.9984E-11
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10, corrosion, défaillan...	9.9984E-12
4	corrosion, défaillance au niveau du ballon 1070V10, corrosio...	9.9984E-12
4	choc mécanique externe , défaillance au niveau du ballon 1...	9.9984E-13
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10, corrosion, défaillan...	1.9997E-10
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10, corrosion, défaillan...	9.9984E-11
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10, corrosion, défaillan...	5.5991E-11
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10, corrosion, défaillan...	1.9997E-10
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10, corrosion, défaillan...	1.9997E-10
4	corrosion, défaillance au niveau du ballon 1070V10, corrosio...	1.9997E-11

amedi, 28 juin 2025 20:21:36 GMT+01:00 - GRIF : 15.9.0.0

Modes de défaillance

Synthèse des coupes Liste des coupes Détails des coupes

Cible de calcul Eclatement du ballon de la chaudière Limiter le nombre de cou... Filtrer les coupes prépondéran...

Trier les coupes par : Ordre  



Ordre	Coupe	Probabilité (coupe)	Fréquence (coupe)
4	défaillance au niveau du ballon 1...	1.9997E-11	0
4	défaillance au niveau du ballon 1...	1.9997E-12	0
4	corrosion,défaillance au niveau d...	1.9997E-12	0
4	choc mécanique externe ,défailla...	1.9997E-13	0
4	défaillance au niveau du ballon 1...	3.9994E-11	0
4	défaillance au niveau du ballon 1...	1.9997E-11	0
4	défaillance au niveau du ballon 1...	1.1198E-11	0
4	défaillance au niveau du ballon 1...	1.9997E-13	0
4	défaillance au niveau du ballon 1...	1.9997E-13	0
4	défaillance au niveau du ballon 1...	1.9997E-14	0
4	corrosion,défaillance au niveau d...	1.9997E-14	0
4	choc mécanique externe ,défailla...	1.9997E-15	0
4	défaillance au niveau du ballon 1...	3.9994E-13	0
4	défaillance au niveau du ballon 1...	1.9997E-13	0
4	défaillance au niveau du ballon 1...	1.1198E-13	0
4	défaillance au niveau du ballon 1...	9.9984E-12	0
4	défaillance au niveau du ballon 1...	9.9984E-12	0
4	défaillance au niveau du ballon 1...	9.9984E-13	0
4	corrosion,défaillance au niveau d...	9.9984E-13	0
4	choc mécanique externe ,défailla...	9.9984E-14	0
4	défaillance au niveau du ballon 1...	1.9997E-11	0
4	défaillance au niveau du ballon 1...	9.9984E-12	0
4	défaillance au niveau du ballon 1...	5.5991E-12	0

Probabilités Coupes Temps moyens Résultats Info

Modes de défaillance

Synthèse des coupes Liste des coupes Détails des coupes

Cible de calcul Eclatement du ballon de la chaudière Limiter le nombre de coupes

Trier les coupes par : Ordre  

Ordre	Coupe	Probabilité (coupe)
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,choc mécanique e...	5.5991E-12
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,choc mécanique e...	1.9997E-11
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,choc mécanique e...	1.9997E-11
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,choc mécanique e...	1.9997E-12
4	corrosion,défaillance au niveau du ballon 1070V10,choc m...	1.9997E-12
4	choc mécanique externe ,défaillance au niveau du ballon 1...	1.9997E-13
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,choc mécanique e...	3.9994E-11
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,choc mécanique e...	1.9997E-11
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,choc mécanique e...	1.1198E-11
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,choc mécanique e...	1.9997E-13
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,choc mécanique e...	1.9997E-13
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,choc mécanique e...	1.9997E-14
4	corrosion,défaillance au niveau du ballon 1070V10,choc m...	1.9997E-14
4	choc mécanique externe ,défaillance au niveau du ballon 1...	1.9997E-15
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,choc mécanique e...	3.9994E-13
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,choc mécanique e...	1.9997E-13
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,choc mécanique e...	1.1198E-13
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,choc mécanique e...	9.9984E-12
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,choc mécanique e...	9.9984E-12
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,choc mécanique e...	9.9984E-13
4	corrosion,défaillance au niveau du ballon 1070V10,choc m...	9.9984E-13

Probabilités **Coupes** Temps moyens Résultats Info

Modes de défaillance

Synthèse des coupes **Liste des coupes** Détails des coupes

Cible de calcul Eclatement du ballon de la chaudière Limiter le nombre de coupes

Trier les coupes par : **Ordre**

Ordre	Coupe	Probabilité (coupe)
4	corrosion,défaillance au niveau du ballon 1070V10,choc m...	9.9984E-13
4	choc mécanique externe ,défaillance au niveau du ballon 1...	9.9984E-14
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,choc mécanique e...	1.9997E-11
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,choc mécanique e...	9.9984E-12
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,choc mécanique e...	5.5991E-12
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,choc mécanique e...	1.9997E-11
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,choc mécanique e...	1.9997E-11
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,choc mécanique e...	1.9997E-12
4	corrosion,défaillance au niveau du ballon 1070V10,choc m...	1.9997E-12
4	choc mécanique externe ,défaillance au niveau du ballon 1...	1.9997E-13
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,choc mécanique e...	3.9994E-11
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,choc mécanique e...	1.9997E-11
4	défaillance au niveau du ballon 1070V10,choc mécanique e...	1.1198E-11
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	5.5991E-11
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	5.5991E-11
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	5.5991E-12
4	corrosion,diminution de la quantité du carbone (qualité du...	5.5991E-12
4	choc mécanique externe ,diminution de la quantité du car...	5.5991E-13
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.1198E-10
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	5.5991E-11
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	3.1355E-11

samedi, 28 juin 2025 20:21:36 GMT+01:00 - GRIF : 15.9.0.0

Cible de calcul Eclatement du ballon de la chaudière Limiter le nombre de coupes

Trier les coupes par : **Ordre**

Ordre	Coupe	Probabilité (coupe)
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	3.1355E-11
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	9.9984E-11
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	9.9984E-11
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	9.9984E-12
4	corrosion,diminution de la quantité du carbone (qualité du...	9.9984E-12
4	choc mécanique externe ,diminution de la quantité du car...	9.9984E-13
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.9997E-10
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	9.9984E-11
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	5.5991E-11
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.9997E-10
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.9997E-10
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.9997E-11
4	corrosion,diminution de la quantité du carbone (qualité du...	1.9997E-11
4	choc mécanique externe ,diminution de la quantité du car...	1.9997E-12
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	3.9994E-10
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.9997E-10
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.1198E-10
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.9997E-12
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.9997E-12
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.9997E-13
4	corrosion,diminution de la quantité du carbone (qualité du...	1.9997E-13

Cible de calcul : Eclatement du ballon de la chaudière Limiter le nombre de coupes F

Trier les coupes par :

Ordre	Coupe	Probabilité (coupe)
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.1198E-10
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	5.5991E-12
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	5.5991E-12
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	5.5991E-13
4	corrosion, diminution de la quantité du carbone (qualité du...	5.5991E-13
4	choc mécanique externe, diminution de la quantité du car...	5.5991E-14
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.1198E-11
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	5.5991E-12
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	3.1355E-12
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	9.9984E-12
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	9.9984E-12
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	9.9984E-13
4	corrosion, diminution de la quantité du carbone (qualité du...	9.9984E-13
4	choc mécanique externe, diminution de la quantité du car...	9.9984E-14
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.9997E-11
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	9.9984E-12
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	5.5991E-12
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.9997E-11
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.9997E-11
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.9997E-12
4	corrosion, diminution de la quantité du carbone (qualité du...	1.9997E-12

Cible de calcul : Eclatement du ballon de la chaudière Limiter le nombre de coupes F

Trier les coupes par :

Ordre	Coupe	Probabilité (coupe)
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	3.1355E-11
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	9.9984E-11
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	9.9984E-11
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	9.9984E-12
4	corrosion, diminution de la quantité du carbone (qualité du...	9.9984E-12
4	choc mécanique externe, diminution de la quantité du car...	9.9984E-13
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.9997E-10
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	9.9984E-11
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	5.5991E-11
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.9997E-10
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.9997E-10
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.9997E-11
4	corrosion, diminution de la quantité du carbone (qualité du...	1.9997E-11
4	choc mécanique externe, diminution de la quantité du car...	1.9997E-12
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	3.9994E-10
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.9997E-10
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.1198E-10
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.9997E-12
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.9997E-12
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.9997E-13
4	corrosion, diminution de la quantité du carbone (qualité du...	1.9997E-13

Modes de défaillance

Synthèse des coupes Liste des coupes Détails des coupes

Cible de calcul : Eclatement du ballon de la chaudière Limiter le nombre de coupes

Trier les coupes par : Ordre

Ordre	Coupe	Probabilité (coupe)
4	corrosion,diminution de la quantité du carbone (qualité du...	1.9997E-12
4	choc mécanique externe ,diminution de la quantité du car...	1.9997E-13
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	3.9994E-11
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.9997E-11
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.1198E-11
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.9997E-13
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.9997E-13
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.9997E-14
4	corrosion,diminution de la quantité du carbone (qualité du...	1.9997E-14
4	choc mécanique externe ,diminution de la quantité du car...	1.9997E-15
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	3.9994E-13
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.9997E-13
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.1198E-13
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	9.9984E-12
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	9.9984E-12
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	9.9984E-13
4	corrosion,diminution de la quantité du carbone (qualité du...	9.9984E-13
4	choc mécanique externe ,diminution de la quantité du car...	9.9984E-14
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.9997E-11
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	9.9984E-12
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	5.5991E-12

samedi, 28 juin 2025 20:21:36 GMT+01:00 - GRIF : 15.9.0.0

Synthèse des coupes Liste des coupes Détails des coupes

Cible de calcul : Eclatement du ballon de la chaudière Limiter le nombre de coupes

