



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique



Université Amar Telidji- Laghouat

FACULTE : TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT : GÉNIE DES PROCÉDÉS

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : BENAROUS SANA

KOUAIDRI Amel Oualha

DOMAINE : Sciences et Technologies

FILIERE : Génie des procédés

OPTION : Génie des procédés d'environnement

Thème

**Evaluation des risques d'accidents industriels
- Cas de station de Compression Hassi R'mel GR5 -**

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
YOUCEFI Mohamed	MCB	Président
HASSANI Mouaadh	MCB	Examineur
ZERROUKI Hamza	MCA	Rapporteur

Année Universitaire : 2022-2023

Remerciements

On adresse nos sincères remerciements à notre directeur de mémoire Monsieur H. ZERROUKI pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter nos réflexions. On exprime toute notre reconnaissance de nous avoir parrainé et soutenu, avec ses conseils et orientations.

Nos remerciements s'adressent également aux membres de jury d'avoir consacré de leur temps pour l'évaluation de notre travail.

On désire aussi remercier les professeurs de l'université d'Amar Telidji, qui nous ont fourni les connaissances et outils nécessaires à la réussite de nos études universitaires et notamment Monsieur M. SEDDIK HELLAS.

Ainsi que les personnes qui ont contribué de loin ou de près au succès de notre stage et qui nous ont aidé lors de la rédaction de ce mémoire.

À tous ces intervenants, on présente nos remerciements, notre respect et notre gratitude.

Dédicaces

Je dédie ce travail :

A ceux qui m'ont donné la vie, symbole de beauté, de fierté, de sagesse et de patience.

A ceux qui sont la source de mon inspiration et de mon courage, à qui je dois de l'amour et la reconnaissance ...

A mes très chers parents ;

A mes frères : OUSSAMA, MOHAMED et ma sœur ZINEB ;

A mon binôme AMEL ;

A tous les amis sans exception pour tous les moments de joies et de peines qu'on a partagés ensemble ;

BENAROUS SANA

Dédicaces

Le début des remerciements à Dieu Tout-Puissant.

Je tiens avec grand plaisir que je dédie ce modeste travail :

A l'être le plus cher de ma vie ; ma mère

A ce lui qui a fait de moi une femme ; mon père

A mes chers sœur BOUCHRA ; BOUTHEINA et frères BACHIRE ; YOUCEF

A tous les membres de ma famille et toutes personnes qui occupe une place dans mon cœur

A tous mes amis surtout mon binôme SANA et son père Monsieur BENAROUS KAMEL

KOUADRI AMEL OUALHA

Table des matières

Chapitre I : Présentation de la direction régionale HRM	3
I) Introduction.....	4
II) Installations de la Direction Régionale HRM.....	4
III) Principales Missions de la Direction Régionale HRM	4
IV) Description de la station SC GR5.....	4
a) <i>Situation géographique</i>	5
b) <i>Equipement principales de la station</i>	5
V) Schéma de principe de la Station de compression.....	5
VI) Niveau de sécurité dans la station	6
VII) Description de la turbo-compresseur.....	7
1) <i>Rotor Du Compresseur</i>	8
2) <i>Stator Du Compresseur</i>	9
3) <i>Principe de fonctionnement du turbocompresseur</i>	10
4) <i>Les barrières de sécurité dans le turbocompresseur</i>	11
VIII) Conclusion.....	15
Chapitre II : Méthodologie d'analyse et d'évaluation des risques	16
I) Introduction.....	17
II) Définitions les concepts relatifs aux risques.....	17
III) Principe de l'analyse des risques	18
III.1) <i>Étapes d'une analyse et Sûreté de fonctionnement</i>	18
III.2) <i>Analyses qualitatives</i>	19
III.3) <i>Analyses Semi quantitatives</i>	19
III.4) <i>Analyses quantitatives</i>	20
III. 5) <i>Quelques normes sur l'analyse de risques</i>	21
IV) Méthodes analyses des risques	21
IV.1) <i>Méthodes d'analyses fonctionnelle SADT</i>	21
IV.2) <i>Hazard and Operability Study (HAZOP)</i>	23
IV. 3) <i>La méthode Arbre des évènements AdE</i>	27
IV.4) <i>Analyse de conséquence</i>	27
V) Conclusion.....	31
Chapitre III : Application de la Méthodologie sur le compresseur de gaz	33
I) Introduction.....	34
II) Analyse fonctionnel par SADT.....	35
III) Application de la méthode Hazop.....	37

IV) La méthode Arbre des évènements AdE	53
V) Analyse de conséquences	54
VI) Interprétations et recommandations.....	55
VII) Conclusion	57

Liste des Figures

Figure 1. Schéma de principe de la Station de compression [2].	6
Figure 2. Compresseur de la turbine.	8
Figure 3. Carter du compresseur model 5002 et ensemble rotor de la turbine H.P [4].	10
Figure 4. Principe de fonctionnement de détecteur de flamme à ultraviolet.	12
Figure 5. Principe de fonctionnement de détecteur de flamme à infrarouge.	12
Figure 6. Principe de fonctionnement de sonde de température.	13
Figure 7. Répartition par origine des accidents répertoriés des compresseurs [5].	14
Figure 8. Organigramme des tâches d'une analyse prévisionnelle [8].	19
Figure 9. Considération typique en choisissant le type d'analyse et la profondeur.	20
Figure 10. Représentation d'un diagramme de contexte SADT.	22
Figure 11. Représentation d'une fonction principale SADT.	22
Figure 12. Déroulement d'une étude HAZOP.	26
Figure 13. Schéma d'un arbre d'événement.	27
Figure 14. Méthodologie de l'analyse des conséquences choisi [14].	29
Figure 15. Surpression en fonction de la distance d'échelle [17].	31
Figure 16. SADT de Compresseur de gaz.	35
Figure 17. Le système turbocompresseur.	35
Figure 18. Lancement des auxiliaires.	36
Figure 19. AdE de la rupture de compresseur.	53
Figure 20. Matrice de risqué de Sonatrach DP.	53
Figure 21. Zones de létalité et de dommages matériels sous l'effet de la surpression VCE.	55
Figure 22. Surpression d'explosion précoce en fonction de la distance VCE.	55

Liste des Tableaux

Tableau 1. Différentes caractéristiques des équipements.	5
Tableau 2. Système de sécurité dans bâtiment de turbocompresseur.	11
Tableau 3. Liste de détecteurs du compartiment TC.	14
Tableau 4. Exemple de tableau pour l'HAZOP.	25
Tableau 5. Correspondance entre indices et surpressions maximales.	30
Tableau 6. Echelle des gravités.	53
Tableau 7. Echelle des occurrences.	54

Liste des Abréviations

DGHR : Direction des Gazoducs Hassi R'mel

CNDG : Centre National de Dispatching Gaz

STC : Système de transport par canalisation

GR5: Station de Compression GR5

TC: Turbocompresseur

MT/BT : Moyen tensions/basse tension

AdD: Arbre des défaillances,

HAZOP: Hazard and Operability Study

SADT: Structured analysis and design technics

INS: Immédiates, nécessaires et suffisantes

PDT : Transmetteur différentiel de pression

IGV : Inlet gaid valve

SRV : Safety valve ; vanne tout ou rien

GCV : Gaid controler valve

PSV : Vanne sécurité de pression

TAL, TALL : Alarme de température basse, Alarme de température très basse ;

TAH : Alarme de température haute, Alarme de température très haut ;

TAHH : Sécurité de pression basse, Sécurité de pression très basse ;

TSL , TSSL : Sécurité de température basse, Sécurité de température très basse .

L'Activité Transport par Canalisations est un maillon important de la chaîne des hydrocarbures et ce, d'un point de vue historique, stratégique et opérationnel.

L'histoire de SONATRACH a débuté avec cette activité lorsqu'elle s'est lancée dès 1966 dans la construction du premier oléoduc algérien, l'OZ1, d'une longueur de 805 KM, reliant Haoud El Hamra à Arzew.

Depuis, le réseau de transport par canalisations n'a eu de cesse de se densifier et de se complexifier en fonction du développement des activités de l'Amont et de l'Aval pétrolier et gazier de SONATRACH, en national et en international.

SONATRACH exploite un réseau de transport par canalisation des hydrocarbures (Pétrole Brut, Condensat, Gaz Naturel et Gaz Pétrole Liquéfié) composé de 22 Systèmes de Transport par Canalisation (STC) d'une longueur totale de 20 705 km

Pour l'expédition de leur produit ; vers leurs clients de façon permanente et pour des fins d'utilisation interne ; les industries pétrochimiques et celles de gaz en particulier de SONATRACH ; ont besoin des grandes machines qui produisent une énergie importante ; cela pour véhiculer des grandes quantités de produits à des distances importantes, en augmentant sa pression à des niveaux importants ; les turbocompresseurs constituent l'équipement convenable à ces fins.

Ce système tient alors son importance dans le processus de production par sa fonction stratégique et sa rentabilité. En effet, il permet la production d'une importante énergie mécanique à un coût faible.

En face des avantages cités ci-dessus, il fonctionne dans des conditions extrêmes où le risque incendie/explosion présente une probabilité sensiblement élevée.

Durant notre stage entrant dans le cadre de préparation de mon mémoire au niveau la station de compression GR5 à HRM, un travail d'évaluation des risques inhérent à cet équipement me semble plus que nécessaire pour montrer les points faibles liés à la sécurité du turbocompresseur et en sortir avec des recommandations pour parer à toute situation dangereuse.

Ce modeste travail s'inscrit dans ce contexte, il s'agit de l'application de l'approche générale d'analyse des risques pour le système turbocompresseur dans une station de compression. Notre méthodologie de travail inclut l'utilisation de nombreuses méthodes d'analyse, à partir de l'analyse fonctionnelle par l'SADT, ce qui nous permet de savoir de quoi le système a besoin pour fonctionner. Après, une étude HAZOP sera appliquée afin d'identifier les causes et conséquences les plus graves et d'évaluer ces dernières par l'AdE et PHAST. Nous allons conclure par une liste des recommandations pour améliorer le système étudié.

Pour cela, nous avons divisé notre travail en trois chapitres :

Dans le premier chapitre, nous essaierons de donner une description détaillée de la station qui nous avons fait notre stage. Aussi, nous allons introduire le système qui nous avons choisi pour étudier.

Le deuxième chapitre fournira une partie théorique qui présente un ensemble des définitions incluses dans le sujet, en plus d'une explication des méthodes utilisées dans l'analyse et l'évaluation des risques dans un milieu industriel. La méthodologie qui est basée sur l'application de la méthode SADT, HAZOP et AdE avec une analyse des conséquences par le logiciel PHAST sera bien expliquée sur ce chapitre.

Le troisième chapitre présente la partie expérimentale, où on a appliqué les différentes méthodes d'analyse et d'évaluation des risques industriels. Enfin, on termine notre étude par une conclusion générale et des recommandations pour améliorer le système étudié.

Chapitre I : Présentation de la direction régionale HRM

I) Introduction

Dans le présent chapitre, on va essayer de décrire tout ce qui concerne la direction régionale HRM de l'activité TRC. Premièrement, toutes les installations qui composent la direction régionale sera présenté. Puis, La description de la station SC GR5 dans lequel nous avons faire notre stage pratique est focalisé dans ce chapitre. Le reste du chapitre sera consacré à la présentation du système choisi qui est le turbocompresseur où nous expliquerons leur composants, principe de fonctionnement, et différentes barrières de sécurité existent dans le système.

II) Installations de la Direction Régionale HRM

La Direction Régionale HRM, a été créée suite à la réorganisation de l'Activité « TRC » le 09/05/2016, elle est située à 520 Km au Sud d'Alger, elle gère les ouvrages suivants :

- Un Centre National de Dispatching Gaz (CNDG) ;
- Une partie du Système de transport par canalisation (STC) GR1 / GR2 d'une longueur de 338 Km, à partir du PC 08 HMD vers Hassi R'mel, dont deux Stations de compression SC4/HRM et SC3/Ouargla ;
- Une partie du STC GR4 / GR6 d'une longueur de 293 km, à partir de PS 10 HMD vers CNDG, dont une Station GR4 à HRM,
- STC GR5 d'une longueur 766 Km de REGGAN à HRM, avec une seule station de compression.

III) Principales Missions de la Direction Régionale HRM

La Direction Régionale HRM de l'Activité Transport par Canalisation a pour missions principales :

- La collecte et le transport des quantités de gaz naturel issues des champs du Sud-Est et du Sud-Ouest vers le CNDG Hassi R'mel ;
- La gestion qualitative et quantitative de tout le flux de gaz issus des champs du Sud-Est, du Sud-Ouest, ainsi que du champ Hassi R'mel, transitant par le Centre National de Dispatching Gaz (CNDG),
- Le dispatching et l'expédition des quantités de gaz destinées aux clients nationaux et internationaux, via les STC Nord, en respectant la qualité contractuelle spécifique de chaque client,
- Le Comptage et la Comptabilité Matière ;
- La maintenance des installations, La sécurité et la protection de l'environnement.

IV) Description de la station SC GR5

La station GR5 est située à Hassi R'Mel dans la Wilaya de Laghouat, à environ 60 km au nord-ouest de la ville de Ghardaïa, à 80km de la commune de Laghouat et à 440 km environ au sud d'Alger affiliée à la Direction Régionale HRM. L'effectif global de la station GR5 : 55 Agents permanents. La gestion administrative du personnel de la station se fait selon un organigramme d'appartenance avec une architecture de communication ascendante descendante bien déterminée afin de consolider toute situation quel que soit son importance.

La réalisation de la Station de Compression Gaz à HRM dénommé SC GR5, a été attribuée, en Janvier 2014, à la société Indienne Dodsai FZE Engineering and Construction. Il a été mis en service en juillet 2017.

Cette Station de compression GR5/HRM permettra de remonter la pression à 70 bars, pour expédition du gaz naturel collecté des champs de production situés au Sud-Ouest par le Gazoduc GR5 vers le Centre National de Dispatching de Gaz (CNDG) à Hassi R'mel. Comme elle permet également d'évacuer le Gaz Naturel collecté des champs de production du Sud Est Via le GR4.

La station de compression comprend principalement une unité de compression avec tous ses équipements nécessaires, formée de trois (3) compresseurs installés en parallèle : deux (2) compresseurs sont en fonctionnement et un (1) est en réserve.

Les installations de la station de compression exigent à l'aspiration des compresseurs, des séparateurs à cyclone permettant d'éliminer toutes les impuretés avant la compression du gaz. Après la filtration, un collecteur (manifold) d'admission permet l'envoi du gaz aux trains de compression.

Le gaz comprimé des manifolds sera acheminé vers les aéroréfrigérants pour éliminer la chaleur de la compression. Au niveau de la sortie des aéroréfrigérants, le gaz sera acheminé vers l'unité de comptage, permettant ainsi la mesure fiscale du flux vers le « Centre National de Dispatching de Gaz » (CNDG) [1].

a) Situation géographique

La Station de compression de gaz SC-GR5 se trouve à environs huit (08) kilomètres au Sud - Est de la commune de HASSI R'MEL Wilaya de LAGHOUAT et environs 122 Km du la centre du Wilaya. La surface destinée à la réalisation de la station de compression recouvre une surface de 35 hectares avec une longueur = 812 m et une largeur = 431 m et avec les emplacements suivants : latitude : 32°53'48"N, longitude : 3°14'43"E, et altitude : 768 m.

b) Equipement principales de la station

Le tableau 1 ci-dessous détaille tout ce qui est essentiel dans la station et explique le type de chaque équipement, leurs constructeurs, modèle, nombre, et leurs puissances.