Trier les coupes par : Ordre

Ordre	Coupe	Probabilité (coupe)
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	5.5991E-12
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.9997E-11
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.9997E-11
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.9997E-12
4	corrosion,diminution de la quantité du carbone (qualité du...	1.9997E-12
4	choc mécanique externe ,diminution de la quantité du car...	1.9997E-13
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	3.9994E-11
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.9997E-11
4	diminution de la quantité du carbone (qualité du gaz natur...	1.1198E-11
4	problème du procédure de démarrage ,corrosion ,défaillanc...	5.5991E-11
4	problème du procédure de démarrage ,corrosion ,défaillanc...	5.5991E-11
4	problème du procédure de démarrage ,corrosion ,défaillanc...	5.5991E-12
4	corrosion ,problème du procédure de démarrage ,corrosion ,...	5.5991E-12
4	choc mécanique externe ,problème du procédure de déma...	5.5991E-13
4	problème du procédure de démarrage ,corrosion ,défaillanc...	1.1198E-10
4	problème du procédure de démarrage ,corrosion ,défaillanc...	5.5991E-11
4	problème du procédure de démarrage ,corrosion ,défaillanc...	3.1355E-11
4	problème du procédure de démarrage ,corrosion ,erreur opé...	9.9984E-11
4	problème du procédure de démarrage ,corrosion ,erreur opé...	9.9984E-11
4	problème du procédure de démarrage ,corrosion ,erreur opé...	9.9984E-12
4	corrosion ,problème du procédure de démarrage ,corrosion ,...	9.9984E-12

Synthèse des coupes Liste des coupes Détails des coupes

Cible de calcul Eclatement du ballon de la chaudière Limiter le nombre de coupes

Trier les coupes par : Ordre

Ordre	Coupe	Probabilité (coupe)
4	corrosion,problème du procédure de démarrage,corrosion,...	9.9984E-12
4	choc mécanique externe ,problème du procédure de déma...	9.9984E-13
4	problème du procédure de démarrage,corrosion,erreur opé...	1.9997E-10
4	problème du procédure de démarrage,corrosion,erreur opé...	9.9984E-11
4	problème du procédure de démarrage,corrosion,erreur opé...	5.5991E-11
4	problème du procédure de démarrage,corrosion,défaillanc...	1.9997E-10
4	problème du procédure de démarrage,corrosion,défaillanc...	1.9997E-10
4	problème du procédure de démarrage,corrosion,défaillanc...	1.9997E-11
4	corrosion,problème du procédure de démarrage,corrosion,...	1.9997E-11
4	choc mécanique externe ,problème du procédure de déma...	1.9997E-12
4	problème du procédure de démarrage,corrosion,défaillanc...	3.9994E-10
4	problème du procédure de démarrage,corrosion,défaillanc...	1.9997E-10
4	problème du procédure de démarrage,corrosion,défaillanc...	1.1198E-10
4	problème du procédure de démarrage,corrosion,défaillanc...	1.9997E-12
4	problème du procédure de démarrage,corrosion,défaillanc...	1.9997E-12
4	problème du procédure de démarrage,corrosion,défaillanc...	1.9997E-13
4	corrosion,problème du procédure de démarrage,corrosion,...	1.9997E-13
4	choc mécanique externe ,problème du procédure de déma...	1.9997E-14
4	problème du procédure de démarrage,corrosion,défaillanc...	3.9994E-12
4	problème du procédure de démarrage,corrosion,défaillanc...	1.9997E-12
4	problème du procédure de démarrage,corrosion,défaillanc...	1.1198E-12

Synthèse des coupes Liste des coupes Détails des coupes

Cible de calcul Eclatement du ballon de la chaudière Limiter le nombre de coupes

Trier les coupes par : Ordre

Ordre	Coupe	Probabilité (coupe)
4	problème du procédure de démarrage,corrosion,défaillanc...	1.1198E-12
4	problème du procédure de démarrage,corrosion,défaillanc...	9.9984E-11
4	problème du procédure de démarrage,corrosion,défaillanc...	9.9984E-11
4	problème du procédure de démarrage,corrosion,défaillanc...	9.9984E-12
4	corrosion,problème du procédure de démarrage,corrosion,...	9.9984E-12
4	choc mécanique externe ,problème du procédure de déma...	9.9984E-13
4	problème du procédure de démarrage,corrosion,défaillanc...	1.9997E-10
4	problème du procédure de démarrage,corrosion,défaillanc...	9.9984E-11
4	problème du procédure de démarrage,corrosion,défaillanc...	5.5991E-11
4	problème du procédure de démarrage,corrosion,défaillanc...	1.9997E-10
4	problème du procédure de démarrage,corrosion,défaillanc...	1.9997E-10
4	problème du procédure de démarrage,corrosion,défaillanc...	1.9997E-11
4	corrosion,problème du procédure de démarrage,corrosion,...	1.9997E-11
4	choc mécanique externe ,problème du procédure de déma...	1.9997E-12
4	problème du procédure de démarrage,corrosion,défaillanc...	3.9994E-10
4	problème du procédure de démarrage,corrosion,défaillanc...	1.9997E-10
4	problème du procédure de démarrage,corrosion,défaillanc...	1.1198E-10
4	problème du procédure de démarrage,choc mécanique ext...	5.5991E-12
4	problème du procédure de démarrage,choc mécanique ext...	5.5991E-12
4	problème du procédure de démarrage,choc mécanique ext...	5.5991E-13
4	corrosion,problème du procédure de démarrage,choc méc...	5.5991E-13

Synthèse des coupes Liste des coupes Détails des coupes

Cible de calcul : Eclatement du ballon de la chaudière Limiter le nombre de coupes

Trier les coupes par : Ordre

Ordre	Coupe	Probabilité (coupe)
4	problème du procédure de démarrage, choc mécanique ext...	5.5991E-12
4	problème du procédure de démarrage, choc mécanique ext...	3.1355E-12
4	problème du procédure de démarrage, choc mécanique ext...	9.9984E-12
4	problème du procédure de démarrage, choc mécanique ext...	9.9984E-12
4	problème du procédure de démarrage, choc mécanique ext...	9.9984E-13
4	corrosion, problème du procédure de démarrage, choc méc...	9.9984E-13
4	choc mécanique externe, problème du procédure de déma...	9.9984E-14
4	problème du procédure de démarrage, choc mécanique ext...	1.9997E-11
4	problème du procédure de démarrage, choc mécanique ext...	9.9984E-12
4	problème du procédure de démarrage, choc mécanique ext...	5.5991E-12
4	problème du procédure de démarrage, choc mécanique ext...	1.9997E-11
4	problème du procédure de démarrage, choc mécanique ext...	1.9997E-11
4	problème du procédure de démarrage, choc mécanique ext...	1.9997E-12
4	corrosion, problème du procédure de démarrage, choc méc...	1.9997E-12
4	choc mécanique externe, problème du procédure de déma...	1.9997E-13
4	problème du procédure de démarrage, choc mécanique ext...	3.9994E-11
4	problème du procédure de démarrage, choc mécanique ext...	1.9997E-11
4	problème du procédure de démarrage, choc mécanique ext...	1.1198E-11
4	problème du procédure de démarrage, choc mécanique ext...	1.9997E-13
4	problème du procédure de démarrage, choc mécanique ext...	1.9997E-13
4	problème du procédure de démarrage, choc mécanique ext...	1.9997E-14

Probabilités Coupes Temps moyens Resultats Intro

Modes de défaillance

Synthèse des coupes Liste des coupes Détails des coupes

Cible de calcul : Eclatement du ballon de la chaudière Limiter le nombre de coupes

Trier les coupes par : Ordre

Ordre	Coupe	Probabilité (coupe)
4	choc mécanique externe, problème du procédure de déma...	1.9997E-13
4	problème du procédure de démarrage, choc mécanique ext...	3.9994E-11
4	problème du procédure de démarrage, choc mécanique ext...	1.9997E-11
4	problème du procédure de démarrage, choc mécanique ext...	1.1198E-11
4	problème du procédure de démarrage, choc mécanique ext...	1.9997E-13
4	problème du procédure de démarrage, choc mécanique ext...	1.9997E-13
4	problème du procédure de démarrage, choc mécanique ext...	1.9997E-14
4	corrosion, problème du procédure de démarrage, choc méc...	1.9997E-14
4	choc mécanique externe, problème du procédure de déma...	1.9997E-15
4	problème du procédure de démarrage, choc mécanique ext...	3.9994E-13
4	problème du procédure de démarrage, choc mécanique ext...	1.9997E-13
4	problème du procédure de démarrage, choc mécanique ext...	1.1198E-13
4	problème du procédure de démarrage, choc mécanique ext...	9.9984E-12
4	problème du procédure de démarrage, choc mécanique ext...	9.9984E-12
4	problème du procédure de démarrage, choc mécanique ext...	9.9984E-13
4	corrosion, problème du procédure de démarrage, choc méc...	9.9984E-13
4	choc mécanique externe, problème du procédure de déma...	9.9984E-14
4	problème du procédure de démarrage, choc mécanique ext...	1.9997E-11
4	problème du procédure de démarrage, choc mécanique ext...	9.9984E-12
4	problème du procédure de démarrage, choc mécanique ext...	5.5991E-12
4	problème du procédure de démarrage, choc mécanique ext...	1.9997E-11