Tableau 1. Différentes caractéristiques des équipements.

Equipement		Constructeur	Modèle	Nombre	Puissance
Turbocompresseur	Turbine	SIEMENS	SGT600	03	25 MW
	Compresseur	SIEMENS	STC-SV-12A	03	15.475 MW
Turboalternateur	Turbine	Solar	CENTAUR 40	01	3.515 MW
	Alternateur	KATO		01	3.0 MW
Groupes électrogène	Station	AUSONIA		01	1260KVA
		AUSONIA		01	160 KVA

V) Schéma de principe de la Station de compression

Le gaz comprimé des manifolds sera acheminé vers les aéroréfrigérants comme indiqué dans la figure 1, pour éliminer la chaleur de la compression. Au niveau de la sortie des aéroréfrigérants, le gaz sera acheminé vers l'unité de comptage, permettant ainsi la mesure fiscale du flux vers le « Centre National de Dispatching de Gaz » (CNDG). Toutes les étapes précédentes ont été

résumées dans la figure ci-dessous qui représente le schéma de principe de la Station de compression.

Schéma de principe de la Station de compression

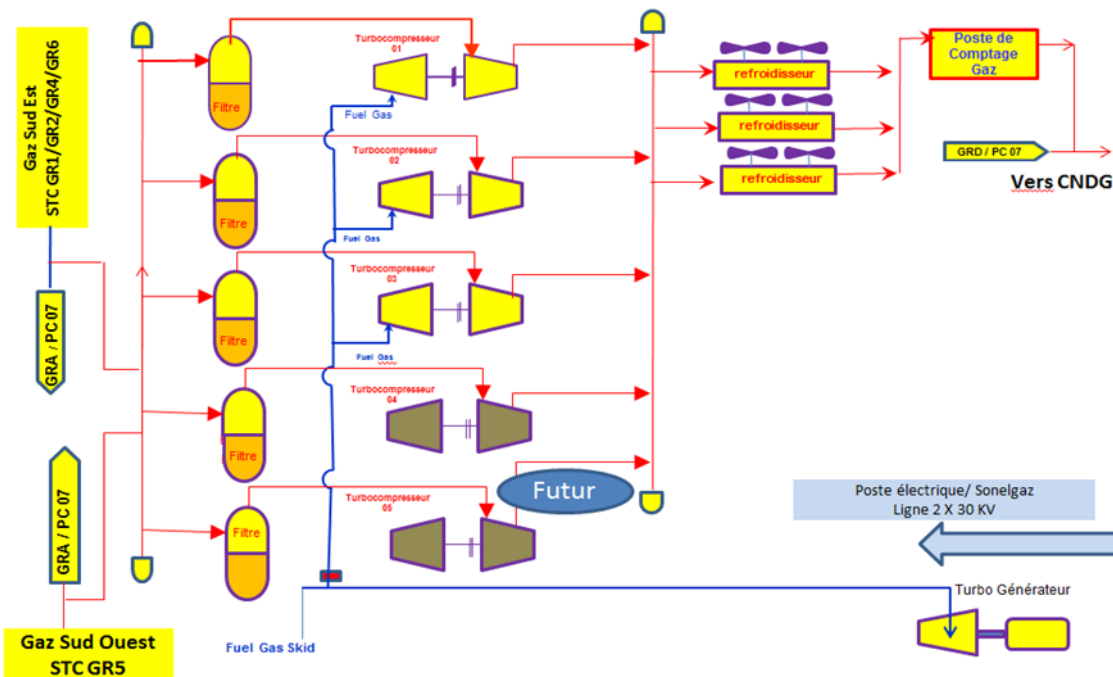


Figure 1. Schéma de principe de la Station de compression [2].

VI) Niveau de sécurité dans la station

Dans ce qui suit, nous présenterons quelques procédures et méthodes utilisés par la station pour assurer la sécurité et la santé des travailleurs et atteindre la plus grande productivité en respectant les lois algériennes et internationales.

La Classification de l'installation est élaborée en rapport avec la nomenclature des installations classées (Décret n°07-144). Les rubriques contenues dans cette nomenclature définissent en fonction des activités de l'installation, les seuils pour lesquels des dispositions et conditions administratives doivent être prises (type d'autorisation).

- Suivant le décret N° 07 -144 du 02 Joumada el oula 1428 correspondants au 19 Mai 2007 fixant la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement cette établissement comporte une installation soumise à autorisation ministérielle (AM).
- Suivant le décret N° 06-198 du 04 Joumada el oula 1427 correspondants au 31 Mai 2006 définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement, la station de compression GR5 fait partie de la première catégorie.

En bref, le moyen le plus important dans la station pour assurer la sécurité des travailleurs et éviter les accidents sont les suivants :

- Système de permis de travail ;
- Système de gestion de la sécurité (SGS) ;
- Modèle de Structure du SGS ;

- Gestion des situations d'urgence.

Pour le dernier moyen qui représente colonne vertébrale de la sécurité de la station, on peut trouver le Plan Interne d'Intervention PII et le Protocole d'Assistance Mutuelle (PAM).

En plus de ces plans, on trouve les moyens de lutte contre l'incendie où la station contient :

- Un bac de stockage d'eau - TA 205, d'une capacité de 1 000 m³, alimenté par la pompe de puits. Pour mémoire, ce bac de stockage alimente également en eau les services divers.
- Un bâtiment Pomperie, dans lequel sont installés en parallèle :
- Deux pompes jockey, repère P 255 A/B, centrifuges verticales, entraînées par moteur électrique, pour le maintien en pression du réseau d'eau incendie.
- Une pompe principale, repère P 254A. Centrifuge horizontale, entraînée par moteur électrique.
- Une pompe de secours, repère P 254B. Centrifuge horizontale, entraînée par moteur diesel. La motopompe diesel utilise l'eau incendie pressurisée pour refroidir le moteur diesel. Le moteur est alimenté du réservoir de gas-oil de capacité 1000 litres.

VII) Description de la turbo-compresseur

Le gaz de procédé est comprimé par le compresseur centrifuge, afin de faciliter son transport.

Chaque compresseur devra être individuellement entraîné par une turbine à gaz. Le débit maximum à l'aspiration de chaque compresseur de gaz devra être 10% de marge de design inclus. Le gaz procédé à l'aspiration devra être disponible à une pression de 46 bar g en limite de batteries. La température de fonctionnement variera entre 40 °C et 25 °C en limite de batteries. La pression de refoulement garantie à la sortie de la station de compression en limite de batteries devra être de 71 bar g. Le gaz des compresseurs individuels devra être dirigé vers un manifold de refoulement commun pour alimenter les refroidisseurs d'air.

Au refoulement des compresseurs, le gaz est plus chaud à cause de la compression.

Un collecteur de sortie dirige donc le gaz vers le refroidissement réalisé par trois refroidisseurs. Pour éviter l'augmentation soudaine de la pression de refoulement de l'unité de compresseur pendant le démarrage, l'arrêt ou en fonctionnement normal, l'unité de compression est équipée de systèmes de contrôle automatique (anti-pompage) qui maintiennent le flux d'aspiration au-dessus de la valeur admise. Chaque unité de compresseur est fournie avec une vanne de dépressurisation automatique pour la dépressurisation d'urgence et les soupapes de sûreté. Chaque compresseur est entraîné par une turbine à gaz à huile réfrigérée.

La section, compresseur à écoulement axial, est formée de rotor de compresseur et le carter qui inclut les 16 étages de la compression, une aube directrice d'admission variable et deux aubes directrices de sortie.

Dans le compresseur, l'air entre dans l'espace entre le rotor et l'aube fixe où il est comprimé dans des étages par une série des rotations alternatives (du rotor) et des aubes stationnaires à profil aérodynamique (fixe). Les aubes motrices assurent la force nécessaire pour la compression de l'air à chaque étage et les aubes fixes guident l'air de manière qu'il entre dans

le suivant étage de rotor à l'angle adéquat. L'air comprimé sort par le carter de refoulement de compresseur entre le revêtement de combustion et les chambres de combustion. L'air est extrait du compresseur pour le refroidissement de la turbine et pour l'étanchement de l'huile de graissage du palier [3].

1) Rotor Du Compresseur

Le rotor du compresseur est un ensemble à 16 roues, un arbre tronqué, boulons d'assemblage et les aubes motrices de compresseur.

Chaque roue et portion de roue de l'arbre tronqué a des fentes au tour de la périphérie. Les aubes motrices sont insérées dans ces fentes et mises dans une position axiale par des pièces de séparation qui sont à leur tour empilées à chaque extrémité de la fente. Ces aubes ont un profil aérodynamique et ont été créées pour comprimer l'air dans une manière efficace aux hautes vitesses de l'extrémité de la pale. Les roues et les arbres tronqués sont assemblés l'un à l'autre avec des feuillures identiques pour la commande de la concentricité et est sont fixés avec des boulons d'assemblage. Le positionnement sélectif de la roue est réalisé pour réduire la correction de l'équilibre. Après l'assemblage, le rotor est équilibré dynamiquement à une certaine précision.

L'arbre tronqué assure les surfaces avant et arrière de butée et le palier pour l'étanchement à l'huile de palier No 1 et l'étanchement d'air du compresseur (Voir la Figure 2)



Figure 2. Compresseur de la turbine.

2) *Stator Du Compresseur*

La surface du stator (carter) de la section du compresseur est formée des trois sections majeures :

- a) Carter d'admission ;
- b) Carter avant de compresseur ;
- c) Carter de refoulement de compresseur.

Ces sections, en relation avec la coquille de turbine, forment la première structure extérieure de la turbine à gaz. Ils supportent le rotor aux points d'appui et constituent le mur extérieur de l'espace annulaire de la voie de gaz. L'alésage de carter est maintenu à des tolérances acceptables en relation avec les extrémités de l'aube motrice pour un rendement maximal.

a) Carter D'admission :

Le carter d'admission est placé à l'extrémité avant de la turbine à gaz. Sa fonction principale est de diriger uniformément l'air dans le compresseur. Le carter supporte aussi l'ensemble palier No 1 dont le carter inférieur est un carter séparé, bridé et fixé à l'autre moitié du carter. Le pavillon d'entrée interne est positionné au celui externe par sept entretoises radiales à profil aérodynamique et sept barres axiales de connexion.

Les deux sont incorporés dans les murs de pavillon d'entrée. Les aubes directrices sont installées dans l'extrémité arrière du carter d'admission. Les aubes directrices variables permettent l'accélération rapide et facile de la turbine sans le pompage de compresseur (pulsation). L'huile hydraulique est utilisée pour activer les aubes directrices par un large engrenage annulaire et par plusieurs engrenages petits à pignons. Au démarrage les aubes sont fixées dans la position 44 degrés qui représentent la position fermée.

b) Carter Avant Du Compresseur

Le carter avant du compresseur contient les premières dix (numérotées de zéro à neuf) étages du stator compresseur. Il transfère aussi les charges structurales du carter adjoint au support avant qui est boulonnée et chevillée à la bride avant de le carter. Le carter avant du compresseur est équipé de deux larges tourillons entièrement en fonte qui sont utilisés pour enlever la turbine à gaz lorsque cela est séparé de la base.

Les aubes fixes qui se trouvent dans le carter avant sont assemblées dans des anneaux demi-circulaires sectionnés. L'aube fixe et les ensembles anneaux sont installés après, dans des rainures à queue d'aronde usinées dans le mur de le carter d'admission. Une longue clavette de blocage, qui est installée dans la rainure usinée dans une bride jointe de la partie inférieure de le carter, prévient ces ensembles de ne pas tourner dans les rainures de stator.

c) Carter De Refoulement Du Compresseur

Le carter de refoulement du compresseur est la portion en queue de la section de compresseur. A l'intérieur du plus longue carter, située au milieu, entre les supports avant et arrière de la turbine. Les fonctions de le carter de refoulement du compresseur sont d'assurer l'équilibre des pompages du compresseur, de former les murs internes et externes du diffuseur de compresseur et d'unir le compresseur et les stators de turbine. Il assure aussi le support du premier étage de la tuyère de turbine.

Le carter de refoulement de compresseur consiste en deux cylindres, un étant une suite du carter de compresseur et l'autre étant un cylindre interne qui entoure le rotor du compresseur. Les deux cylindres sont positionnés concentriquement, par huit entretoises radiales qui sont mis en profile pour être en conformité avec le large diamètre de la coquille de turbine et qui sont premièrement des éléments supportant la charge dans la section de stator de la turbine à gaz.

La structure de support pour le palier no.2 est contenue à l'intérieur de cylindre interne. Un diffuseur est formé par l'annulaire incliné entre le cylindre externe et celui interne du carter de refoulement. Le diffuseur transforme une partie de la vitesse extérieure dans une pression supplémentaire.

Le carter de refoulement du compresseur contient le reste de six (numérotées de dix à quinze) clavettes d'admission. Ceux-ci sont installés dans des rainures usinées dans la bride jointe horizontale de la partie supérieure de le carter. Ces clavettes de blocage servent aussi pour prévenir les aubes fixes de tomber des rainures lorsque la partie supérieure du carter est transformée pour l'assemblage sur la turbine [4].

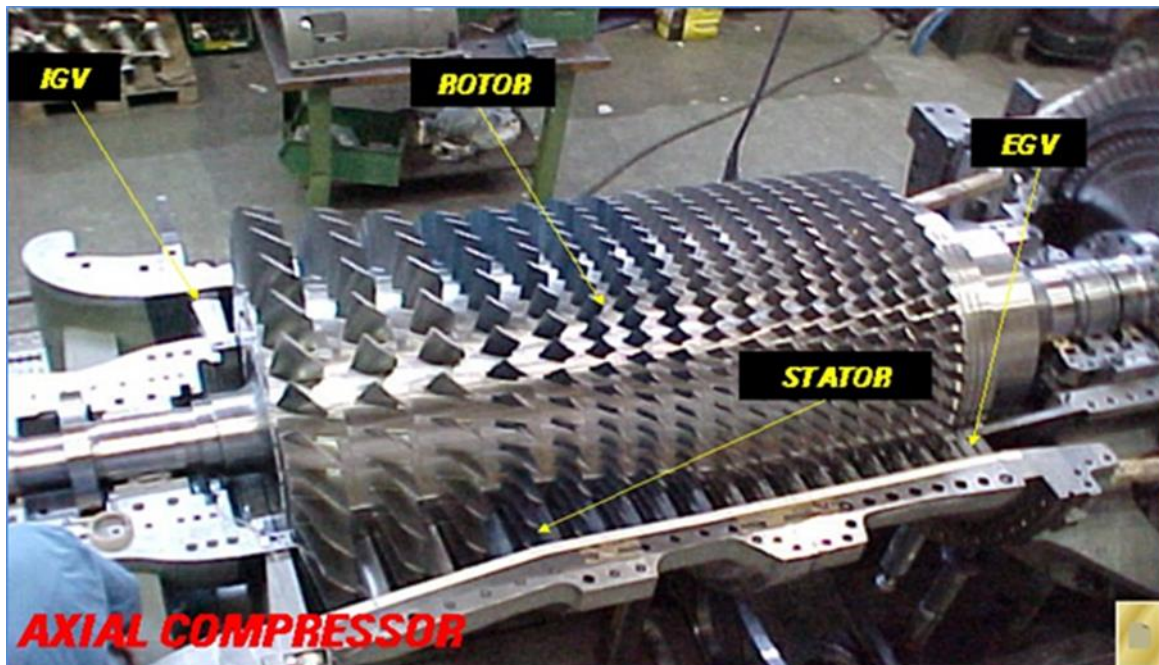


Figure 3. Carter du compresseur model 5002 et ensemble rotor de la turbine H.P [4].