Synthèse des coupes Liste des coupes Détails des coupes

Cible de calcul : Eclatement du ballon de la chaudière Limiter le nombre de coupes

Trier les coupes par : Ordre

Ordre	Coupe	Probabilité (coupe)
4	problème du procédure de démarrage,choc mécanique ext...	1.9997E-11
4	problème du procédure de démarrage,choc mécanique ext...	1.9997E-11
4	problème du procédure de démarrage,choc mécanique ext...	1.9997E-12
4	corrosion,problème du procédure de démarrage,choc méc...	1.9997E-12
4	choc mécanique externe ,problème du procédure de déma...	1.9997E-13
4	problème du procédure de démarrage,choc mécanique ext...	3.9994E-11
4	problème du procédure de démarrage,choc mécanique ext...	1.9997E-11
4	problème du procédure de démarrage,choc mécanique ext...	1.1198E-11
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,défail...	5.5991E-11
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,défail...	5.5991E-11
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,défail...	5.5991E-12
4	corrosion,mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corro...	5.5991E-12
4	choc mécanique externe ,mauvaise séparation du C1 et C2 ...	5.5991E-13
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,défail...	1.1198E-10
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,défail...	5.5991E-11
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,défail...	3.1355E-11
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,erreu...	9.9984E-11
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,erreu...	9.9984E-11
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,erreu...	9.9984E-12
4	corrosion,mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corro...	9.9984E-12
4	choc mécanique externe ,mauvaise séparation du C1 et C2 ...	9.9984E-13

Modos de détaillance

Synthèse des coupes Liste des coupes Détails des coupes

Cible de calcul : Eclatement du ballon de la chaudière Limiter le nombre de coupes

Trier les coupes par : Ordre

Ordre	Coupe	Probabilité (coupe)
4	choc mécanique externe ,mauvaise séparation du C1 et C2 ...	9.9984E-13
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,erreu...	1.9997E-10
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,erreu...	9.9984E-11
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,erreu...	5.5991E-11
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,défail...	1.9997E-10
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,défail...	1.9997E-10
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,défail...	1.9997E-11
4	corrosion,mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corro...	1.9997E-11
4	choc mécanique externe ,mauvaise séparation du C1 et C2 ...	1.9997E-12
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,défail...	3.9994E-10
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,défail...	1.9997E-10
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,défail...	1.1198E-10
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,défail...	1.9997E-12
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,défail...	1.9997E-12
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,défail...	1.9997E-13
4	corrosion,mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corro...	1.9997E-13
4	choc mécanique externe ,mauvaise séparation du C1 et C2 ...	1.9997E-14
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,défail...	3.9994E-12
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,défail...	1.9997E-12
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,défail...	1.1198E-12
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,défail...	9.9984E-11

samedi, 28 juin 2025 20:21:36 GMT+01:00 - GRIF : 15.9.0.0

Modes de défaillance

Synthèse des coupes Liste des coupes Détails des coupes

Cible de calcul : Eclatement du ballon de la chaudière Limiter le nombre de coupes

Trier les coupes par : Ordre

Ordre	Coupe	Probabilité (coupe)
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,défail...	9.9984E-11
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,défail...	9.9984E-11
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,défail...	9.9984E-12
4	corrosion,mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corro...	9.9984E-12
4	choc mécanique externe ,mauvaise séparation du C1 et C2 ...	9.9984E-13
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,défail...	1.9997E-10
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,défail...	9.9984E-11
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,défail...	5.5991E-11
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,défail...	1.9997E-10
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,défail...	1.9997E-10
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,défail...	1.9997E-11
4	corrosion,mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corro...	1.9997E-11
4	choc mécanique externe ,mauvaise séparation du C1 et C2 ...	1.9997E-12
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,défail...	3.9994E-10
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,défail...	1.9997E-10
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,corrosion,défail...	1.1198E-10
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécanique...	5.5991E-12
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécanique...	5.5991E-12
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécanique...	5.5991E-13
4	corrosion,mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc ...	5.5991E-13
4	choc mécanique externe ,mauvaise séparation du C1 et C2 ...	5.5991E-14

Modes de défaillance

Synthèse des coupes Liste des coupes Détails des coupes

Cible de calcul : Eclatement du ballon de la chaudière Limiter le nombre de coupes

Trier les coupes par : Ordre

Ordre	Coupe	Probabilité (coupe)
4	choc mécanique externe ,mauvaise séparation du C1 et C2 ...	5.5991E-14
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécanique...	1.1198E-11
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécanique...	5.5991E-12
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécanique...	3.1355E-12
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécanique...	9.9984E-12
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécanique...	9.9984E-12
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécanique...	9.9984E-13
4	corrosion,mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc ...	9.9984E-13
4	choc mécanique externe ,mauvaise séparation du C1 et C2 ...	9.9984E-14
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécanique...	1.9997E-11
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécanique...	9.9984E-12
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécanique...	5.5991E-12
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécanique...	1.9997E-11
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécanique...	1.9997E-11
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécanique...	1.9997E-12
4	corrosion,mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc ...	1.9997E-12
4	choc mécanique externe ,mauvaise séparation du C1 et C2 ...	1.9997E-13
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécanique...	3.9994E-11
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécanique...	1.9997E-11
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécanique...	1.1198E-11
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécanique...	1.9997E-13

amedi, 28 juin 2025 20:21:36 GMT+01:00 - GRIF : 15.9.0.0

Modes de défaillance

Synthèse des coupes **Liste des coupes** Détails des coupes

Cible de calcul Eclatement du ballon de la chaudière Limiter le nombre de coupes

Trier les coupes par : **Ordre**

Ordre	Coupe	Probabilité (coupe)
4	choc mécanique externe ,mauvaise séparation du C1 et C2 ...	5.5991E-14
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécaniqu...	1.1198E-11
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécaniqu...	5.5991E-12
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécaniqu...	3.1355E-12
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécaniqu...	9.9984E-12
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécaniqu...	9.9984E-12
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécaniqu...	9.9984E-13
4	corrosion,mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc ...	9.9984E-13
4	choc mécanique externe ,mauvaise séparation du C1 et C2 ...	9.9984E-14
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécaniqu...	1.9997E-11
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécaniqu...	9.9984E-12
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécaniqu...	5.5991E-12
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécaniqu...	1.9997E-11
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécaniqu...	1.9997E-11
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécaniqu...	1.9997E-12
4	corrosion,mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc ...	1.9997E-12
4	choc mécanique externe ,mauvaise séparation du C1 et C2 ...	1.9997E-13
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécaniqu...	3.9994E-11
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécaniqu...	1.9997E-11
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécaniqu...	1.1198E-11
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécaniqu...	1.9997E-13

amedi, 28 juin 2025 20:21:36 GMT+01:00 - GRIF : 15.9.0.0

Cible de calcul Eclatement du ballon de la chaudière Limiter le nombre de coupes

Trier les coupes par : **Ordre**

Ordre	Coupe	Probabilité (coupe)
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécaniqu...	1.9997E-13
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécaniqu...	1.9997E-13
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécaniqu...	1.9997E-14
4	corrosion,mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc ...	1.9997E-14
4	choc mécanique externe ,mauvaise séparation du C1 et C2 ...	1.9997E-15
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécaniqu...	3.9994E-13
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécaniqu...	1.9997E-13
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécaniqu...	1.1198E-13
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécaniqu...	9.9984E-12
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécaniqu...	9.9984E-12
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécaniqu...	9.9984E-13
4	corrosion,mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc ...	9.9984E-13
4	choc mécanique externe ,mauvaise séparation du C1 et C2 ...	9.9984E-14
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécaniqu...	1.9997E-11
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécaniqu...	9.9984E-12
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécaniqu...	5.5991E-12
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécaniqu...	1.9997E-11
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécaniqu...	1.9997E-11
4	mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc mécaniqu...	1.9997E-12
4	corrosion,mauvaise séparation du C1 et C2 en amont,choc ...	1.9997E-12
4	choc mécanique externe ,mauvaise séparation du C1 et C2 ...	1.9997E-13

samedi, 28 juin 2025 20:21:36 GMT+01:00 - GRIF : 15.9.0.0

Modes de défaillance

Synthèse des coupes Liste des coupes Détails des coupes

Cible de calcul Eclatement du ballon de la chaudière Limiter le nombre de cou... Filtrer les coupes prépondéran...