3) Principe de fonctionnement du turbocompresseur

Le rotor de compresseur / turbine à haute pression est porté initialement à 20% vitesse par un dispositif de démarrage. L'air atmosphérique, entré dans le compresseur, est porté dans les chambres de combustion où le combustible est livré sous pression. Une flamme à haute tension allume le mélange combustible - air. (Une fois allumées, la combustion continuera dans les chambres.).

Les gaz chauds augmentent la vitesse du rotor compresseur / turbine à haute pression. Cela, à son tour, augmente la pression de refoulement de compresseur. Lors que la pression commence d'augmenter, le rotor de la turbine à basse pression commence à tourner et les deux rotors de turbine accélèrent à la vitesse de fonctionnement.

Les produits de combustion (les gaz à haute pression et haute température) se dilatent, au commencement à l'intérieur de la turbine à haute pression et puis à l'intérieur de la turbine à basse pression et sont évacués dans l'atmosphère. Pendant que les gaz expansés passent par la turbine à haute pression et provoquent une chute sur les aubes de turbine, ils font tourner la turbine ; tournant donc, le compresseur et appliquant un couple de sortie aux accessoires commandés. Les gaz font tourner aussi la turbine à basse pression avant l'échappement ; tournant, donc la charge.

4) Les barrières de sécurité dans le turbocompresseur

Afin d'assurer le suivi et le contrôle du système turbo compresseur, il y a deux types de mesure ; Mesure locale et mesure retransmise contrôle les cinq paramètres : température, Pression, débit, vitesse, niveau et les vibrations. Ainsi que des capteurs de sécurité pour détection de gaz de feu de flamme (Tableau 2).

Tableau 2. Système de sécurité dans bâtiment de turbocompresseur.

Repère	Désignation
ISDEX21.01/08	08 détecteurs de fumée environnement
UFDEX21.01/04	04 détecteur de flamme
GDEX21.01/03	03 détecteur de gaz

4.1) Les barrières de sécurité dans le compartiment auxiliaire :

Dans le compartiment auxiliaire, il existe les trois barrières suivantes :

- Deux détecteurs UV/IR.
- Deux détecteurs de température.
- Moyen extinction automatique par CO₂.

4.2) Les barrières de sécurité dans le compartiment turbine :

Dans le compartiment turbine, on peut trouver les capteurs suivants :

1/ Capteur de vitesse :

Existe sur les turbines, à chaque évolution du rotor correspond une fraction constante du volume écoulé, un élément magnétique fixé sur le rotor induit à chaque passage devant une bobine une impulsion électrique, cette fréquence est ensuite traitée dans un convertisseur qui permet de connaître la quantité de produit qui s'est écoulée.

2/ Mesure de niveau :

La mesure de niveau peut se faire de plusieurs façons, les plus utilisées sur le complexe sont :

- Les mesures directes ; c'est pour une indication locale, l'instrument utilisé est le niveau à glace.
- Mesure de niveau par pression (loi de l'hydrostatique), on utilise des cellules de pression différentielle.
- Mesure de niveau par flotteur magnétique, utilisé au niveau du stockage.

3/ Mesure de vibration :

Utilisé sur les turbines et les compresseurs pour mesurer le déplacement axial et radial sur l'arbre.

4/ Détecteur de feu :

Le feu est un phénomène de combustion avec émission de radiation ultraviolet et infra rouge, cette caractéristique est utilisée par les capteurs, pour détecter tout début d'incendie ce qui permet une intervention rapide, elle est aussi utilisée dans les fours pour la détection de flamme.

5/ Détecteur de flamme à ultraviolet :

Le détecteur est un tube électronique comme montre la figure 4, dans lequel un gaz s'ionise sous l'influence des rayons ultraviolet, il en résulte des décharges électriques entre deux électrodes. Les fréquences analysées se situent en dehors du spectre du rayonnement solaire.

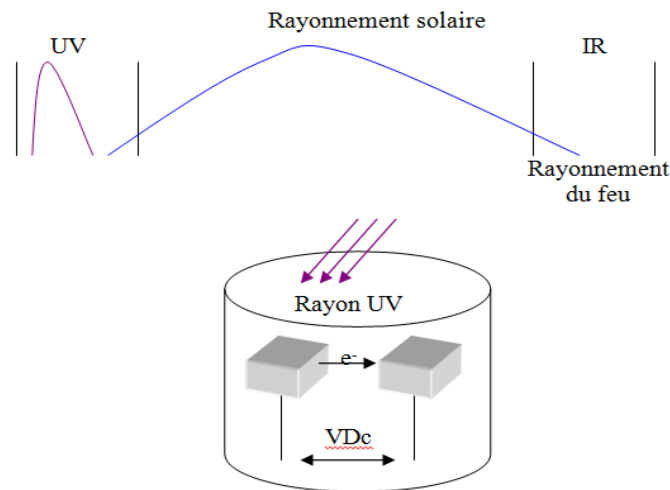


Figure 4. Principe de fonctionnement de détecteur de flamme à ultraviolet.

6/ Détecteur de flamme à infrarouge :

Ce sont des cellules sensibles au rayonnement infrarouge (thermique), ils sont :

Pyroélectrique, sensible à la variation du rayonnement dans une gamme de fréquence.
Thermocouple, sensible à l'intensité du rayonnement.

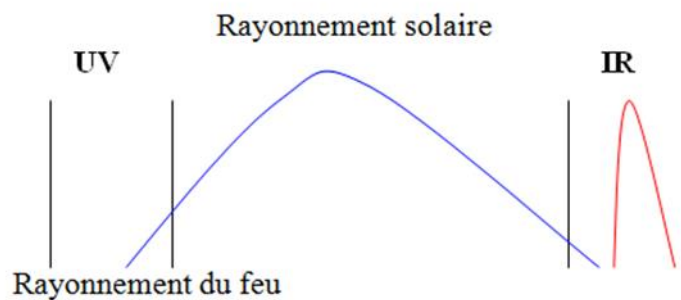


Figure 5. Principe de fonctionnement de détecteur de flamme à infrarouge.

7/ Mesure de température :

Les mesures de température peuvent se faire par contact ou sans, la température traduit l'énergie des molécules, l'information fournie par l'appareil est donnée en degré Celsius ($^{\circ}\text{C}$), la température est déterminée à partir d'un phénomène physique traduisant des variations de températures à mesurer :

Dilatation d'un liquide : thermomètre à bilame.

Variation d'une grandeur électrique : thermomètre à résistance (thermistance à coefficient thermique positif CTP et négatif CTN).

Sur le site les plus réponsus sont : les thermistances et les thermocouples.

8/ Thermocouple :

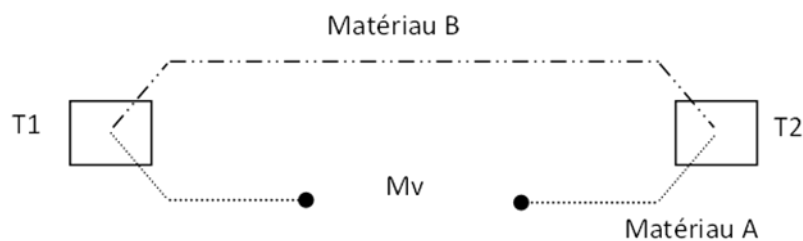


Figure 6. Principe de fonctionnement de sonde de température.

Les sondes de température les plus réponsus dans l'industrie sont les thermocouples, un thermocouple est constitué de deux conducteurs de nature différente soudée à leur extrémité, la tension mesurée est en relation directe avec la différence de température des deux soudures

Si T1 est différente de T2 alors apparaît une tension, la valeur de cette tension dépend de la différence de température et de la nature des matériaux utilisée, les plus réponsus sur le site sont de type K et type T.

9/ Mesure de pression :

Il existe différentes techniques qui permettent la mesure d'une pression, les plus réponsus sont :

- Les manomètres à liquide (tube en U et tube incliné)
- Les manomètres à déformation (membrane, soufflet et tube de bourdon)
- Les capteurs électroniques (jauges de contraintes et piézorésistifs)
- Il existe aussi un manomètre de précision ou de tarage qui sert à calibrer les manomètres cités ci-dessus.

Suivant le fonctionnement l'information est soit disponible localement (cas des manomètres), soit retransmise vers DCS (cas des capteurs électroniques).

4.3) Les barrières de sécurité dans le compartiment compresseur :

Concernant les compresseurs, la consultation de la base de données ARIA recense accidents représentant un intérêt dans l'analyse de l'accidentologie.

La répartition par origine des 20 évènements répertoriés est la suivante :

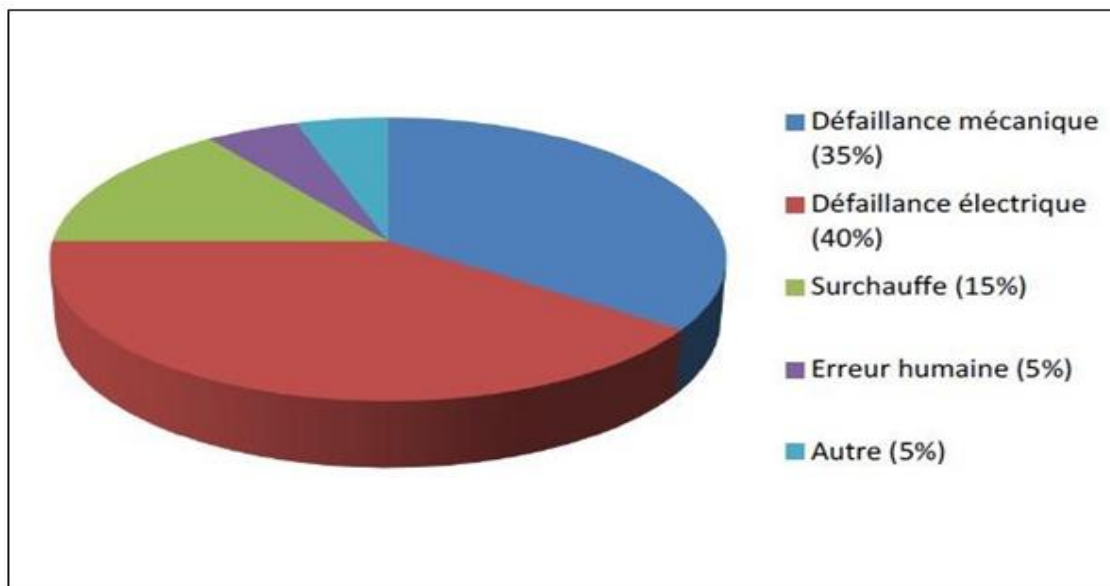


Figure 7. Répartition par origine des accidents répertoriés des compresseurs [5].

Les causes d'accident les plus fréquentes pour les compresseurs (figure 7) sont un défaut électrique, court-circuit de l'équipement ou un défaut mécanique entraînant la rupture d'un piquage ou une brèche sur une ligne (gaz ou huile de lubrification). La rupture de l'arbre de compression est également possible. Les erreurs humaines viennent en quatrième position avec 5 % des cas.

Le Système de sécurité dans le compartiment de turbocompresseur est composé de :

- Deux détecteurs UV/IR
- Deux détecteurs fumée
- Deux détecteurs de température
- Moyen extinction automatique par poudre

Le tableau ci-dessous représente les caractéristiques des différents détecteurs dans la partie de compresseur.

Tableau 3. Liste de détecteurs du compartiment TC.

Repère	Désignation
26BA-3	Thermostat haut température alarme à 70C°
26BT-3	Thermostat haut température déclenchement à 80 C°
45FT-1/3	03 Détecteurs de gradient thermique déclenche système d'extinction CO ₂ à 232 C°
45HT-1	Détecteur de gaz

VIII) Conclusion

La station de compression CNDG joue un rôle important dans l'exploitation des gazoducs GR5, GR7 de transport. Dont le turbocompresseur est l'un des éléments le plus important. Ce qui révèle indispensable de faire une analyse des risques liés à l'exploitation de ce dernier. Pour cela une démarche d'analyse des risques sera présentée et appliquée sur le turbo compresseur dans les deux prochains chapitres respectivement. Dans le prochain chapitre, nous allons introduire les méthodes d'analyse fonctionnelles et dysfonctionnelles qui nous appliquerons à l'étude de sécurité de turbocompresseur.

Chapitre II : Méthodologie d'analyse et d'évaluation des risques

I) Introduction

Le progrès de la sécurité des industries à risque repose fondamentalement sur la mise en œuvre d'un ensemble cohérent de doctrine et sur la capacité à créer, chez tous les acteurs et tous les citoyens concernés, une conscience raisonnée du danger - il n'y a pas de risque zéro - une vigilance durable, une attitude préventive, un niveau suffisant de connaissance des gestes autour des sites industriels.

La démarche d'analyse de risque se fonde sur un principe de gestion selon lequel : « vous ne pouvez pas gérer si vous ne pouvez pas mesurer ».

L'analyse des risques vise tout d'abord à identifier les sources de dangers et les situations associées qui peuvent conduire à des dommages sur les personnes, l'environnement ou les biens. Suivant les outils ou méthodes employés, la description des situations dangereuses est plus ou moins approfondie et peut conduire à l'élaboration de véritables scénarios d'accident.

L'analyse des risques permet aussi de mettre en lumière les barrières de sécurité existante en vue de prévenir l'apparition d'une situation dangereuse (barrières de prévention) ou d'en limiter les conséquences (barrières de protection).

Consécutivement à cette identification, il s'agit d'estimer les risques en vue de hiérarchiser les risques identifiés au cours de l'analyse et de pouvoir comparer ultérieurement ce niveau de risque aux critères de décision.

Dans cette partie, nous avons présenté des notions sur l'analyse des risques, à savoir le principe, et démarche, et méthodes (outils d'analyse) suivie dans cette analyse.

II) Définitions les concepts relatifs aux risques

Afin de bien comprendre le sens de l'analyse des risques, il faut tout d'abord connaître la définition de risque et l'analyse des risques. Le risque est défini dans dictionnaire Larousse comme "Possibilité, probabilité d'un fait, d'un événement considéré comme un mal ou un dommage" ou "Danger, inconvénient plus ou moins probable auquel on est exposé".

Si vous demandez à dix personnes ce qu'elles entendent par le mot risque, vous aurez très probablement obtenir dix réponses différentes. La même contradiction prévaut dans les journaux et autres médias. Dans certains cas, le mot risque peut-être remplacer par la chance, la probabilité ou la possibilité. Dans d'autres cas, cela peut être synonyme de hasard, de menace ou de danger [6].

En 1993, une nouvelle société pour l'analyse des risques était nouvelle, pendant quatre ans, cette société a essayé de définir le mot risque, enfin ils ont abandonné, ils ont dit dans son rapport final, Laisser chaque auteur le définir à sa manière.

La norme NF EN 61508 définit le risque comme la combinaison de la probabilité d'occurrence d'un dommage et de sa gravité.

Le risque est toujours lié à ce qui est arrivé dans le futur. Nous pouvons analyser et gérer les risques de manière rationnelle. Notre outil est l'analyse de risque et l'objectif est d'informer la prise de décision concernant notre bien-être futur.