Trier les coupes par : Ordre  

Ordre	Coupe	Probabilité (coupe)	Fréquence (coupe)
4	choc mécanique externe ,mauvai...	1.9997E-14	0
4	mauvaise séparation du C1 et C2 ...	3.9994E-12	0
4	mauvaise séparation du C1 et C2 ...	1.9997E-12	0
4	mauvaise séparation du C1 et C2 ...	1.1198E-12	0
4	mauvaise séparation du C1 et C2 ...	9.9984E-11	0
4	mauvaise séparation du C1 et C2 ...	9.9984E-11	0
4	mauvaise séparation du C1 et C2 ...	9.9984E-12	0
4	corrosion,mauvaise séparation du...	9.9984E-12	0
4	choc mécanique externe ,mauvai...	9.9984E-13	0
4	mauvaise séparation du C1 et C2 ...	1.9997E-10	0
4	mauvaise séparation du C1 et C2 ...	9.9984E-11	0
4	mauvaise séparation du C1 et C2 ...	5.5991E-11	0
4	mauvaise séparation du C1 et C2 ...	1.9997E-10	0
4	mauvaise séparation du C1 et C2 ...	1.9997E-10	0
4	mauvaise séparation du C1 et C2 ...	1.9997E-11	0
4	corrosion,mauvaise séparation du...	1.9997E-11	0
4	choc mécanique externe ,mauvai...	1.9997E-12	0
4	mauvaise séparation du C1 et C2 ...	3.9994E-10	0
4	mauvaise séparation du C1 et C2 ...	1.9997E-10	0
4	mauvaise séparation du C1 et C2 ...	1.1198E-10	0
4	mauvaise séparation du C1 et C2 ...	5.5991E-12	0
4	mauvaise séparation du C1 et C2 ...	5.5991E-12	0
4	mauvaise séparation du C1 et C2 ...	5.5991E-13	0

Modes de défaillance

Synthèse des coupes Liste des coupes Détails des coupes

Cible de calcul Eclatement du ballon de la chaudière Limiter le nombre de cou... Filtrer les coupes prépondéran...

Trier les coupes par : Ordre  

Ordre	Coupe	Probabilité (coupe)	Fréquence (coupe)
4	mauvaise séparation du C1 et C2 ...	5.5991E-12	0
4	mauvaise séparation du C1 et C2 ...	5.5991E-13	0
4	corrosion,mauvaise séparation du...	5.5991E-13	0
4	choc mécanique externe ,mauvai...	5.5991E-14	0
4	mauvaise séparation du C1 et C2 ...	1.1198E-11	0
4	mauvaise séparation du C1 et C2 ...	5.5991E-12	0
4	mauvaise séparation du C1 et C2 ...	3.1355E-12	0
4	mauvaise séparation du C1 et C2 ...	9.9984E-12	0
4	mauvaise séparation du C1 et C2 ...	9.9984E-12	0
4	mauvaise séparation du C1 et C2 ...	9.9984E-13	0
4	corrosion,mauvaise séparation du...	9.9984E-13	0
4	choc mécanique externe ,mauvai...	9.9984E-14	0
4	mauvaise séparation du C1 et C2 ...	1.9997E-11	0
4	mauvaise séparation du C1 et C2 ...	9.9984E-12	0
4	mauvaise séparation du C1 et C2 ...	5.5991E-12	0
4	mauvaise séparation du C1 et C2 ...	1.9997E-11	0
4	mauvaise séparation du C1 et C2 ...	1.9997E-11	0
4	mauvaise séparation du C1 et C2 ...	1.9997E-12	0
4	corrosion,mauvaise séparation du...	1.9997E-12	0
4	choc mécanique externe ,mauvai...	1.9997E-13	0
4	mauvaise séparation du C1 et C2 ...	3.9994E-11	0
4	mauvaise séparation du C1 et C2 ...	1.9997E-11	0
4	mauvaise séparation du C1 et C2 ...	1.1198E-11	0

Probabilités **Coupes** Temps moyens Résultats Info

Modes de défaillance

Synthèse des coupes **Liste des coupes** Détails des coupes

Cible de calcul Eclatement du ballon de la chaudière Limiter le nombre de coupes

Trier les coupes par : **Ordre**

Ordre	Coupe	Probabilité (coupe)
4	sortie fermée(vanne fermée), choc mécanique externe , ma...	1.4998E-11
4	sortie fermée(vanne fermée), mauvaise séparation du C1 et ...	2.9995E-9
4	sortie fermée(vanne fermée), mauvaise séparation du C1 et ...	1.4998E-9
4	sortie fermée(vanne fermée), mauvaise séparation du C1 et ...	8.3987E-10
4	sortie fermée(vanne fermée), problème en amont, surpressi...	1.4998E-9
4	sortie fermée(vanne fermée), problème en amont, surpressi...	1.4998E-9
4	sortie fermée(vanne fermée), problème en amont, surpressi...	1.4998E-10
4	sortie fermée(vanne fermée), corrosion, problème en amont...	1.4998E-10
4	sortie fermée(vanne fermée), choc mécanique externe , pro...	1.4998E-11
4	sortie fermée(vanne fermée), problème en amont, surpressi...	2.9995E-9
4	sortie fermée(vanne fermée), problème en amont, surpressi...	1.4998E-9
4	sortie fermée(vanne fermée), problème en amont, surpressi...	8.3987E-10
4	sortie fermée(vanne fermée), défaillance au niveau du ballo...	1.4998E-9
4	sortie fermée(vanne fermée), défaillance au niveau du ballo...	1.4998E-9
4	sortie fermée(vanne fermée), défaillance au niveau du ballo...	1.4998E-10
4	sortie fermée(vanne fermée), corrosion, défaillance au nivea...	1.4998E-10
4	sortie fermée(vanne fermée), choc mécanique externe , défa...	1.4998E-11
4	sortie fermée(vanne fermée), défaillance au niveau du ballo...	2.9995E-9
4	sortie fermée(vanne fermée), défaillance au niveau du ballo...	1.4998E-9
4	sortie fermée(vanne fermée), défaillance au niveau du ballo...	8.3987E-10
4	sortie fermée(vanne fermée), diminution de la quantité du ...	1.4998E-9

Synthèse des coupes **Liste des coupes** Détails des coupes

Cible de calcul Eclatement du ballon de la chaudière Limiter le nombre de coupes

Trier les coupes par : **Ordre**

Ordre	Coupe	Probabilité (coupe)
4	sortie fermée(vanne fermée), diminution de la quantité du ...	1.4998E-9
4	sortie fermée(vanne fermée), diminution de la quantité du ...	1.4998E-9
4	sortie fermée(vanne fermée), diminution de la quantité du ...	1.4998E-10
4	sortie fermée(vanne fermée), corrosion, diminution de la qu...	1.4998E-10
4	sortie fermée(vanne fermée), choc mécanique externe , dim...	1.4998E-11
4	sortie fermée(vanne fermée), diminution de la quantité du ...	2.9995E-9
4	sortie fermée(vanne fermée), diminution de la quantité du ...	1.4998E-9
4	sortie fermée(vanne fermée), diminution de la quantité du ...	8.3987E-10
4	sortie fermée(vanne fermée), problème du procédure de dé...	1.4998E-9
4	sortie fermée(vanne fermée), problème du procédure de dé...	1.4998E-9
4	sortie fermée(vanne fermée), problème du procédure de dé...	1.4998E-10
4	sortie fermée(vanne fermée), corrosion, problème du procè...	1.4998E-10
4	sortie fermée(vanne fermée), choc mécanique externe , pro...	1.4998E-11
4	sortie fermée(vanne fermée), problème du procédure de dé...	2.9995E-9
4	sortie fermée(vanne fermée), problème du procédure de dé...	1.4998E-9
4	sortie fermée(vanne fermée), problème du procédure de dé...	8.3987E-10
4	sortie fermée(vanne fermée), mauvaise séparation du C1 et ...	1.4998E-9
4	sortie fermée(vanne fermée), mauvaise séparation du C1 et ...	1.4998E-9
4	sortie fermée(vanne fermée), mauvaise séparation du C1 et ...	1.4998E-10
4	sortie fermée(vanne fermée), corrosion, mauvaise séparatio...	1.4998E-10
4	sortie fermée(vanne fermée), choc mécanique externe , ma...	1.4998E-11

Probabilités Facteurs d'importance **Coupes** Temps moyens Résultats Info

Modes de défaillance

Synthèse des coupes Liste des coupes Détails des coupes

Cible Synthèse des coupes du ballon de la chaudière Limiter le nombre de cou... Filtrer les coupes prépondéran...

Trier les coupes par :

Ordre	Coupe	Probabilité (coupe)	Fréquence (coupe)
4	sortie fermée(vanne fermée),dimi...	1.4998E-9	2.3533E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),dimi...	1.4998E-9	2.3533E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),dimi...	1.4998E-10	0
4	sortie fermée(vanne fermée),corr...	1.4998E-10	0
4	sortie fermée(vanne fermée),choc...	1.4998E-11	0
4	sortie fermée(vanne fermée),dimi...	2.9995E-9	4.7065E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),dimi...	1.4998E-9	2.3533E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),dimi...	8.3987E-10	1.3178E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),prob...	1.4998E-9	2.3533E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),prob...	1.4998E-9	2.3533E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),prob...	1.4998E-10	0
4	sortie fermée(vanne fermée),corr...	1.4998E-10	0
4	sortie fermée(vanne fermée),choc...	1.4998E-11	0
4	sortie fermée(vanne fermée),prob...	2.9995E-9	4.7065E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),prob...	1.4998E-9	2.3533E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),prob...	8.3987E-10	1.3178E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),mau...	1.4998E-9	2.3533E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),mau...	1.4998E-9	2.3533E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),mau...	1.4998E-10	0
4	sortie fermée(vanne fermée),corr...	1.4998E-10	0
4	sortie fermée(vanne fermée),choc...	1.4998E-11	0
4	sortie fermée(vanne fermée),mau...	2.9995E-9	4.7065E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),mau...	1.4998E-9	2.3533E-16

Probabilités Facteurs d'importance **Coupes** Temps moyens Résultats Info

Modes de défaillance

Synthèse des coupes Liste des coupes Détails des coupes

Cible de calcul Eclatement du ballon de la chaudière Limiter le nombre de cou... Filtrer les coupes prépondéran...