Après le terme de risque est devenu très clair, nous expliquons maintenant l'analyse des risques. Ce dernier peut se résumer dans la réponse de ces trois questions : Ce qui peut mal tourner ?

Quelle est la probabilité que cela se produise ? Quelles sont les conséquences ? Cependant, La norme ISO (International Organization for Standardization) a défini l'analyse de risque comme "Utilisation systématique d'informations pour identifier les facteurs de risque et pour estimer le risque [7]. L'analyse des risques doit toujours compléter par l'évaluation de l'acceptabilité des risques ce qui représente une procédure de classification de l'acceptabilité de ces risques en fonction des fréquences d'occurrence, gravités, expositions, etc.

III) Principe de l'analyse des risques

L'analyse prévisionnelle des dysfonctionnements des systèmes consiste à identifier les conditions qui peuvent conduire à des défaillances et à prévoir leurs conséquences sur la sécurité des systèmes en cours de conception ou déjà opérationnels.

Les informations nécessaires à l'analyse comme indique la figure 2 sont :

- La description du système réel : structures physiques et fonctionnelles.
- Les caractéristiques des composants du système et des interactions entre eux (modes de défaillance et leurs conséquences...).
- Les relations entre le système et son environnement.
- La prise en compte des erreurs humaines en phase d'exploitation.

III.1) Étapes d'une analyse et Sûreté de fonctionnement

On peut diviser une analyse de Sûreté de fonctionnement de système en plusieurs étapes principales, à savoir (Figure 8) :

- L'analyse structurelle et fonctionnelle du système.
- L'analyse qualitative du système.
- L'analyse quantitative du système.
- La synthèse des analyses précédentes et une conclusion.

Les détails et l'enchaînement de ces étapes sont donnés dans l'organigramme de la figure ci-dessous :

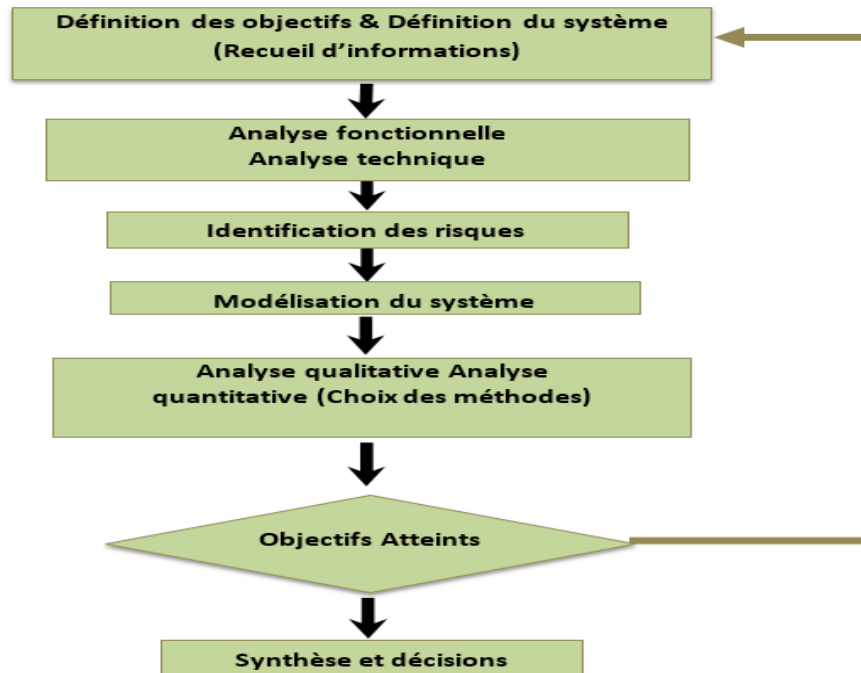


Figure 8. Organigramme des tâches d'une analyse prévisionnelle [8].

III.2) Analyses qualitatives

Cette analyse consiste à qualifier certains paramètres de la sûreté de fonctionnement d'un système précédemment étudié.

Lors de cette étape on définit clairement l'objectif de l'étude et on précise les limites de résolution de l'analyse.

La considération des éléments précédents, doit aboutir à la proposition d'une décomposition du système en composants, puis on procédera ensuite aux choix judicieux des méthodes les plus adaptées aux objectifs de l'étude au système à analyses et aux moyens dont on dispose. Ce qui permet par la suite d'aboutir à une modélisation du système et des défaillances l'affectant [3].

III.3) Analyses Semi quantitatives

Des catégories d'entrée sont combinées numériquement où obtenir schématiquement une valeur (pseudo-quantitative) numérique du risque. Ces valeurs sont souvent alors réunies dans les catégories qui sont définies qualitativement. La Figure ci-dessous reflète les considérations typiques en choisissant le type d'analyse et la profondeur d'étude.

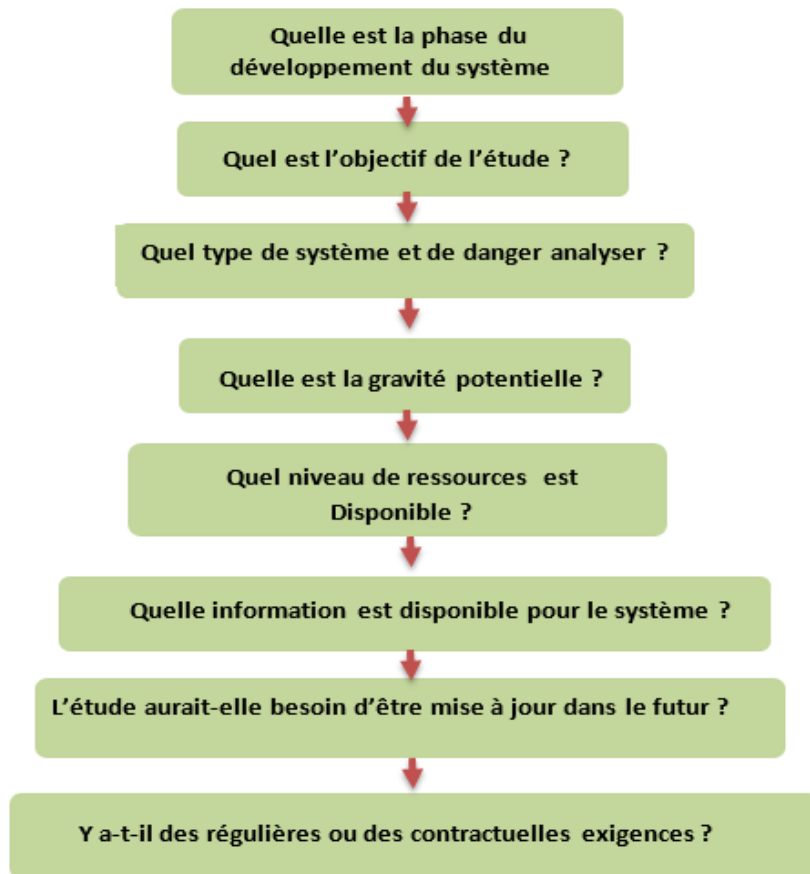


Figure 9. Considération typique en choisissant le type d'analyse et la profondeur.

III.4) Analyses quantitatives

En utilisant les résultats de l'analyse qualitative réalisée précédemment, et si l'on dispose de données de fiabilité relatives aux événements élémentaires et d'informations relatives aux systèmes (données statistiques, données expérimentales...).

L'analyse quantitative permet de quantifier les paramètres de la sûreté de fonctionnement du système étudié. Il en résulte donc que l'analyse de défaillance a de nombreux objectifs, à titre d'exemple on cite la probabilité d'occurrence d'un événement donné, le bon fonctionnement d'un système pendant une durée donnée...

Les résultats de l'analyse peuvent être utilisés pour le choix de solutions et dans la prise de décision. [3]

Par ailleurs, la synthèse de l'analyse qualitative et quantitative mettra en évidence les défaillances et leurs combinaisons qui compromettent le fonctionnement du système ainsi que les composants les plus critiques ou les missions les plus importantes du système.

Tandis que, les conclusions permettent de proposer des solutions au vu de l'analyse précédente telle que :

- Une amélioration de la fiabilité de composants,
- Une modification des redondances,
- Une redondance supplémentaire peut être faite,

- Une élimination de redondances inutiles,
- Une adjonction de protection ou de dispositif de surveillance ou de contrôle,
- Une protection supplémentaire contre des défauts de cause commune,
- Une modification des caractéristiques des tests périodiques ou de la maintenance,
- Une maintenance préventive sur certains composants,
- Des essais périodiques supplémentaires de certains composants.

III. 5) Quelques normes sur l'analyse de risques

Dans ce qui suit, nous présentons quelques normes internationales de l'analyse et l'évaluation des risques :

- Le CEI 60300-3-9 : "analyse de risque des systèmes technologiques",
- EN1050 : « sûreté d'évaluation des risques – de machines",
- SO17776 : "directives et outils en mer d'installations - de production d'industries de pétrole- et de gaz naturel pour l'identification de risque et l'évaluation des risques",
- EN 1441, 1997 : l'analyse du risque était même parfois considérée comme le processus entier.

L'industrie a joué un rôle précurseur dans la mise au point de certaines méthodes d'identification et de maîtrise des risques. La liste est longue ; citons quelques exemples : L'analyse préliminaire des risques (APR), L'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC), L'analyse par arbres des défaillances AdD, et la méthode « Hazard and Opérabilité Study » (HAZOP).

Il existe différentes manières d'appréhender l'analyse des risques, chacune ayant ses avantages et ses inconvénients. L'objectif commun est de supprimer tous les dysfonctionnements à risques

Dans ce qui suit, nous allons présenter des généralités sur la méthode "SADT, HAZOP, et AdE" à savoir sa définition, son principe de fonctionnement etc. ...que seront utilisés dans le prochain chapitre pour analyser les risques liés au système turbocompresseur.

IV) Méthodes analyses des risques

IV.1) Méthodes d'analyses fonctionnelle SADT

a) Définition

La méthode SADT est une méthode d'analyse et de conception des systèmes importants et complexes en facilitant la communication entre spécialistes de disciplines différentes. Elle fournit des outils notamment pour [9] :

- Concevoir d'une façon structurée des systèmes vastes ou complexes.
- Communiquer des résultats de l'analyse et de la conception dans une notation claire et précise.
- Contrôler l'exactitude, la cohérence et de façon générale la qualité de manière continue et systématique par des procédures particulières de critiques et d'approbations.

b) Principe

La méthode SADT (Structured Analysis and Design Technique) est un outil graphique associé à une méthode d'analyse descendante modulaire et hiérarchisée. Il permet de représenter un modèle (image de la réalité) du système réel.

c) Les actigrammes SADT

Les actigrammes sont des diagrammes de décomposition fonctionnelle de l'application.

d) Les diagrammes

Le diagramme de contexte représente le système avec ses entrées et ses sorties.

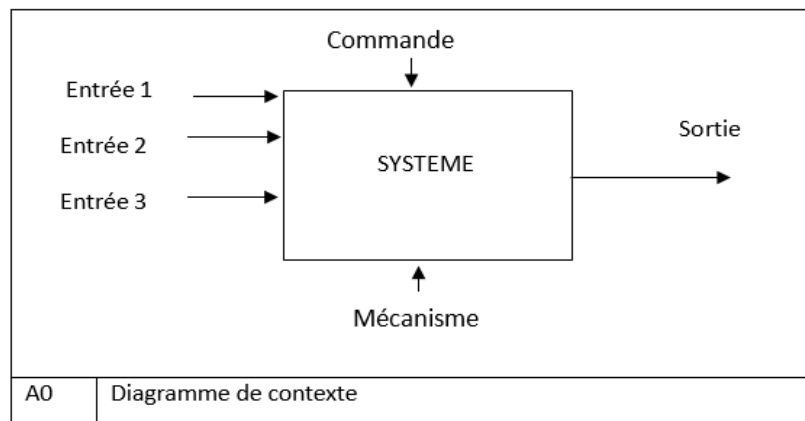


Figure 10. Représentation d'un diagramme de contexte SADT.

Le diagramme de contexte porte le nom A-0

Le système est ensuite décomposé en ses principales fonctions dans un diagramme A0 :

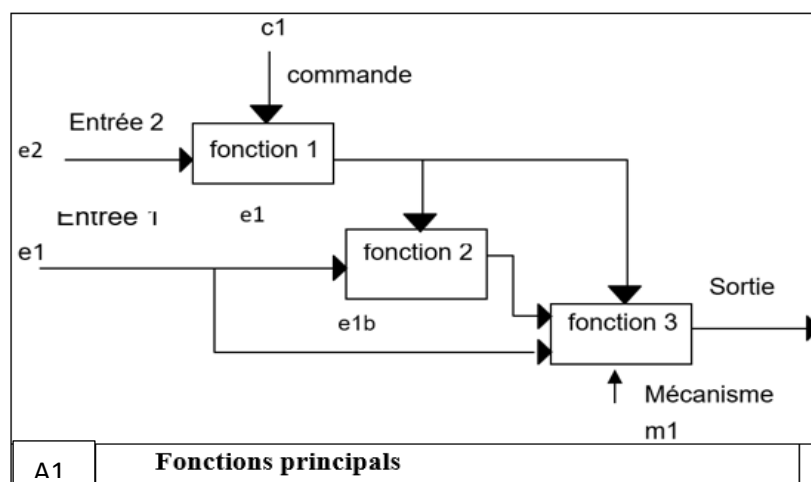


Figure 11. Représentation d'une fonction principale SADT.

Les fonctions 1, 2, 3 peuvent faire l'objet d'une décomposition dans les diagrammes A1, A2, A3. Le diagramme A1 pouvant être décomposé en A11, A12, etc. Un diagramme doit comporter entre 3 et 6 fonctions.

e) Concepts fondamentaux

- SADT analyse un système en construisant un modèle dont le but est d'en exprimer une compréhension complète et de le situer dans son contexte. Plusieurs modèles selon points de vue peuvent s'avérer nécessaires ;
- Analyse du système : descendante, hiérarchique, modulaire, structurée ;
- SADT décrit le « QUOI » (où la méthode est efficace) et non le « COMMENT » (# solutions envisagées pour la réalisation du QUOI) > moins efficace ;
- SADT modélise à la fois les choses, données, objets, noms (> doc, produits, personnes, pgms, machines, et les événements, activités, verbes effectués par ces objets. Le modèle complet établit les liens entre ces 2 modèles ;
- SADT = langage semi formel = {texte + graphiques (boîtes, flèches)} ;
- SADT favorise le travail en équipe discipliné et coordonné ;
- SADT oblige à consigner par écrit tous les choix effectués pendant l'analyse. Les documents sont ainsi accessibles à tous pour être revus et corrigés.

f) Avantages SADT

Parmi les avantages de la méthode fonctionnelle SADT, nous mentionnons :

- Structure hiérarchisée par niveau permettant une clarification et une décomposition analytique de la complexité d'un système ;
- Diagramme intemporel ;
- Économie de temps ;

h) Inconvénients SADT

Cette méthode souffre de certains inconvénients :

- Méthode lourde dans sa réalisation ;
- Méthode coûteuse pour la formulation ;
- Rigidité du formalisme ;
- Rigueur de l'application du cycle auteur- lecteur ;
- Absence des règles pour la décomposition des processus ;

IV.2) Hazard and Operability Study (HAZOP)

L'analyse de risques HAZOP, acronyme des termes Hazard (danger) et Operability (fonctionnement), est une méthode de revue systématique en groupe de travail permettant d'identifier et d'analyser les dysfonctionnements d'une installation de procédés et la mise en place de mesures compensatoires. Cette méthode d'analyse de risque est la plus utilisée mondialement dans les industries chimiques, pharmaceutiques, oil & gaz, notamment lors de la conception d'une nouvelle installation, la modification ou revue d'une installation existante. Cette méthode systématique est particulièrement adaptée pour les études de dangers des installations de procédés industriels. Conformément aux exigences de la réglementation des ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement), elle identifie de façon exhaustive le déroulement des scénarios accidentels conduisant à des risques potentiels d'accidents majeurs (phénomènes dangereux) et les mesures de sécurité en place ou nécessaires, en prenant en compte les différentes phases.

a) Principe de la méthode HAZOP

La méthode de type HAZOP est dédiée à l'analyse des risques des systèmes thermo-hydrauliques pour lesquels il est primordial de maîtriser des paramètres comme la pression, la température, le débit ...

Elle repose sur une technique systématique et structurée d'identification des dangers et des problèmes opératoires dans les industries de transformation et procédés (Ex : les industries chimiques, pétrochimiques, pharmaceutique, pétrolière, gazière, etc). Elle permet de caractériser l'enchaînement détaillé des événements susceptibles de conduire à un accident majeur au sein de votre installation.

L'HAZOP suit une procédure assez semblable à celle proposée par l'AMDE. L'HAZOP ne considère plus des modes de défaillances mais les dérives potentielles (ou déviations) des principaux paramètres liés à l'exploitation de l'installation. De ce fait, elle est centrée sur le fonctionnement du procédé à la l'installation.

Les deux méthodes se rejoignent dans la mesure où les causes et les conséquences de dérives de paramètres peuvent être des défaillances de composants et réciproquement. Pour chaque partie constitutive du système examiné (ligne ou maille), la génération (conceptuelle) des dérives est effectuée de manière systématique par la conjonction :

- De mot-clé comme par exemple "pas de", "plus de", "trop de"
- Des paramètres associés au système étudié. Des paramètres couramment rencontrés sont la température, la pression, le débit, la concentration, mais également le temps ou des opérations à effectuer.

Mot-clé + paramètre = dérive

Le groupe de travail doit ainsi s'attacher à déterminer les causes et les conséquences potentielles de chacune de ces dérives et à identifier les moyens existants permettant de détecter cette dérive, d'en prévenir l'occurrence ou d'en limiter les effets. Le cas échéant, le groupe de travail pourra proposer des mesures correctives à engager en vue de tendre vers plus de sécurité. A l'origine, l'HAZOP n'a pas été prévue pour procéder à une estimation de la probabilité d'occurrence des dérives ou de la gravité de leurs conséquences. Cette méthode est donc parfois de qualitative [10].

b) Déroulement de la méthode HAZOP :

La démarche présentée ici est globalement cohérente avec la démarche présentée dans la norme CEI : 61882 [11] "Etudes de danger et d'exploitabilité (études HAZOP) -Guide d'application". Notons de plus que, dans le domaine des risques accidentels, il est souvent nécessaire de procéder à une estimation de la criticité des dérives identifiées. Enfin, comme le précise la norme CEI : 61882, il est également possible de dérouler l'HAZOP, en envisageant en premier lieu un mot-clé puis de lui affecter systématiquement les paramètres identifiés.

Tableau 4. Exemple de tableau pour l'HAZOP.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Elément	Paramètres	Mot-clé	Déviations	Causes possibles	Conséquences	Security existents	Commentaires	Mesure à prendre

Il convient pour mener l'analyse HAZOP, de suivre les étapes suivantes :

1. Dans un premier temps, choisir une ligne ou une maille. Elle englobe généralement un équipement et ses connexions, l'ensemble réalisant une fonction dans le procédé identifié au cours de la description fonctionnelle ;
2. Choisir un paramètre de fonctionnement ;
3. Retenir un mot-clé et étudier la dérive associée ;
4. Vérifier que la dérive est crédible. Si oui, passer au point (5), sinon revenir au point (3) ;
5. Identifier les causes et les conséquences potentielles de cette dérive ;
6. Examiner les moyens visant à détecter cette dérive ainsi que ceux prévus pour en prévenir l'occurrence ou en limiter les effets ;
7. Proposer, le cas échéant, des recommandations et améliorations ;
8. Retenir un nouveau mot-clé pour le même paramètre et reprendre l'analyse au point (3) ;
9. Lorsque tous les mots-clés ont été considérés, retenir un nouveau paramètre et reprendre l'analyse au point (2) ;
10. Lorsque toutes les phases de fonctionnement ont été envisagées, retenir une nouvelle ligne et reprendre l'analyse au point (1).

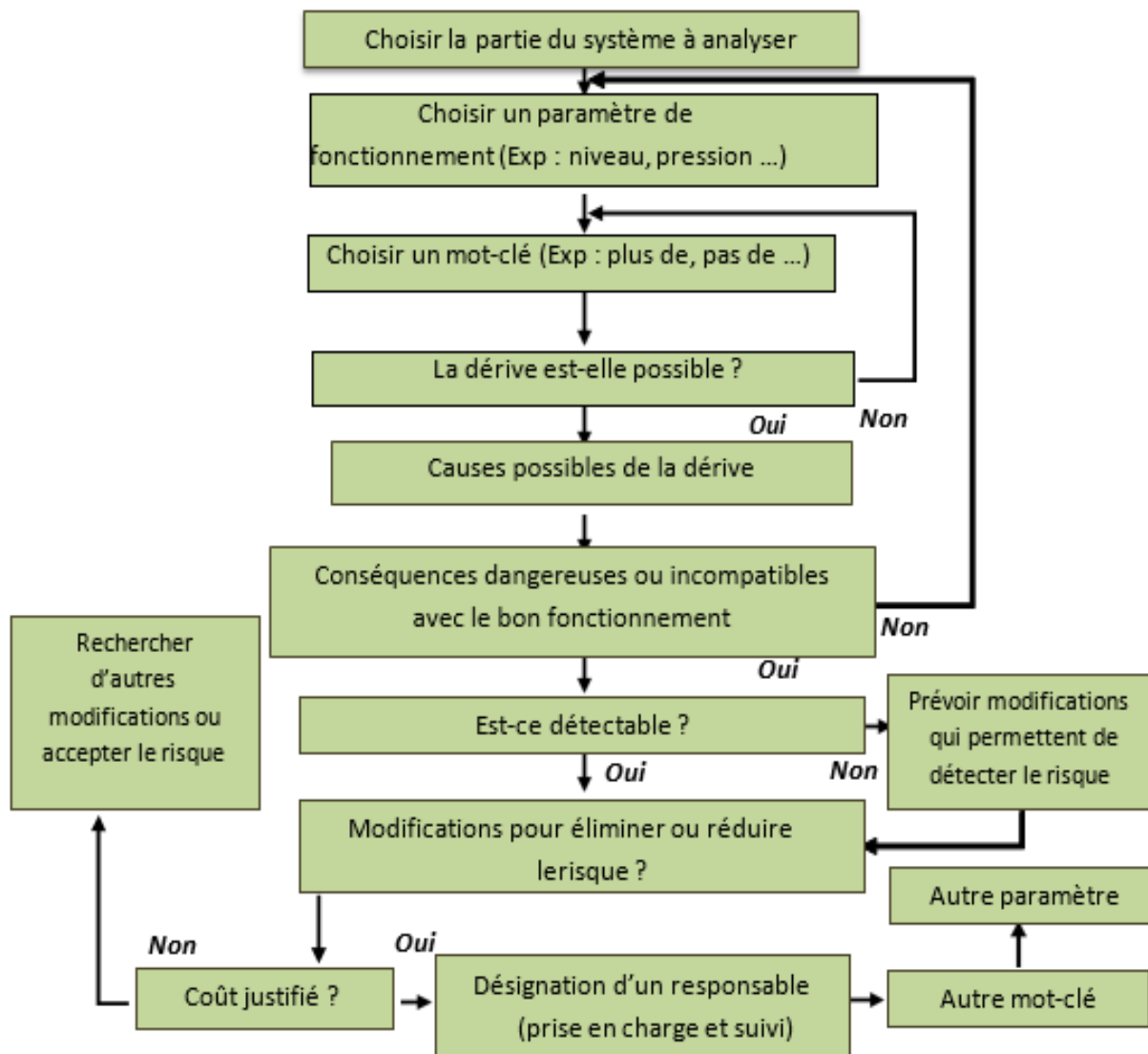


Figure 12. Déroulement d'une étude HAZOP.

c) Limites et Avantages de la méthode HAZOP

L'HAZOP est un outil particulièrement efficace pour les systèmes thermo-hydrauliques. Cette méthode présente un caractère systématique et méthodique. Considérant, de plus, simplement les dérives de paramètres de fonctionnement du système.

En revanche, l'HAZOP ne permet pas dans sa version classique d'analyser les événements résultant de la combinaison simultanée de plusieurs défaillances.

Par ailleurs, il est parfois difficile d'affecter un mot clé à une portion bien délimitée du système à étudier. Cela complique singulièrement l'identification exhaustive des causes potentielles d'une dérive. En effet, les systèmes étudiés sont souvent composés de parties interconnectées si bien qu'une dérive survenant dans une ligne ou maille peut avoir des conséquences ou l'inverse des causes dans une maille voisine et inversement. Bien entendu, il est possible a priori de reporter les implications d'une dérive d'une partie à une autre du système. Toutefois, cette tâche peut rapidement s'avérer complexe. Enfin, l'HAZOP traitant de tous types de risques, elle

peut être particulièrement longue à mettre en œuvre et conduire à une production abondante d'information ne concernant pas des scénarios d'accident majeurs [12].

IV. 3) La méthode Arbre des événements AdE

L'arbre d'événements illustre graphiquement les conséquences potentielles d'un accident qui résulte d'un événement initiateur (une défaillance spécifique d'un équipement ou une erreur humaine). Une analyse par arbre d'événements (AdE), Figure 13, prend en compte la réaction des systèmes de sécurité et des opérateurs à l'événement initiateur lors de l'évaluation des conséquences potentielles de l'accident. Les résultats de l'AdE sont des séquences accidentelles ; c'est-à-dire un ensemble de défaillance ou d'erreurs qui conduisent à l'accident. Ces résultats décrivent les conséquences potentielles en termes de séquence d'événements (succès ou défaillance des fonctions de sécurité) qui font suite à un événement initiateur.

Une analyse par arbre d'événements est bien adaptée pour étudier des procédés complexes qui ont plusieurs barrières de protection ou procédures d'urgence en place pour réagir à un événement initiateur spécifique.

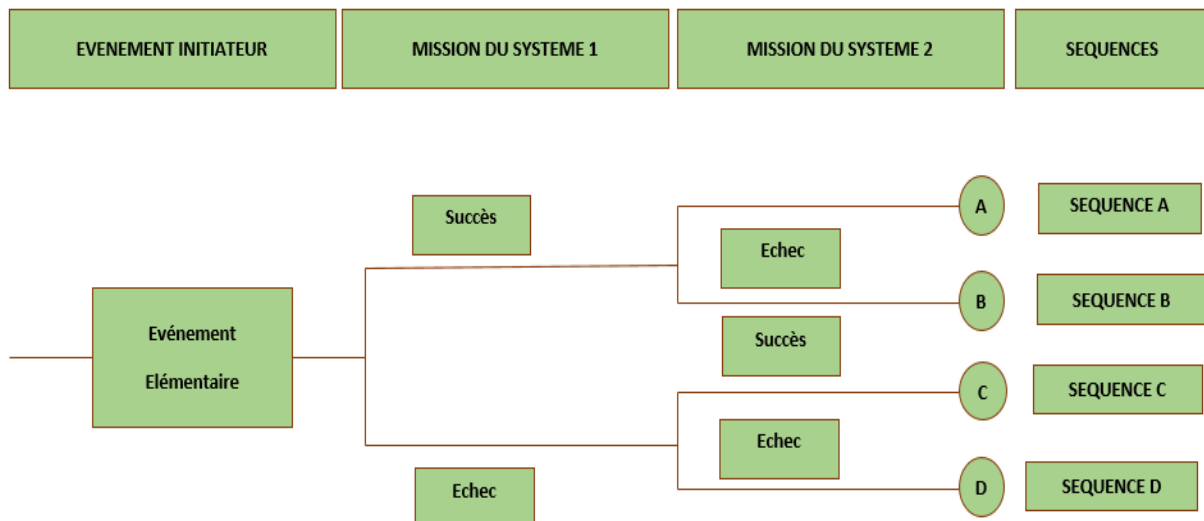


Figure 13. Schéma d'un arbre d'événement.

IV.4) Analyse de conséquence

Une fois que les arbres des événements sont établis, les conséquences doivent être déterminées en estimant leurs effets sur les individus, les installations et l'environnement. Cette étape permet de connaître les zones à l'intérieur desquelles la sécurité des populations environnement sont retenus pour la planification d'urgence.

Les conséquences d'un scénario d'accident se définissent à l'aide de deux notions :

- Les caractéristiques d'accident ;
- Son impact.

Les caractéristiques sont déterminées à partir de la modélisation de l'accident et établies en modélisant de ces caractéristiques sur les éléments du milieu environnant. Par exemple, lors d'un incendie (événement accidents), la radiation thermique, (caractéristique) entraîne des brûlures (impacte) aux individus exposés [13].

a) Modélisation les effets de surpression

La méthode Multi énergie a été développée au sein de l'organisme néerlandais TNO en particulier par Van Den Berg en 1984. Elle consiste à évaluer les caractéristiques de l'onde de surpression générée par un UVCE (Unconfined Vapour Cloud Explosion).

Les principes de TNO Les principes de base sur lesquels repose cette méthode sont directement inspirés des mécanismes qui gouvernent le déroulement des explosions de gaz. Ainsi, pour comprendre la méthode Multi-énergie, il convient tout d'abord de garder à l'esprit qu'une explosion de gaz n'est susceptible d'engendrer de fortes surpressions que si :

- Les flammes atteignent une vitesse de propagation importante (plusieurs dizaines de m/s),
- Ou si les gaz sont confinés par des parois solides.

Or, une flamme se propageant dans un mélange gazeux réactif accélère si le volume occupé par les gaz est caractérisé par la présence répétée d'obstacles et d'espaces partiellement confinés. Obstacles répétés et confinement « riment » donc avec vitesses de flamme et surpressions importantes. Sans présence d'obstacle et d'espace confiné, l'inflammation accidentelle des mélanges gazeux conduit généralement à des surpressions de faibles amplitudes.

De ce fait, on ne peut plus représenter une explosion par une seule onde de surpression. On caractérise chaque zone du nuage par une onde de surpression qui est fonction de la « Violence » de l'explosion dans cette partie. D'où le qualificatif retenu de « **Multi-Energie** ».

b) Méthodologie

L'onde de choc qui se propage dans l'environnement et balaie tout sur son passage est ce qui distingue principalement l'impact de l'explosion. Les explosions sont donc des phénomènes inhabituels mais rapidement dynamiques, et il n'est pas toujours possible de les prévoir, quelle que soit leur origine.

En effet, les effets peuvent être tout aussi désastreux et imprévisibles sur une personne (perforation du tympan, lésions auriculaires et pulmonaires importantes, mort immédiate, etc.) que sur un bâtiment (fenêtres brisées, murs effondrés, structures dégradantes, etc.).

Par conséquent, la prévention de tels phénomènes vise à prévenir les explosions ou leurs effets au moyen d'actions ciblées visant à protéger la sécurité humaine et à limiter autant que possible les dommages matériels, afin de pouvoir évaluer l'impact de telles explosions dans des situations réelles.