Trier les coupes par :



Ordre	Coupe	Probabilité (coupe)	Fréquence (coupe)
4	sortie fermée(vanne fermée),mau...	2.9995E-9	4.7065E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),mau...	1.4998E-9	2.3533E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),mau...	8.3987E-10	1.3178E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),prob...	1.4998E-9	2.3533E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),prob...	1.4998E-9	2.3533E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),prob...	1.4998E-10	0
4	sortie fermée(vanne fermée),corr...	1.4998E-10	0
4	sortie fermée(vanne fermée),choc...	1.4998E-11	0
4	sortie fermée(vanne fermée),prob...	2.9995E-9	4.7065E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),prob...	1.4998E-9	2.3533E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),prob...	8.3987E-10	1.3178E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),défai...	1.4998E-9	2.3533E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),défai...	1.4998E-9	2.3533E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),défai...	1.4998E-10	0
4	sortie fermée(vanne fermée),corr...	1.4998E-10	0
4	sortie fermée(vanne fermée),choc...	1.4998E-11	0
4	sortie fermée(vanne fermée),défai...	2.9995E-9	4.7065E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),défai...	1.4998E-9	2.3533E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),défai...	8.3987E-10	1.3178E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),dimi...	1.4998E-9	2.3533E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),dimi...	1.4998E-9	2.3533E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),dimi...	1.4998E-10	0
4	sortie fermée(vanne fermée),corr...	1.4998E-10	0

mardi, 1 juillet 2025 12:45:09 GMT+01:00 - GRIF : 15.9.0.0

modes de défaillance

Synthèse des coupes Liste des coupes Détails des coupes

Cible de calcul Eclatement du ballon de la chaudière Limiter le nombre de cou... Filtrer les coupes prépondéran...

Trier les coupes par : Ordre  

Ordre	Coupe	Probabilité (coupe)	Fréquence (coupe)
4	sortie fermée(vanne fermée),dimi...	1.4998E-9	2.3533E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),dimi...	1.4998E-10	0
4	sortie fermée(vanne fermée),corr...	1.4998E-10	0
4	sortie fermée(vanne fermée),choc...	1.4998E-11	0
4	sortie fermée(vanne fermée),dimi...	2.9995E-9	4.7065E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),dimi...	1.4998E-9	2.3533E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),dimi...	8.3987E-10	1.3178E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),prob...	1.4998E-9	2.3533E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),prob...	1.4998E-9	2.3533E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),prob...	1.4998E-10	0
4	sortie fermée(vanne fermée),corr...	1.4998E-10	0
4	sortie fermée(vanne fermée),choc...	1.4998E-11	0
4	sortie fermée(vanne fermée),prob...	2.9995E-9	4.7065E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),prob...	1.4998E-9	2.3533E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),prob...	8.3987E-10	1.3178E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),mau...	1.4998E-9	2.3533E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),mau...	1.4998E-9	2.3533E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),mau...	1.4998E-10	0
4	sortie fermée(vanne fermée),corr...	1.4998E-10	0
4	sortie fermée(vanne fermée),choc...	1.4998E-11	0
4	sortie fermée(vanne fermée),mau...	2.9995E-9	4.7065E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),mau...	1.4998E-9	2.3533E-16
4	sortie fermée(vanne fermée),mau...	8.3987E-10	1.3178E-16

Tableau III.6: Détermination des coupes minimales

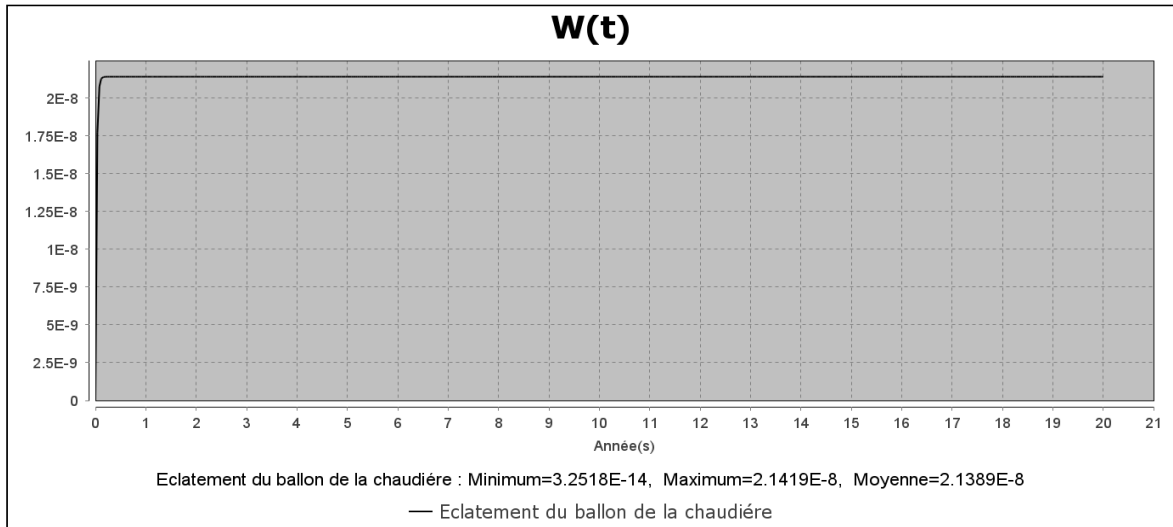
➤ **Résultat de l'événement éclatement du ballon de la chaudière**

- **Résultat de la fréquence d'éclatement de la chaudière :**

Probabilités Coupes Temps moyens Résultats Info

Synthèse

U(t)	w(t)	$\lambda_{eq}(t)$	F(t)	R(t)
Système	Min	Max	Moyenne	Integrale
Eclatement du ballon de l...	0	1.071E-10	1.5181E-13	2.6597E-8



la fréquence moyenne de l'éclatement du ballon de la chaudière qui est une valeurs montante est $1.5181 \cdot 10^{-13}$ qui est une valeur importante

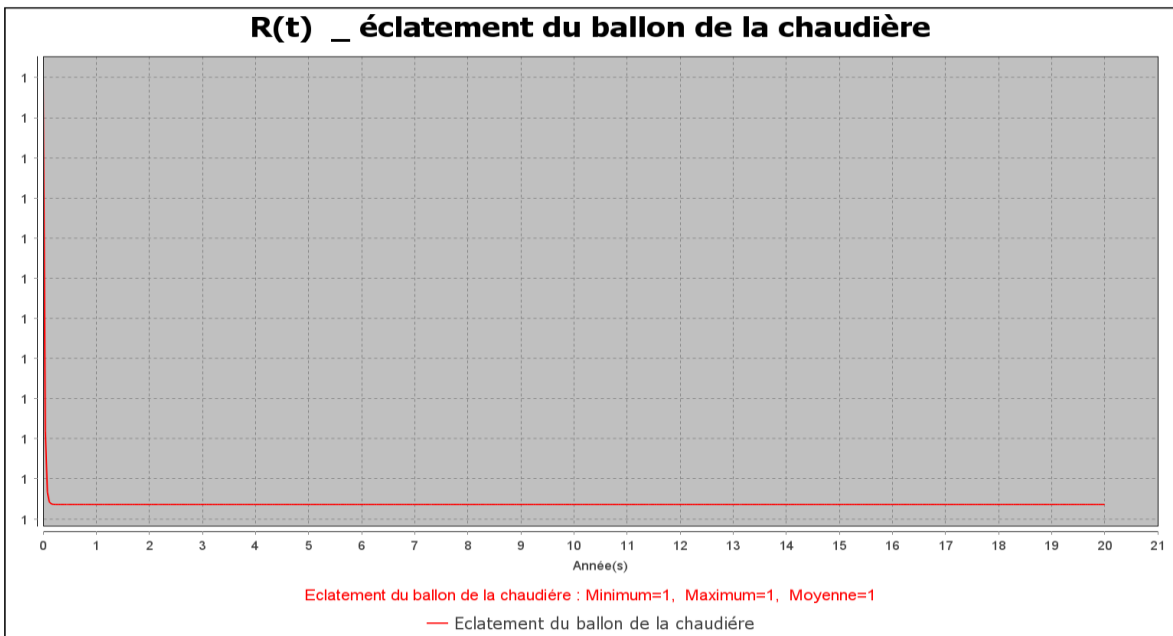


Figure III.2: La courbe de la fiabilité de l'éclatement du ballon de la chaudière au bout de 20 ANS