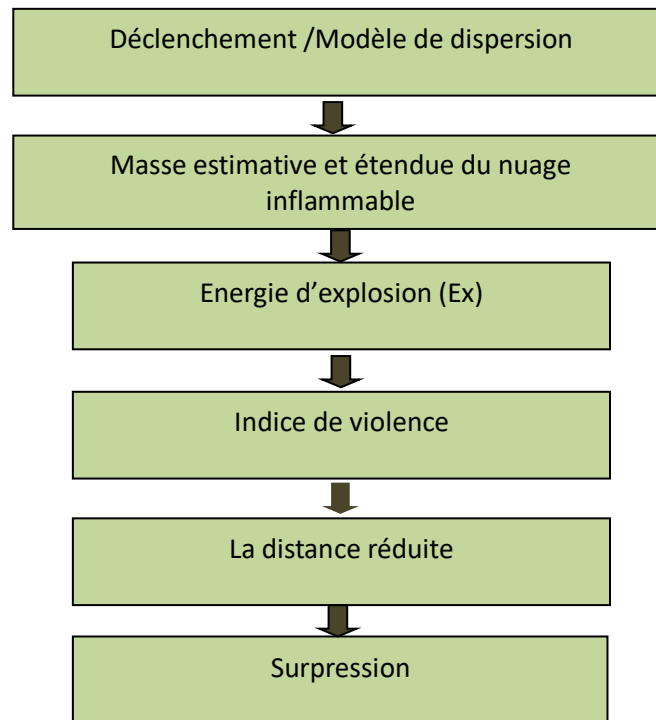


Figure 14. Méthodologie de l'analyse des conséquences choisie [14].

c) Technique multi-énergie TNO

À la suite de vastes campagnes d'essai menées dans les années 1970 et 1980 et d'élaboration de théories de déflagration du gaz hémisphérique, le TNO a présenté la technique multi-énergie. Les hypothèses suivantes constituent le fondement de la méthode multi-énergie [15] :

- La vitesse maximale de propagation de la flamme est estimée expérimentalement en fonction de la réactivité, de la géométrie et du taux de congestion des nuages.
- La flamme se propage à une vitesse constante à considérer comme le maximum réalisable pour l'installation considérée.

L'application de la méthode multi-énergie repose également sur deux étapes essentielles :

- Caractériser les zones du nuage explosif où les flammes accélèrent ;
- Déterminer la vitesse de la flamme dans chaque zone, c'est-à-dire décrire l'intensité de l'explosion.

Pour ce faire, il est essentiel de tenir compte de divers facteurs qui peuvent influencer sur la vitesse à laquelle les flammes se propagent, notamment :

L'intensité des barrières, le niveau de confinement, la taille et la forme du nuage inflammable, la réactivité du combustible, ainsi que l'énergie et l'emplacement de la source d'inflammation.

Pour déterminer le niveau de pression obtenu par rapport au degré de confinement ou d'obstruction du mélange inflammable, les quatre étapes suivantes sont :

1) Calcul de l'explosion d'énergie.

La réaction chimique qui se produit lorsque l'oxygène est couplé à des matières combustibles, comme le gaz, produit de l'énergie de combustion. Ce calcul de l'énergie n'est valable que dans le cas d'une UVCE (Unconfined Vapour Cloud Explosion).

Un nuage de vapeur inflammable (UVCE) en contact d'une source d'ignition lorsqu'il se situe entre la LII (limite inférieure d'inflammabilité) et la LSI (limite supérieure d'inflammabilité) pourrait être le siège de combustion.

Les étapes suivantes d'un UVCE peuvent être produites par la production et la dispersion d'un nuage inflammable suffisamment volatil : probabilité de fatalité de l'effet de surpression par deux TNT et TNO multi-énergie [16] :

- Évaporation de la couche de liquide produite en partie d'une décharge liquide ;
- Formation d'un nuage inflammable entre l'air et le gaz ;
- Rejet dans l'atmosphère d'un gaz ou d'un liquide combustible volatil, avec ou sans émission d'aérosol
- Dispersion du nuage air-gaz qui s'enflamme en présence d'une source d'inflammation ;
- Propagation du front de flamme dans le nuage inflammable provoquant une onde de choc aérienne.

L'énergie de combustion est donnée par la formule :

$$E_x = M_G \times \Delta H_c \quad \text{où}$$

E_x : est l'énergie de combustion dans le mélange air-carburant (J),

M_G : est la masse du gaz inflammable qui participe à l'explosion (kg),

ΔH_c : est la chaleur de combustion de l'inflammable (J/kg).

2) Choix de l'Estimation des surpressions (indice de violence) :

Le niveau de surpression maximal produit par l'explosion est directement lié à la vitesse de propagation de la flamme dans le nuage.

Pour la méthode multi-énergie, les indices sont classés de 1 à 10 et correspondent aux différents niveaux de surpression :

Tableau 5. Correspondance entre indices et surpressions maximales.

Tableau 3. Correspondance entre indices et surpressions maximales

Indice de violence (-)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Seuils de surpression (bar)	0.01	0.02	0.05	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10

3) Détermination de la distance à l'échelle

Elle est exprimée par la formule.

$$\bar{R} = R \times \left(\frac{E_x}{P_0} \right)^{1/3}$$

où \bar{R} est la distance graduée pour TNO Multi-Energie (-), P_0 est la pression ambiante

($P_0 = 101000$ Pa) et R est la distance du centre de l'explosion (m).

4) Détermination de la surpression graduée

Elle est exprimée par la formule (3).

$$\bar{P} = \frac{P_s}{p^0} \quad (3)$$

Où P_s est indiquée la surpression causée par l'explosion (bar) et P est surpression de souffle (-).

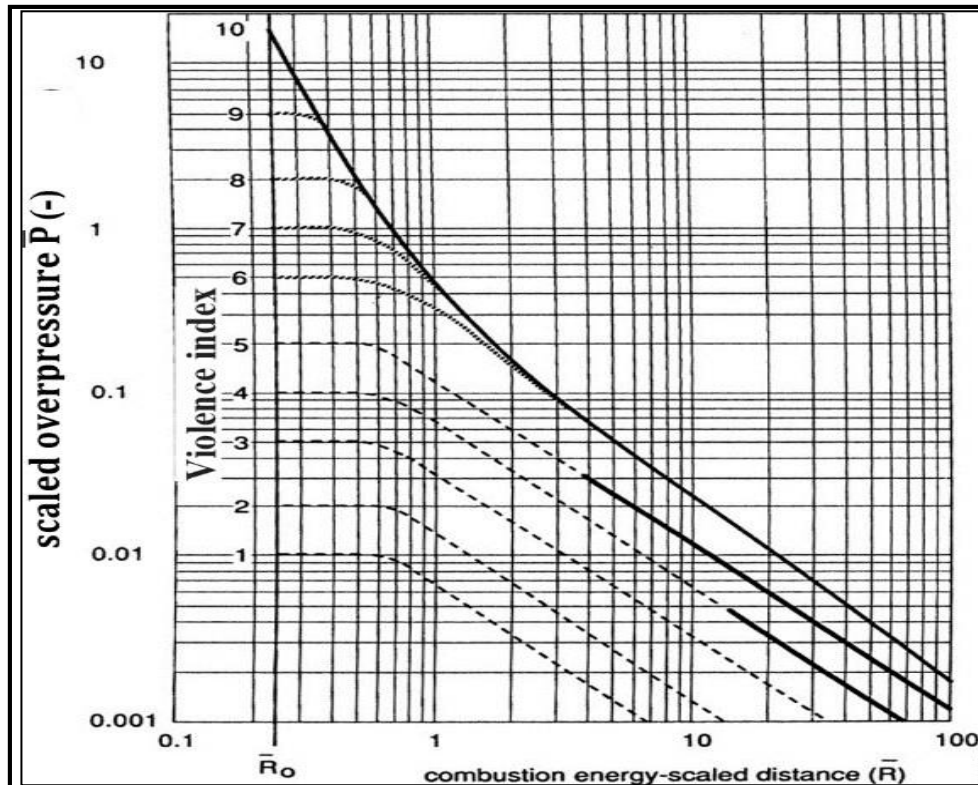


Figure 15. Surpression en fonction de la distance d'échelle [17].

V) Conclusion

Les outils d'analyse des risques décrits dans ce document sont fréquemment utilisés dans le domaine de la prévention des risques. Procurant un caractère systématique à l'analyse, ils permettent :

- D'identifier les causes et les conséquences potentielles d'évènements liés à l'exploitation d'installations industrielles,
- De mettre en lumière les barrières de sécurité existantes ou pouvant être envisagées au regard du risque.

L'utilisation de ces méthodes est particulièrement recommandée dans le cadre de l'analyse des risques d'une étude des dangers, puisqu'elles permettent de viser à plus d'exhaustivité pour l'identification et tendre ainsi vers la maîtrise des risques majeurs.

Il n'existe pas de bons ou de mauvais outils d'analyse des risques. Chacun possède des avantages et des inconvénients qui lui sont propres. Un outil particulier est donc généralement plus ou moins adapté au contexte de l'installation étudiée et aux objectifs

recherchés. Rappelons enfin que ces outils ne peuvent assurer une exhaustivité totale de l'identification des causes potentielles de sinistres.

Dans le dernier chapitre, nous appliquerons les méthodes susmentionnées sur le système choisi ce qui est le turbo-compresseur afin de trouver les principaux risques et de les évaluer. Cette application nous permettra de proposer quelques recommandations pour améliorer la sécurité du système.

Chapitre III : Application de la Méthodologie sur le compresseur de gaz

I) Introduction

Dans ce chapitre, nous appliquons notre méthodologie qui commence par l'analyse fonctionnel utilisant la méthode SADT, puis l'analyse HAZOP va nous aider à identifier les risques et accidents potentiels dans le système. La dernière étape sera l'évaluation des conséquences graves par les méthodes AdE et PHAST.

Pour l'analyse par SADT est une modélisation graphique des fonctions d'un produit ou système qui permet d'en représenter les données essentielles et les relations avec le milieu extérieur. L'analyse "HAZOP" consiste normalement à l'analyse des risques de toute l'installation ce qui nécessite un temps important et un groupe d'analyse de diverses spécialistes (Annexe), celle-ci présente un handicap pour notre cas, pour y remédier, on a opté de faire une analyse partielle sur la fonction dont le degré de risque est plus important.

D'après la méthodologie de l'analyse "HAZOP" et le circuit de notre système, on a vu le déroulement de l'analyse se fait comme suite, on divise le système en partie :

- **Les Composants** constituent de Compresseur axial, Chambre de combustion, et Compresseur centrifuge ;
- **Les Eléments** sont l'Air, Gaz, et Huile ;
- **Les Paramètres** qui sont le Débit, la Pression, et la Température.

Les résultats de la méthode HAZOP aidera à trouver les conséquences les plus graves. Il nous sera plus facile d'appliquer la méthode AdE utilisant ces résultats. Et on finira avec l'utilisation de logiciel PAHST pour trouver les ondes de surpression.

II) Analyse fonctionnel par SADT

Les figures ci-dessous représente une application générale de la méthode SADT sur le turbo-compresseur. Elle montre clairement les entrées qui sont : l'air et le gaz, les commandes représentées par les paramètres physiques comme la pression, la température, et le débit d'air et de pression. Le mécanisme et la sortie sont représentées par la turbine et le compresseur, et par le refoulement de gaz, respectivement.

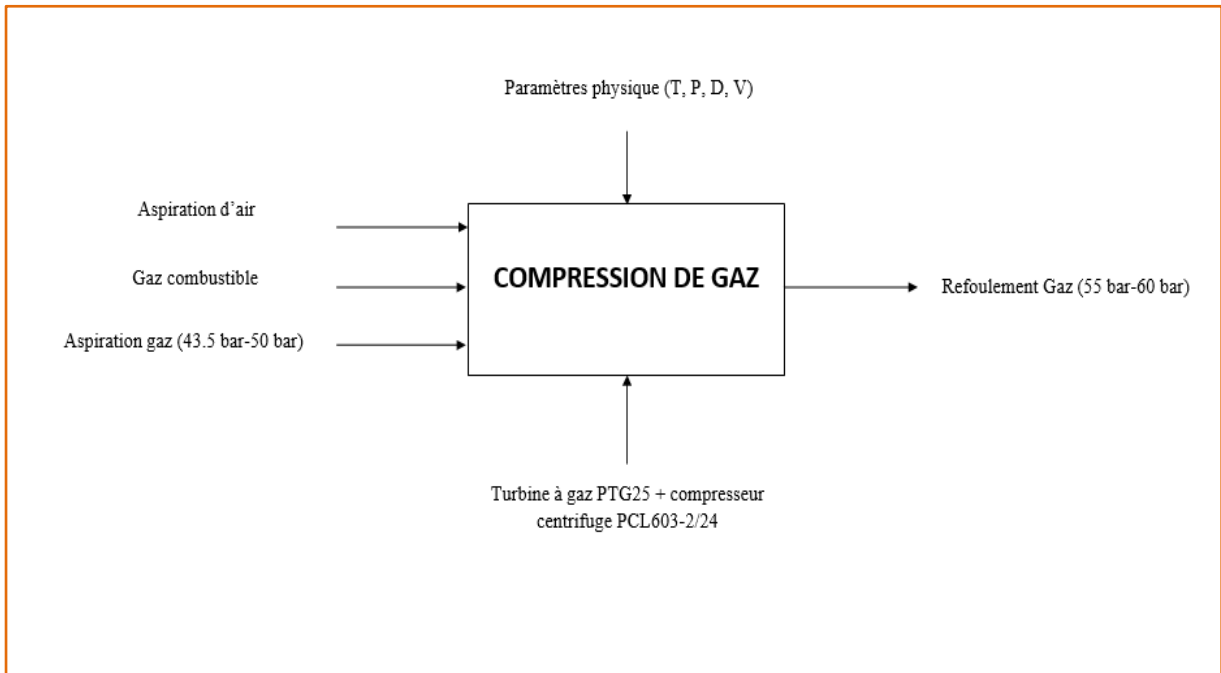


Figure 16. SADT de Compresseur de gaz.

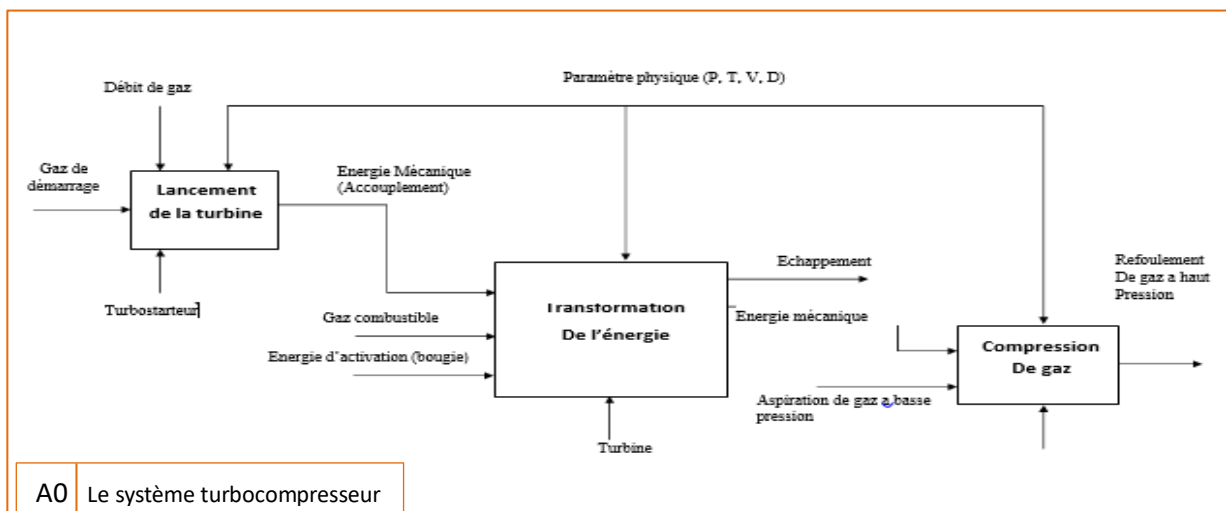


Figure 17. Le système turbocompresseur.

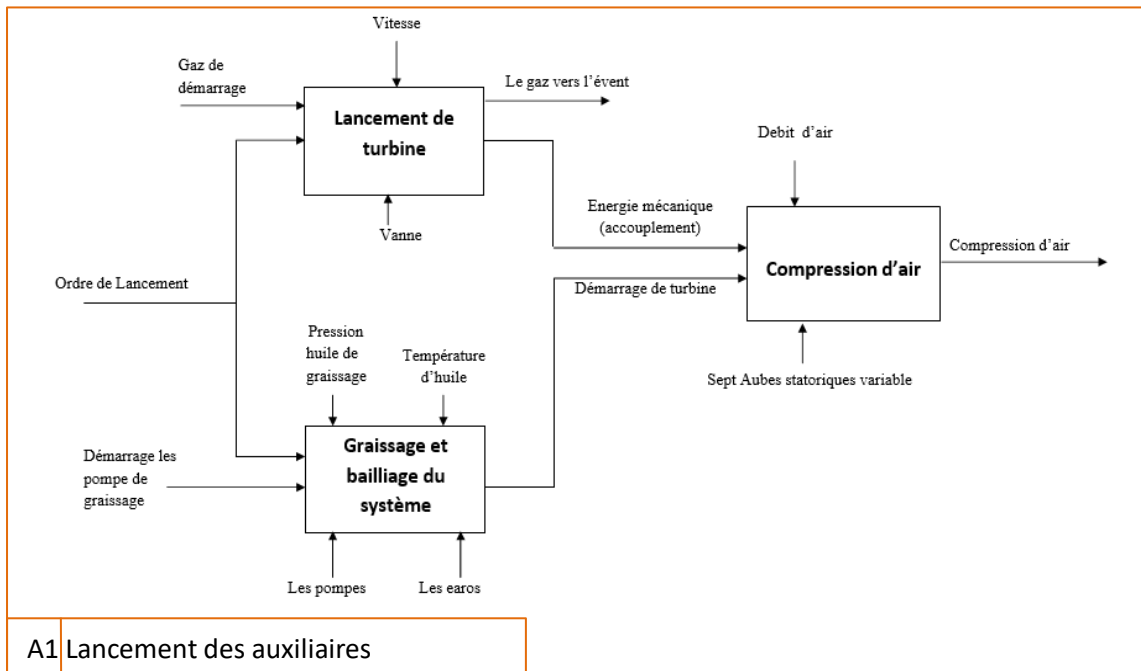


Figure 18. Lancement des auxiliaires.

III) Application de la méthode Hazop

<p>La partie : Turbine à gaz MS 5002 C. Elément : Air. Composant : Compresseur axial.</p>	<p>Intention de conception. Entrée : Air dans le compresseur axial. Activité : Compression.</p>
--	--

1- Débit :

N	Mot clé	Déviaton	Causes possibles	Conséquences	Détection	Sécurité existante	Recommandation
1	Pas de	Pas de débit d'air	-Saturation totale des filtres : *Pré-filtre. *high efficiency bérrier. -Fausse indication.	-Pas de combustion. - déclenchement de la machine.	-PDT 105 -ZAL 113	-Système de nettoyage automatique.	-Des visites périodiques pour vérifier l'état des filtres.
2	Moins de	Moins de débit d'air	-Saturation partielle au niveau des filtres. -Usures des aubes. -Colmatage des filtres. -Sous vitesse de compresseur axial. -Les IGV reste fermées.	-Mauvaise combustion. -Déclenchement de la machine. -Mauvaise refroidissement : *Des paliers. *Joint d'accouplement. *Plus compresseur.	-PDT 105 -ZAL 113 -PAL 118	- Système de nettoyage automatique.	- Des visites périodiques pour vérifier l'état des filtres.
3	Plus de	-Débit d'air excessif	-sur vitesse de la roue HP - les IGV coince ouvertes	-Mauvaise combustion. -Etouffement de la flamme. -Déclenchement de la machine.	-PDAH 119 -PDAHH 120 -PDT 105	-Néant	
4	En plus de	Contamination par des particules (impureté)	Augmentation de diamètre des trous des filtres. -Absence de nettoyage automatique des filtres.	-Erosion des ailettes du stator et rotor. -Perte de performance de compresseur axial. -Mauvaise étanchéité.	PDT D105 -ZAL 113 -PAL 118	Système de nettoyage automatique.	
		Contamination par les gaz	-Défaillance de détecteur de gaz. l'air instrument contaminé.	-l'explosion du système.	-CA 3 -CA 4	-Néant.	

<p>-La partie : Turbine à gaz MS 5002 C -Elément : Huile (huile de lubrification) -Comportement : compresseur axial</p>	<p>-Intention de conception -Entrée : l’huile dans le compresseur axial -Activité : compression</p>
--	--

1-Débit :

N	Mot clé	Déviaton	Causes possibles	Conséquences	Détection	Sécurité existante	Recommandation
1	Pas de	Pas de débit d’huile	<ul style="list-style-type: none"> -La caisse vide. -Détérioration de l’engrenage. d’accouplement. -Détourage de clapet (PSV). -Fausse indication. -Défaillance au niveau de la pompe principale. -Fissure au niveau des conduites d’huile. -Saturation des filtres. -Saturation des orifices : (FE). 	<ul style="list-style-type: none"> -Déclenchement de la machine. -L’élévation de la température peut entraîner un incendie. -SRV reste fermé. -Pas de fuel gaz. 	<ul style="list-style-type: none"> -Indicateur de niveau (LAL100). -PDAH 101 	<ul style="list-style-type: none"> -La pompe 88 QE Start. -PSV 100. -FL-2. -La vanne a membrane (PCV-100). 	<ul style="list-style-type: none"> -Vérification de l’état des manomètres. -Changement des filtres. -Mise en place d’autres orifices en parallèle avec (FE-105/FE-106)
2	Moins de	Moins de débit d’huile	<ul style="list-style-type: none"> -Le niveau d’huile dans l caisse est très bas. -Défaillance au niveau du clapet. -Fuite au niveau des conduites. -Saturation partielle des filtres. -Saturation partielle des orifices :(FE). 	<ul style="list-style-type: none"> -L’élévation de la température peut entraîner un incendie. - Déclenchement de la machine. -Mauvaise commande au niveau (GCV-SRV). -Vibration. 	<ul style="list-style-type: none"> -Indicateur de niveau (LAL100). -PDAH 101. 	<ul style="list-style-type: none"> -LA pompe 88 QE Start. - FL-2. - PSV 100. - La vanne a membrane (PCV-100). 	<ul style="list-style-type: none"> - Vérification de l’état des manomètres. - Mise en place d’autres orifices en parallèle avec (FE-105/FE-106) - Changement des filtres.

N	Mot clé	Déviaton	Causes possibles	Conséquences	Détection	Sécurité existante	Recommandation
3	Plus de	Débit excessif	-Augmentation de diamètre des orifices. -Mauvaise commande de la pompe.	-Pas des effets négatifs sur le système.	-PDSH 101	-PCV 100 -L'arrêt de pompe 88QA.	
4	En plus de	Contamination par des traces de gaz	Mauvaise séparation au niveau de réservoir de dégazage.	La possibilité d'un incendie - Mauvaise lubrification. -Surchauffement de la machine.	-TE 107 -TE 108	Le réservoir de dégazage.	-Mettre des analyses au niveau de la caisse.
		Contamination par les impuretés.	-Défaillances au niveau des filtres.	-Bouchage des filtres. -Chute de débit. -Mauvaise lubrification. -Surchauffement de la machine.	-PDSH 101 -TE 107 -TE 108	-PCV 100 -FL 2	Vérification des filtres.

2-La pression :

N	Mot clé	Déviaton	Causes possibles	Conséquences	Détection	Sécurité existante	Recommandation
1	Moins de	Pression faible	<ul style="list-style-type: none"> -Le niveau d'huile dans la caisse est très faible. -Défaillance au niveau de clapet (PSV 100). Fuite au niveau des conduites. -Saturation partielles des filtres. -Saturation partielle des orifices. 	<ul style="list-style-type: none"> -Mauvaise lubrification : <ul style="list-style-type: none"> *des paliers. *joint d'accouplement. *plus compresseur. -Surchauffement de la machine. -Vibration. -Déclenchement de la machine. 	<ul style="list-style-type: none"> -LAL 100 -PI 100 -PI 101 -PI 102 -PAL 100 -PDAH 101 -PSL 124 	<ul style="list-style-type: none"> PCV 100 -FL 2 -88QA -88QE 	
2	Plus de	Pression excessive	<ul style="list-style-type: none"> -Défaillance au niveau de clapet (PSV 100). -Augmentation de diamètre des orifices. -Déterrage de la membrane (PCV 100). 	<ul style="list-style-type: none"> -Vibration. 	<ul style="list-style-type: none"> -PI 100 -PI 101 -PI 102 - PDAH 101 - PDAH 102 	<ul style="list-style-type: none"> -PSV 100 -PCV 100 -L'arrêt de pompe 	

3-La température :

N	Mot clé	Déviaton	Causes possibles	Conséquences	Detection	Sécurité existante	Recommandation
1	Moins de	Basse température	-fausse indication des indicateurs de la température. -défaillance au niveau des résistances (23QT-1/23QT-2). -La pompe 88-QE ne fonctionne pas. -Défaillance de la vanne (VTR-1).	-Mauvaise lubrification : *des paliers. *joint d'accouplement. *plus compresseur -Surchauffement de la machine. Vibration. -Déclenchement de la machine.	-TI-100 -TAL-100 -TT-100 -TIC-101 -TI-101 -TE-107 -TE-108	-Trois résistances dans la caisse.	-Ajouter une autre résistance.
2	Plus	Haute température	-Fausse indication des indicateurs de la température. -Défaillance au niveau des résistances (23QT-1 /23QT-2). -La pompe 88QE ne fonctionne pas. -Défaillance au niveau des aéros. -Défaillance de la vanne (VTR-1)	-Chute de pression. -Mauvaise lubrification : *des paliers. *joint d'accouplement. *plus compresseur. -Déclenchement de la machine. -Vibration. -Surchauffement de la machine.	-TI-100 -TAH-100 -TSHH-186 - TSHH-187 - TSHH-188 -TIC-101 -TAH-102 -TAHH-103 -TE-107 -TE-108	-Trois aéros : * 2 fonctionne * 1 en attente	

<p>-La partie : Turbine à gaz MS 5002 C -Elément : fuel gaz -Composant : chambre de combustion</p>	<p>-Intention de conception Entrée : gaz d'alimentation. Activité : la combustion</p>
---	--

1-le débit :

N	Mot clé	Déviaton	Cause possible	Conséquence	Détection	Sécurité existante	Recommandation
1	Pas de	Débit de fuel gaz	-Pas de débit en amont. -Un défaut au niveau d'électrovanne qui commande à la vanne XV 923 (cette dernière reste fermée). -Défaillance au niveau de la vanne PV 923 (reste fermée). -Fausse indication de l'indicateur PIC 923	-Perte de flamme. -Déclenchement de la machine avec sous vitesse.	-FI 908 -FI 916 -LI 932	-Quatre détecteurs de flamme (128-FDX)	-Envisager une nouvelle vanne XV93B. -Mise en place d'un transmetteur en redondance.
2	Moins de	Bas débit de fuel gaz	-Fausse indication. -Fuites au niveau des conduites. -Un problème au niveau de la vanne GCV. -Saturation du filtre en amont de point de connexion de l'admission de combustible de la base de turbine.	-Mauvaise combustion. -Sous vitesse de la machine avec une probabilité de déclenchement.	-FI 908 -LT 932 -FI 916	-La vanne de débit GCV ouverte jusqu'à l'atteint de la valeur demandé. -Quatre détecteurs de flamme qui assure l'arrêt de la machine.	-un nouveau transmetteur de débit. -Une deuxième vanne en parallèle avec GCV.

N°	Mot clé	Déviaton	Cause possible	Conséquence	Détection	Sécurité existante	Recommandation
3	Plus de	Haute débit de fuel gaz	-Fausse indication -Un problème de réglage de débit résultant de la mauvaise commande au niveau de la vanne GCV.	-Survitesse de la machine. -Mauvaise combustion. -Vibration. -Déclenchement de la turbine.	-FI 908 -LT 932 -FI 916	-soupape de sécurité en extrême urgence.	-Mettre un py-pass avec une PVC (vanne de contrôle de pression). -Mettre un autre transmetteur PT entre SRV et GCV.
4	En plus de	Contamination par les gaz liquide (condensat).	-Mauvaise séparation au niveau du ballon de séparation D-912.	-Température énorme. -Détérioration des tubes a flamme avec une probabilité d'incendie et l'effondrement des structures.	-Néant.	-Le ballon D-912.	-Envisagement d'un nouveau ballon de séparation pour éviter la pénétration de condensat a l'intérieur des chambres de combustion. -Un analyseur de qualité de gaz de combustion.
5	Plus tôt	Arrivé de fuel gaz plus tôt	-Fausse indication -Une mauvaise commande au niveau des vannes (GCV/SRV).	-Détérioration de la chambre de combustion. - Explosion du gaz qui reste dans la chambre de combustion.	-quatre détecteurs de flamme (128FDX). -Détecteurs de gaz.	-Système anti incendie.	
6	Plus tard	Arrivé de fuel gaz plus tard	-fausse indication. -Problème au niveau d'huile de commande des vannes (GCV/SRV).	-combustion incomplète. -Déclenchement de la turbine.	-quatre détecteurs de flamme. -Détecteurs de gaz.	-Néant.	

2-La pression :

N°	Mot clé	Déviatiion	Cause possible	Conséquence	Détection	Sécurité existante	Recommandation
1	Moins de	Basse pression de fuel gaz	<ul style="list-style-type: none"> -Fausse indication. -Fuite au niveau des conduites. -chute de pression en amont. -Défaillance au niveau de la vanne PV 923A et PV 923 B. -Saturation du filtre en amont de point de connexion de l'admission de combustible de la base de turbine. -Perte de pression de l'huile de commande de la vanne SRV. 	<ul style="list-style-type: none"> -Combustion incomplète (perte la combustion). -Sous vitesse de la machine avec une probabilité de déclenchement. 	<ul style="list-style-type: none"> -Transmetteur de pression PT923 -PIC923 -PCV907A -PCV907B -PT111 -PI112 -PAL113 -PI 114 	<ul style="list-style-type: none"> -La vanne de pression SRV reste ouverte jusqu'à l'atteint à la valeur demandée. -les soupapes de sécurité. 	<ul style="list-style-type: none"> -Transmetteur de pression. -Deuxième vanne en parallèle avec la SRV.
2	Plus de	Haute de pression fuel gaz	<ul style="list-style-type: none"> -Fausse indication. -Un problème de réglage de pression résultant de la mauvaise commande au niveau de la vanne SRV. 	<ul style="list-style-type: none"> -Survitesse de la machine. -mauvaise combustion. -Fusion de tube du flamme dont crée un endommagement mécanique ; -vibration. -déclenchement de la machine. 	<ul style="list-style-type: none"> -PT923 -PIC923 -PCV907A - PCV907B -PT111 -PI112 -PI114 	<ul style="list-style-type: none"> Soupapes de sécurité en urgence. -Les torches. 	<ul style="list-style-type: none"> -Mettre un py-pass avec une PCV (Vanne de contrôle de pression. -Mettre un autre transmetteur PT entre SRV et GCV.