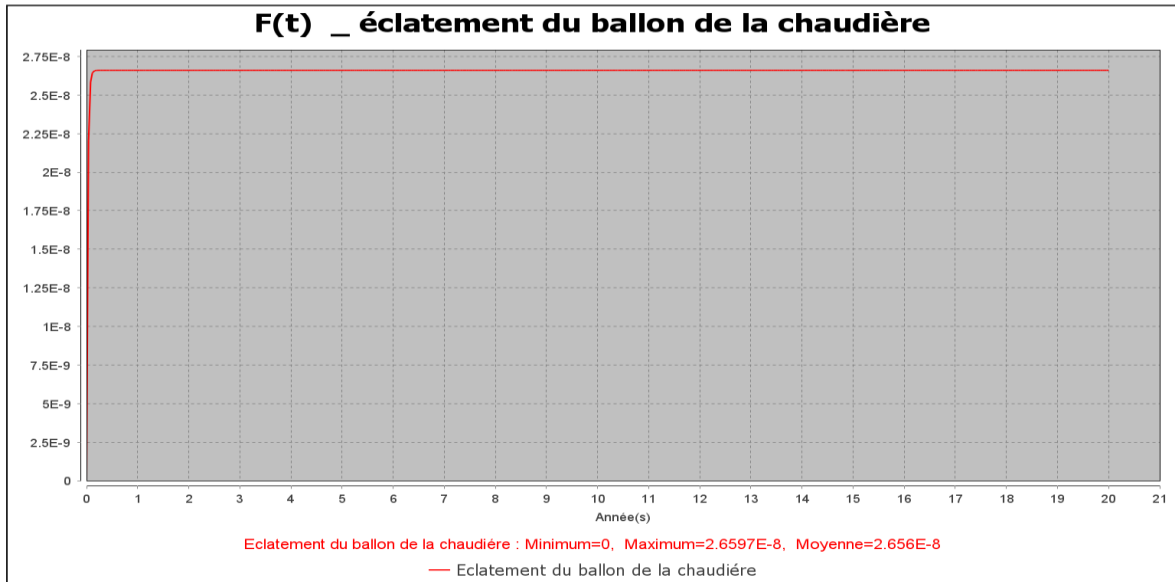


Figure III.3 : La courbe de la probabilité de défaillance de l'éclatement du ballon de la chaudière au bout de 20 ANS

Résultats de l'événement les 4 bruleeurs en fonctionnement :

Les résultats des coupes minimales de l'événement les 4 bruleeurs en fonctionnement :

Probabilités			Facteurs d'importance			Coupes			Temps moyens			Resultats			Info		
Modes de défaillance																	
Synthèse des coupes					Liste des coupes					Détails des coupes							
Cible de calcul : les 4 bruleurs en fonctionnement																	
Trier les coupes par : <input type="text" value="Ordre"/>																	
Ordre	Coupe													Probabilité (coupe)			
2	erreur opérateur DCS, défaillance d...													2E-6			
2	erreur opérateur DCS, erreur opérat...													1E-6			
2	erreur opérateur DCS, défaillance ...													2E-6			
2	erreur opérateur DCS, défaillance d...													5E-6			
2	erreur opérateur DCS, défaillance d...													5E-6			
2	erreur opérateur DCS, défaillance d...													5E-6			
2	erreur opérateur DCS, défaillance d...													5E-6			
2	erreur opérateur DCS, défaillance d...													1E-3			
2	erreur opérateur DCS, défaillance d...													2E-6			
2	erreur opérateur DCS, défaillance d...													2E-6			
2	erreur opérateur DCS, défaillance ...													5E-6			
2	erreur opérateur DCS, défaillance e...													2E-7			

Probabilités Facteurs d'importance **Coupes** Temps moyens Résultats Info

Modes de défaillance

Synthèse des coupes Liste des coupes Détails des coupes

Système

les 4 bruleurs en fonctionnement

Système = les 4 bruleurs en fonctionnement, Système = les 4 bruleurs en fonctionne...

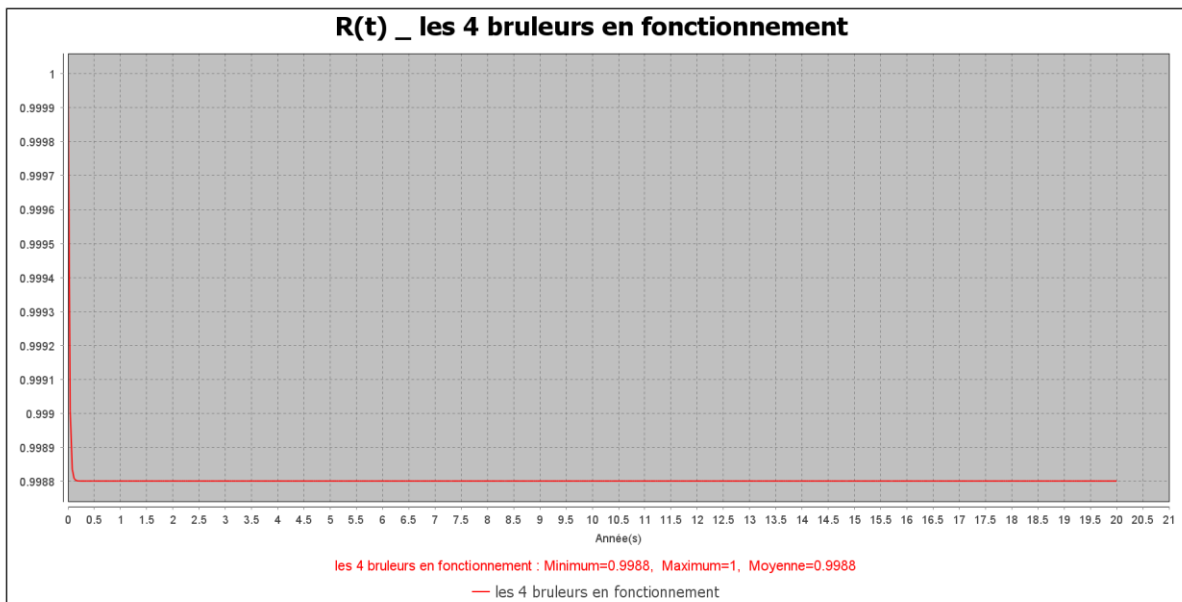
Ordre	Nombre de coupes
all	12
0	0
1	0
2	12

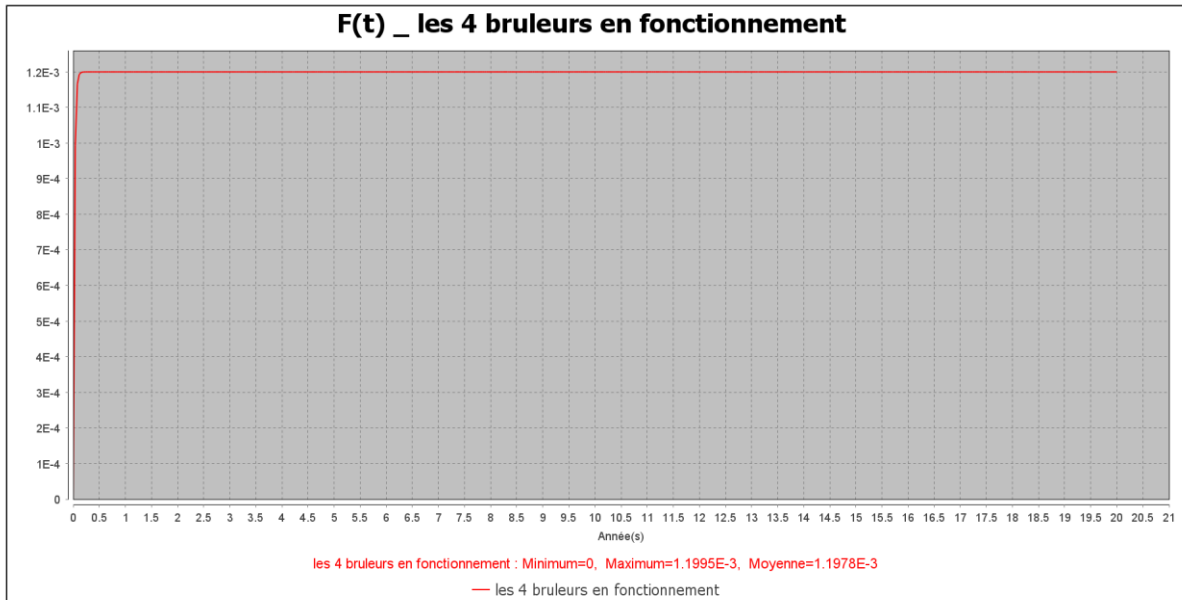
La fréquence moyenne de l'événement les 4 bruleurs en fonctionnement :

Probabilités Facteurs d'importance Coupes Temps moyens Résultats Info

Synthèse

U(t)	w(t)	$\lambda_{eq}(t)$	F(t)	R(t)
Système	Min	Max	Moyenne	Integrale
les 4 bruleurs en fonction...	0	4.8315E-6	6.8488E-9	1.1999E-3
sortie fermée/vanne ferm...	0	0	0	0

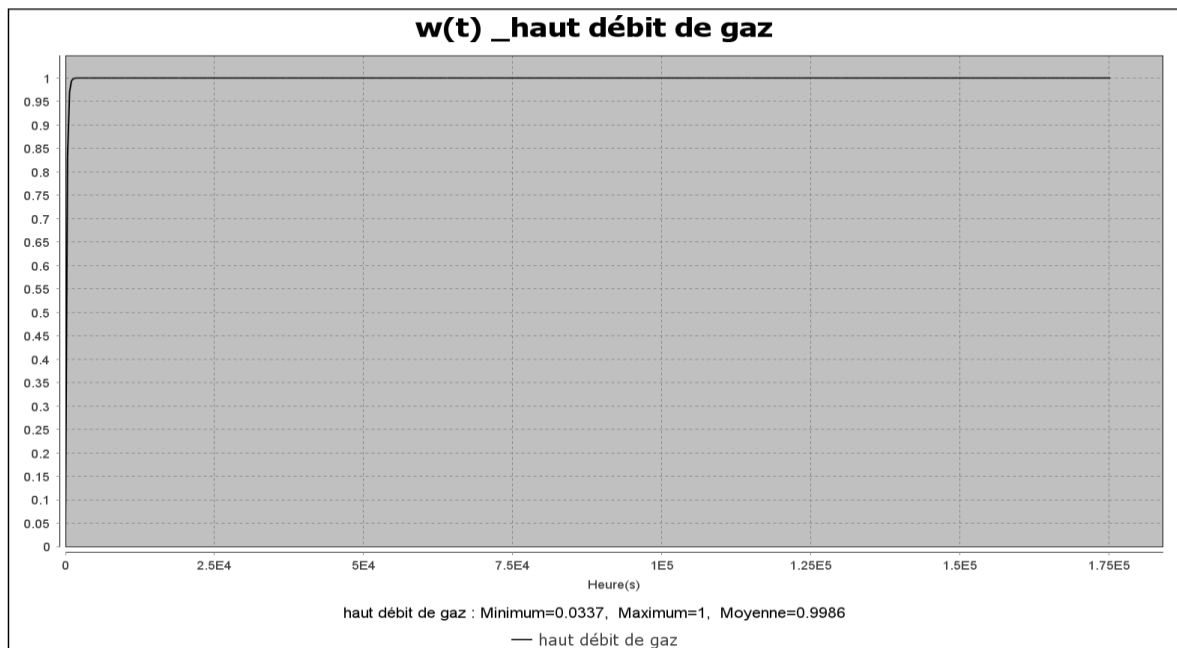




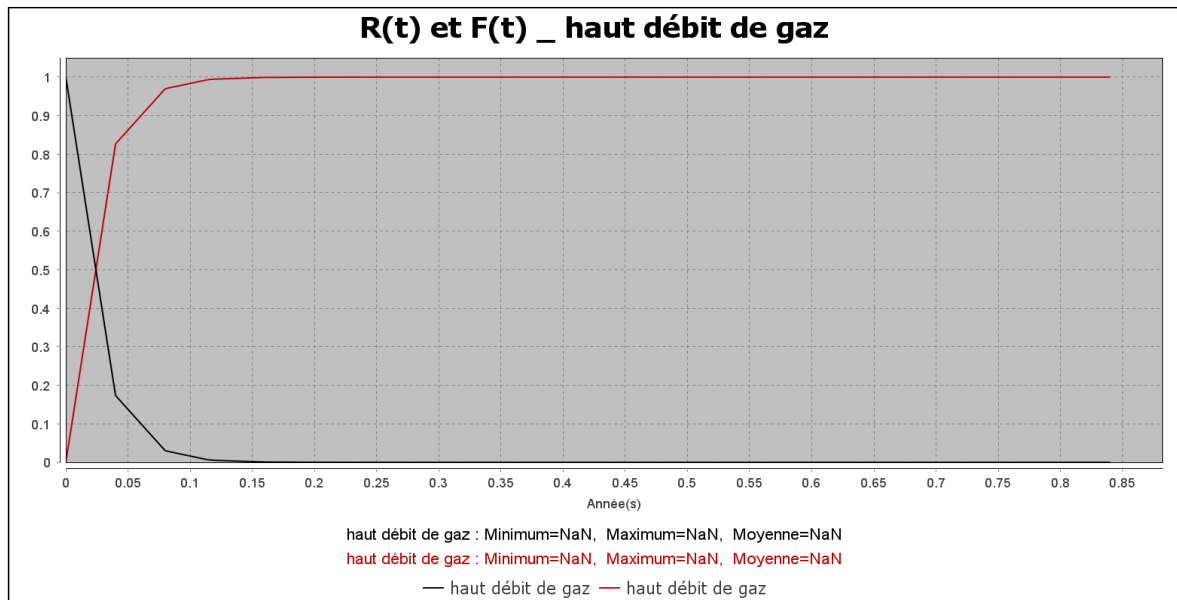
- **Résultat de l'événement haut débit de gaz :**

Résultat de la fréquence de l'événement de haut débit de gaz

Probabilités				
Coupes				
Temps moyens				
Résultats				
Info				
Synthèse				
U(t)	w(t)	$\lambda_{eq}(t)$	F(t)	R(t)
Système	Min	Max	Moyenne	Integrale
haut débit de gaz	0	4.8315E-3	6.8488E-6	1.1999



Résultats de la fiabilité et la probabilité de défaillance de l'événement haut débit de gaz



Résultats des facteurs d'importances :

D'après les résultats des facteurs d'importance on a :

	MIF	CIF	DIF	RAW	RRW
LA VANNE XV1A	0.9663	0.9663	1	1	29.6818

Les résultats présentés dans le tableau indiquent que la vanne XV1A est un élément critique dans le système de la chaudière 1050G1. Voici l'interprétation des indicateurs :

- MIF (Fait d'importance de maintenance) = 0.9663 :

Ce score très élevé montre que les défaillances de la vanne XV1A ont une forte influence sur les défaillances du système global. Autrement dit, sa maintenance est prioritaire.

- CIF (Fait d'importance de criticité) = 0.9663 :

Une valeur proche de 1 indique que la vanne contribue de manière significative à la criticité du système. En cas de défaillance, elle peut provoquer une situation dangereuse ou une perte importante de performance.

- DIF (Fait d'importance de défaillance) = 1 :

Cela signifie que toutes les défaillances de la vanne sont directement reliées à la défaillance du système, sans condition intermédiaire.

- RAW (Risk Achievement Worth) = 1 :

Une valeur de 1 suggère que l'état de la vanne ne change pas le risque total, ce qui peut indiquer que cette valeur n'a pas été calculée correctement (incohérence possible avec les autres indicateurs élevés) ou que la vanne est déjà dans un état critique permanent.

- RRW (Risk Reduction Worth) = 29.6818 :

Ce score très élevé signifie qu'en améliorant la fiabilité de la vanne (par ex. par redondance ou renforcement), le risque global pourrait être réduit d'un facteur de près de 30, ce qui la désigne clairement comme maillon faible du système.

Résultats du temps moyens de l'événement haut débit de gaz

	MTTF	MDT	MUT	MTBF
Haut débit de gaz	NAN	$1,4581.10^5$	200	$1,4601.10^5$

On a remarquer que :

$MUT \ll MTBF$ donc le système n'est pas fiable

$MDT = 145810h$

$MDT \div 24 = 6075 \text{ jours}$

$6075 \text{ jours} \div 20 \text{ ans} = 304 \text{ jours}$

$304 \text{ jours} \div 30 = 10 \text{ mois}$

$10 \text{ mois} \div 20 \text{ ans} = 0.5 \text{ mois}$

Le temps moyen de réparation (MDT) obtenu dans cette étude est estimé à 0.5 mois soit environ 15 jours d'indisponibilité moyenne par défaillance sur une période d'observation de 20 ans

Cette valeur bien qu'elle puisse sembler modeste dans un contexte générale est considérée comme élevée lorsqu'il s'agit d'un système à haut débit de gaz comme la chaudière 1050 G1 ou la continuité de fonctionnement est cruciale.

Conclusion :

L'étude a montré que la vanne **XV1A** est l'élément le plus critique de la chaudière 1050G1, avec un fort impact sur la défaillance globale et une faible détectabilité. De plus, le **temps moyen de réparation élevé** pour le haut débit de gaz (0,5 mois) indique une faible fiabilité du système. Pour améliorer la sûreté de fonctionnement, il est recommandé de renforcer la redondance, d'intensifier la maintenance préventive, d'améliorer les systèmes de fermeture automatique et d'assurer une surveillance en temps réel.

conclusion

Conclusion Générale

Le présent mémoire a permis de mener une étude approfondie sur les risques associés au fonctionnement de la chaudière industrielle 1050G1.

Dans un contexte où la sécurité, la fiabilité et la disponibilité des équipements industriels sont essentielles, l'utilisation des méthodes HAZOP et ADD s'est révélée particulièrement pertinente.

Grâce à la méthode HAZOP, les écarts de fonctionnement potentiels ont été identifiés, analysés et corrigés par des recommandations adaptées.

La méthode ADD, quant à elle, a permis de visualiser les enchaînements de défaillances et d'évaluer l'impact de chaque composant sur la sûreté de fonctionnement globale.

Les résultats obtenus ont mis en évidence des points critiques au sein du système, et ont conduit à la formulation de mesures correctives concrètes.

Ces propositions visent à minimiser les risques, améliorer la performance et garantir un fonctionnement sûr et continu de l'installation.

En conclusion, cette étude montre l'importance d'une démarche proactive de gestion des risques dans les systèmes industriels, et ouvre des perspectives pour des travaux futurs, notamment l'intégration de méthodes plus avancées d'analyse, l'automatisation de la détection de défaillances, et l'amélioration continue de la maintenance.

Recommandation :

1. Renforcement de la redondance des systèmes critiques :ajouter une redondance matérielle ou logicielle au niveau des composants critiques _système de régulation DCS
- _boucle de sécurité BMS

-implanter un second capteur ou
_actionneur sur FIC /FV10
2. Surveillance et maintenance préventive accrue Réviser les intervalles de maintenance des vannes critiques XV1HACGD
Intégrer une vérification périodique du bon fonctionnement des HPS20 et HHPS

3. Amélioration du système de fermeture automatique :
 - Assurer que FV10 est en position de sécurité en cas de défaillance du DCS
 - Test périodique de la fermeture automatique des vannes
4. Surveillance en temps réel
 - Intégrer un système de supervision (SCADA ou DCS) pour suivre les variation de débit et détecter précocement les anomalies
5. Réévaluation de la criticité :
 - Si le haut débit de gaz a un MDT élevé et un impact important sur la SDF il doit etre classé comme maillon faible

Les références

- [1] Perez-Castaneda G-A., « Evaluation par simulation de la sûreté de fonctionnement de systèmes en contexte dynamique hybride ». Thèse de Doctorat. Institut National Polytechnique de Lorraine,2009.
- [2] Pagetti C., « Module de sûreté de fonctionnement ». 3ième TR - option SE, 10 décembre 2012.
- [3] Vesely W.E., Goldberg F.F., Roberts N.H., Haasl D.F., (1981). « Fault Tree Handbook ». U.S Nuclear Regulatory Commission Washington.
- [4] Riera D., Clement E.. « Modélisation dynamique en sûreté de fonctionnement : une avance pour l'analyse des systèmes complexes ». 18ème Congrès de Maîtrise des Risqué et Sûreté de Fonctionnement, 16 – 18 Octobre 2012. Tours.
- [5] Watson H.A., (1961). « Launch Control Safety Study ». Section VII, Vol. 1, Bell Labs, Murray Hill, NJ.
- [6] Boucerredj L., «Sûreté de Fonctionnement : Recherche des Scénarios Critiques dans les Systèmes Mécatroniques». Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar Annaba, Algérie,2015.
- [7] Mkhida A., « Contribution à l'évaluation de la sûreté de fonctionnement des Systèmes Instrumentés de Sécurité intégrant de l'Intelligence » Thèse de doctorat, 2008.
- [8] NASRI Lamine, AMARI Anouar. Etude technique de la sécurité des équipements et des installations industriels, Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed, mémoire pour l'obtention du diplôme de master,sécialité sécurité prévention et intervention,2021/2022.
- [9] Y. El attabi, La sûreté de fonctionnement (SDF), Cour, 2011.
- [10] Elsayed, E. A. (2012). Reliability engineering, volume 88. John Wiley & Sons.
- [11] N. Yvonnick, Qu'est-ce que la loi Gamma, Application a l'analyse de la série criminelle d'Andrej Tchikatilo, de L'Université Européenne de Bretagne, crpcc-lpe Modevaiaa, camaret, 2013.
- [12] M.I.H.M. Guetarni, Analyse Quantitative des Risques: Application sur les Bacs de Stockage, Thèse de doctorat de L'Université d'Oran 2, 2019.

- [13] Belhadj Djilali,A. Maintenance et sureté de fonctionnement [polycopie de cours du module, master ,université de Hassiba Benbouali de chlef, Département d'Electrotechnique]. Université de Hassiba Benbouali de chlef.
- [14] A .Desroches, D. Baudrin, M. Dadoun, L'analyse préliminaire des risques : principes et pratiques, Management et informatique, Livre, Hermes science publications, 2009.
- [15] http://coursenvrac.eklablog.com/l-analyse-preliminaire-des-risques-dangers-apr-d-a117786692http://www.astro.ulg.ac.be/cours/magain /STAT/Stat_Main_Fr/Chapitre5.htm
- [16] Y. Sahraoui .Evaluation de performance de la sureté de fonctionnement par l'utilisation des réseaux de files d'attente. Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de master.de L'Université de Msila, 2012.
- [17] G. Lasnier, Sureté de fonctionnement des équipements et calculs de fiabilité, Livre, Lavoisier, 2011.
- [18] D. Ayadi Azzabi, optimisation multicritère de la fiabilité: application du modèle de goal program ming avec les fonctions de satisfactions dans l'industrie de traitement de gaz, Thèse de Doctorat en cotutelle de L'Université d'Angers et Université de Sfax, 2010.
- [19] A.G.Mihalache, Modélisation et évaluation de la fiabilité des systèmes mécatroniques : application sur système embarqué, Sciences de l'ingénieur de L'Université d'Angers, 2007.
- [21] K. AJMI, Les perspectives de l'introduction d'une culture de sécurité des soins en Tunisie basée sur la qualité et la gestion des risques : adaptation des recommandations de l'organisation mondiale de la santé (oms) et de la haute autorité de santé (has), Mémoire de Master de L'Université Senghor d'Alexandrie, 2009.
- [22] J. Luc Wybo, W. Van Wassenhove, Retour d'expérience et maîtrise des risques : Pratique et méthode de mise en oeuvre, Livre, Lavoisier, 2011.
- [23]http://www.unit.eu/cours/cyberrisques/etage_3_aurelie/co/Module_Etage_3_synthese_37.html
- [24] Mr. H. Brahim, Etude qualitative et quantitative des scenarios de défaillances de la pompe 2000 d de l'entreprise certaf, Mémoire de fin d'études du Master de L'Université Aboubekr Belkai Tlemcen, 2014.
- [25] M. Giraud, Sûreté de fonctionnement des systèmes -Analyse des systèmes réparables, 2006.
- [26] : CEI 50 191. (1990). « Vocabulaire Electrotechnique International ». Sûreté de fonctionnement et qualité des services, Chapitre 191.

[27] Villemeur A., (1988). « Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels ». Edition Eyrolles.

[28] :Manuel de présentation du complexe RA1K.

[29] : Manuel opératoire CTE unité 1050

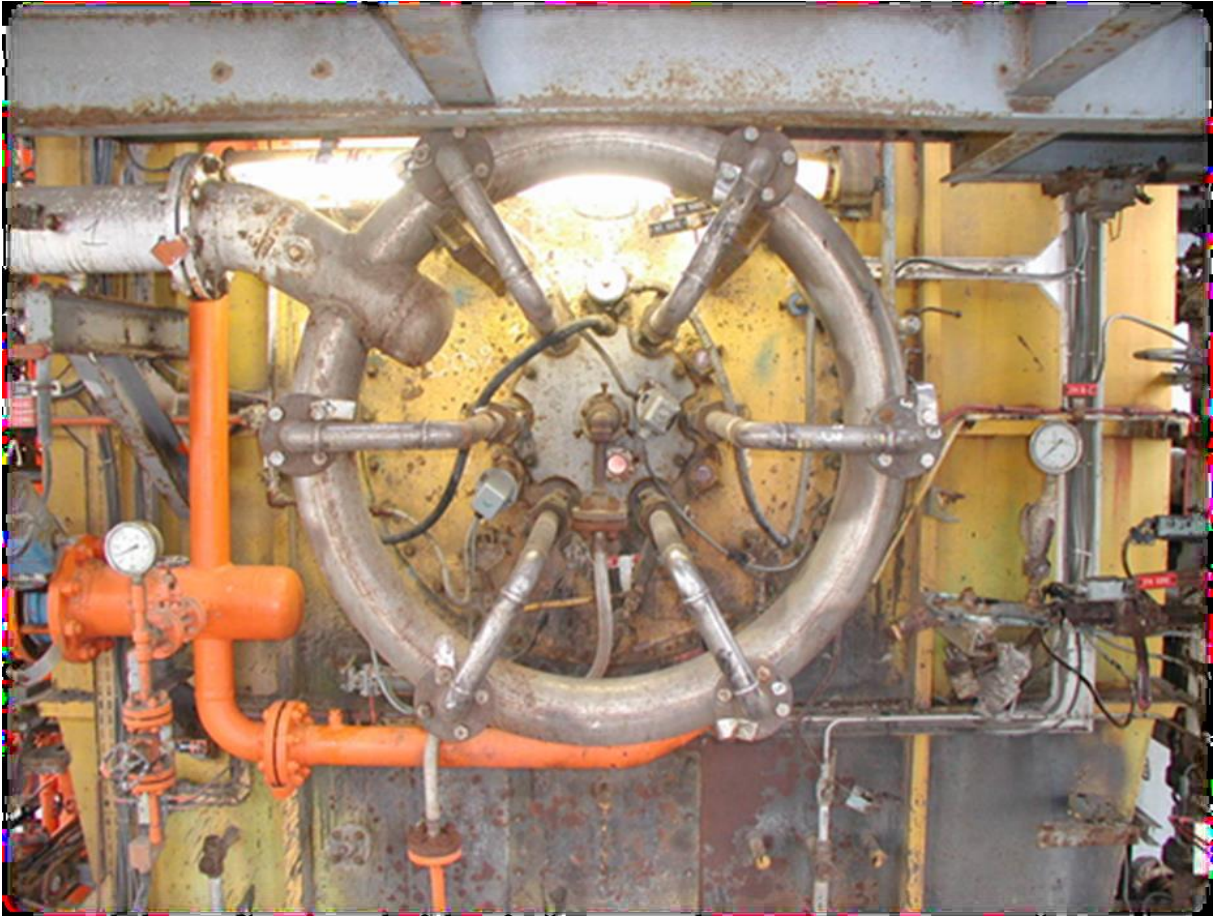
[30] : Bertin Technologies-Réf. : Réf. : 04313-320-DE011-Nouger, Etude de dangers de la raffinerie de Skikda Chapitre B9 - Utilités : sections actuelles et projets.

[31] :Séminaire IAP TRICONEX “Formation industrie réalisée par : Mr.TACHI F”.

[32] :Mémoire fin d'étude: Risk assessment of steam generator 1050 G1, Skikda refinery applying of Hazop study and consequences modeling with Phast

Annexe:

1-Bruleur



2-Réservoir supérieur



3-Réservoir inférieur