3-La température :

N°	Mot clé	Déviaton	Cause possible	Conséquence	Détection	Sécurité existante	Recommandation
1	Moins de	Basse température	-Fausse indication des indicateurs de température.	-chute de pression.	-TI906	-Néant	
2	Plus de	Haute température	-fausse indication des indicateurs de température.	-Effet indésirable.	-TI906	-Néant	

<p>-La partie : Turbine à gaz MS 5002 C</p> <p>-Elément : Gaz de compression</p> <p>-Composant : Compresseur centrifuge</p>	<p>-Intention de conception</p> <p>-Entrée : Le gaz dans le compresseur centrifuge</p> <p>-Activité : Compression</p>
--	--

1- Le débit :

N	Mot clé	Déviaton	Causes possibles	Conséquences	Détection	Sécurité existante	Recommandation
1	Pas de	Pas de débit d'air	-XV901 reste fermé. -Défaillance au niveau des vannes XV911 et XV912 (vanne de réglage).	-Décélération de la machine jusqu'à le déclenchement.	-FI 909 -FIC 907 -FI 907	-L'ouverture de la vanne HV 902. -La fermeture des vannes XV920, XV 921, XV922.	
2	Moins de	Moins de débit du gaz	-Diminution de débit au niveau des puits. -Les vannes XV901 et 911 coincent semi fermé. -Fuite de gaz au niveau des conduites.	- Décélération de la machine jusqu'à le déclenchement.	- FI 909 - FIC 907 - FI 907	- L'ouverture de la vanne HV 902. - La fermeture des vannes XV920, XV 921, XV922	
3	Plus de	-Plus de débit de gaz	-Un défaut au niveau de la vanne XV917. -L'arrêt soudain de certain module.	- Décélération de la machine jusqu'à le déclenchement	- FI 909 - FIC 907 - FI 907	-L'ouverture de la vanne XV916 dans le cas de déclenchement de la turbine.	
4	En plus de	Gaz avec des traces d'eau	-Mauvaise séparation au niveau des ballons D-901 et D-902.	-Détérioration des ailettes de compresseur centrifuge.	-Néant	-Néant	-Analyse de gaz. -Un autre ballon de séparation.

2-La pression :

N	Mot clé	Déviaton	Causes possibles	Conséquences	Détection	Sécurité existante	Recommandation
1	Moins de	Pression faible	-Chute de pression au niveau des puits. -Les vannes XV901 et 911 coincent semi fermé. Fuite de gaz au niveau des conduites.	-Décélération de la turbine jusqu'à le déclenchement.	-PI901 -PI904 -PDI911 -PI906/ 907 -HIC902 -PIC910 -PIC905 -PDI911 -PDI918	-La fermeture de la vanne XV917. -des vannes XV920 XV921, XV922.	
2	Plus de	Pression excessive	-Un défaut au niveau de la vanne XV917. L'arrêt soudain de certain module.	- Décélération de la turbine jusqu'à le déclenchement	-PI901/904 -PDI911 -PI906 -PI907 -HIC902 -PIC910 -PIC905 -PDI918	-Néant.	

3-La température :

1	Moins de	Basse température	-Fausse indication des indicateurs de température.	Chute de pression.	-TI901 -TI902 -TIC904	-Diminuer le nombre des aéros qui fonctionnent pour l'obtention de la température demandé.	
2	Plus de	Haute température	- Un défaillance au niveau des aéros ou bien le rendement insuffisant.	-Effet indésirable.	-TI901 -TI902 -TIC904	-Le fonctionnement de tous les aéros.	

<p>-La partie : Turbine à gaz MS 5002 C</p> <p>-Element : Huile (huile de lubrification)</p> <p>-Composant : Compresseur centrifuge.</p>	<p>-Intention de conception</p> <p>-Entrée : L'huile dans le compresseur centrifuge</p> <p>-Activité : Compression</p>
---	---

1-Le débit :

N	Mot clé	Déviaton	Causes possibles	Conséquences	Détection	Sécurité existante	Recommandation
1	Pas de	Pas de débit d'huile	<ul style="list-style-type: none"> -La caisse vide. -L'endommagement de l'engrenage d'accouplement. -Détourage de clapet (PSV). -Fausse indication. -Défaillance au niveau da la pompe principale. -Fissure au niveau des conduites d'huile. -Saturation des filtres. -Saturation des oriffices. -Problème au niveau da la pompe (88SP-1/88SP-2). -Détourage des soupapes (PSV-108/PSV-109). -Problème au niveau da la vanne à membrane (PDCV-100). -Saturation complète des filtres. 	-Déclenchement de la machine.	<ul style="list-style-type: none"> -Indicateur de niveau (LAL100) -PDAH101 -Transmetteur de niveau (LT103). -LIC103. 	<ul style="list-style-type: none"> -La pompe 88QE Start. -PSV100. -FL2. -La vanne à membrane (PCV100). -la pompe (88SP-2) -Le filtre (FS-2). 	<ul style="list-style-type: none"> -Vérification de l'état des manomètres. -Changement des filtres. -Mettre en parallèle d'autre oriffices avec (FE-105/FE-106)

N	Mot clé	Déviaton	Causes possibles	Conséquences	Détection	Sécurité existante	Recommandation
2	Moins de	Moins de débit d'huile	<ul style="list-style-type: none"> -Un niveau très bas d'huile dans la caisse. -Défaillance au niveau clapet (PDV-100). -Fuite au niveau des conduites. -saturation partielle des filtres. -Saturation partielle des orifices. Défaillance au niveau da la vanne (PSV-109). -fausse mesure de la vanne régulatrice (PDCV-100). -Saturation partielle de filtre (FS-2). -Défaillance d la vanne (LV-103). 	<ul style="list-style-type: none"> -La perte de fonctionnement du compresseur centrifuge. -Déclenchement de la machine. -le mélange du gaz avec l'huile peut être provoquer un incendie au niveau du compresseur centrifuge. 	<ul style="list-style-type: none"> -Indicateur de niveau (LAL100) -PDAH101. -PDAH 131 -LT 103 -LIC 103 -LAL 103 -LALL 102 	<ul style="list-style-type: none"> -La pompe 88QE Start. -PSV 100. -FL 2. -La vanne à membrane (PCV-100). -La pompe (88SP-2). -Le filtre (FS-2). 	<ul style="list-style-type: none"> -Vérification de l'état des manomètres. -Changement des filtres. -Mettre en parallèle d'autre orifices avec (FE-105/FE-106)
3	Plus de	Débit excessif	<ul style="list-style-type: none"> -Augmentation de diamètre des orifices. -Mauvaise commande des pompes. -Défaillance de la vanne (PSV-108/PSV-109). -Problème de réglage (LV-103). 		<ul style="list-style-type: none"> -PDSH-101.. -PDAH-131 -LAH-103. -LIC-103. -LT-103. 	<ul style="list-style-type: none"> -PCV-100. -L'arrêt de la pompe 88QA. -LV-103. 	
4	En plus de	Contamination par des traces de gaz	Mauvaise séparation au niveau du réservoir de dégazage.	<ul style="list-style-type: none"> -La possibilité d'un incendie. -Mauvaise étanchéité 	<ul style="list-style-type: none"> -TE-107. -TE-108. -LAL-104. 	Le réservoir de dégazage.	Mettre des analyses sur la caisse.

				-surchauffement de la machine.			
		Contamination par les impurités	--Défaillance sur les filtres.	-Bouchage des filtres. -chute de débit. -surchauffement de la machine.	-PDSH-101. -TE-107. -TE-108.	- PCV6100. -FL-2. -FS-2.	

2-La pression :

1	Moins de	Pression faible	-l'huile dans la caisse atteint un niveau bas. -Défaillance au niveau de clapet (PSV-100). -fuites au niveau des conduites. -Saturation partielle des filtres ; -Saturation partielle des orifices. -Problèmes des soupapes. -Problème sur la vanne (PDCV-100).	-Pas d'étanchéité. -Déclenchement de la machine.	-LAL-100 -PI-100 -PI-101 -PI-102 -PAL-100 -PDAH-101 -PAL-103(QE) -PSL-124 -PSLL-125(A,B) -PI-123 -PAL-127 -PI-130 -PDAH-131 -PI-124 -PDI-106	-PCV-100 -FL-2 -88-QA -88-QE -La pompe (88SP-2) -PDCV-100 -FS-2	
2	Plus de	Pression excessive	-défaillance du clapet (PSV-100). -L'augmentation des diamètres des orifices. -Déterrage de la membrane (PCV-100).	-Mauvaise étanchéité	-PI-100 -PI-101 -PI-102 -PDAH6101 -PAH-102 -PI-123 -PAH-128/129	-PSV-100 -PCV-100 -L'arrêt de la pompe. -PDCV-100	

			-Détourage des soupapes (PSV-108/PSV-109). Problème au niveau da la vanne (PDCV-100).		-PDAH-131 -PI-124 -PDI-106		
--	--	--	--	--	----------------------------------	--	--

3-La température :

N	Mot clé	Déviaton	Causes possibles	Conséquences	Détection	Sécurité existante	Recommandation
1	Moins de	Basse température	-Les indicateurs de température donnent des indications fausses. -Un défaut sur les résistances (23QT-1/23QT-2). -La pompe 88-QE est défailante. -Défaillance de la vanne (VTR-1).	-Mauvaise étanchéité -Surchauffement de la machine. -vibration. -Déclenchement de la machine.	-TI-100 -TAL-100 -TT-100 -TIC-101 -TI-101 -TE-107 -TE-108	-Trois résistances dans la caisse.	
2	Plus de	Haute température	-Les indicateurs de température donnent des indications fausses. -Un défaut sur les résistances (23QT-1/23QT-2). -La pompe 88-QE est défailante. -Défaillance de la vanne (VTR-1). -défaillance des aéros. -Vibration au niveau des pompes.	-Chute de pression. -Mauvaise étanchéité -Surchauffement de la machine. -vibration. -Déclenchement de la machine.	-TI-100 -TAH-100 -TT-100 -TSHH-186 -TSHH-187 -TSHH-188 -TIC-101 -TAH-102 -TAHH-103 -TE-107/108	-Trois aéros (deux fonctionne et un en attente.	

IV) La méthode Arbre des évènements AdE

L'arbre des événements de la figure ci-dessous donne les fréquences d'occurrence de chaque conséquence liée à l'événement. Ces probabilités d'ignition et d'explosion dépendent de la nature du produit libéré et de l'ampleur de la perte de confinement.

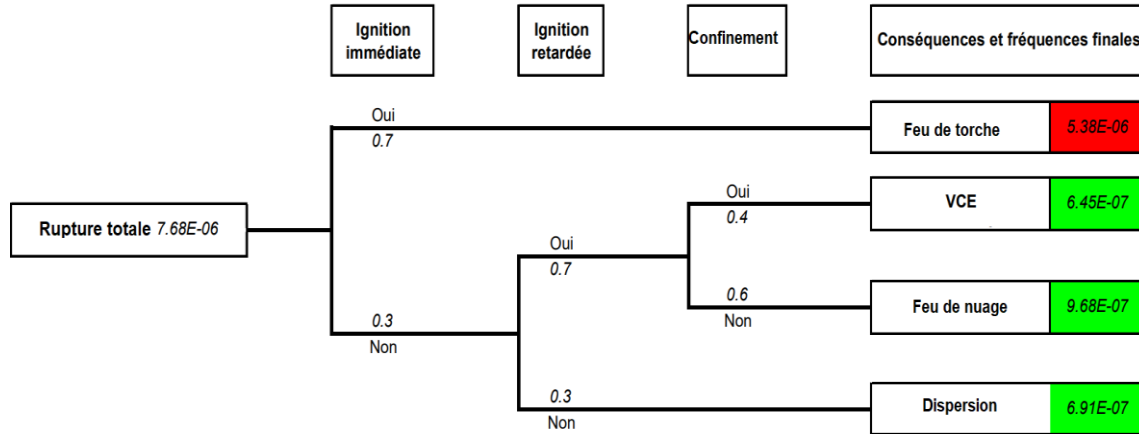


Figure 19. AdE de la rupture de compresseur.

La matrice de risque utilisée pour la cotation est la matrice définie par SONATRACH. Les classes de gravité et de probabilité sont décrites en détails ci-après.

Gravité	1				
	2				
	3				
	4				
		1	2	3	4
	Probabilité				

Figure 20. Matrice de risqué de Sonatrach DP.

Tableau 6. Echelle des gravités.

Gravité	Personnel	Environnement	Public	Production/biens
G1	Plusieurs	Pollution hors limites de longue durée	Décès	Décès Dommage important et arrêt

				total de la production
G2	Incapacité permanente ou 1 décès	Pollution interne non maîtrisée ou pollution hors limite maîtrisée	Blessures significatives	Domage localisé et arrêt partiel d'unité
G3	Blessures significatives	Pollution interne maîtrisée	Blessures mineures	Domages mineurs et arrêt bref de la production
G4	Blessures mineures	Mineure	Pas d'incidence	Pas de dommage, pas d'arrêt de production

Tableau 7. Echelle des occurrences.

Probabilité	Description	Fréquence
P1	Très probable S'est produit fréquemment au sein de Sonatrach.	1/ an
P3	Probable S'est produit (ou pourrait se produire) au sein de Sonatrach, pourrait se produire pendant la durée de vie de l'installation	10-2 à 10-1/an
P2	Peu probable Déjà (ou pourrait se) rencontré dans une organisation similaire à Sonatrach	10-4 à 10-2/an
P1	Improbable Jamais rencontré ou entendu parler mais physiquement possible (ou rarissime)	<10-4/an

V) Analyse de conséquences

Logiciel PHAST a été utilisé pour l'analyse des conséquences, y compris les calculs de débit et de dispersion. Il utilise le modèle de dispersion unifié (UDM) capable de décrire un large éventail de types de rejets accidentels. Le modèle utilise une forme particulièrement souple, permettant des profils aux arêtes vives, qui deviennent plus diffus sous le vent. Il contient des données pour de nombreux produits chimiques et permet de définir des mélanges de n'importe lequel de ces produits chimiques dans la proportion requise [18]. La modélisation à l'aide du logiciel PHAST génère trois zones d'explosion qui sont résumées dans la figure 21, SELS, SEL et SEI. Ces zones montrent les différentes zones de létalité et de dommages matériels sous l'effet de la surpression par la méthode TNO Multi-Énergie [19].



Figure 21. Zones de létalité et de dommages matériels sous l'effet de la surpression VCE.

La figure 22 représente l'onde de surpression en fonction de la distance et montre que la surpression d'explosion atteint la valeur de 0.3 bar, cette valeur diminue rapidement entre des distances de 1000 m à 2000 m lorsqu'on atteint une pression de 0.03 bar, à partir de cette valeur, la chute de surpression devient relativement faible et tend vers 0.

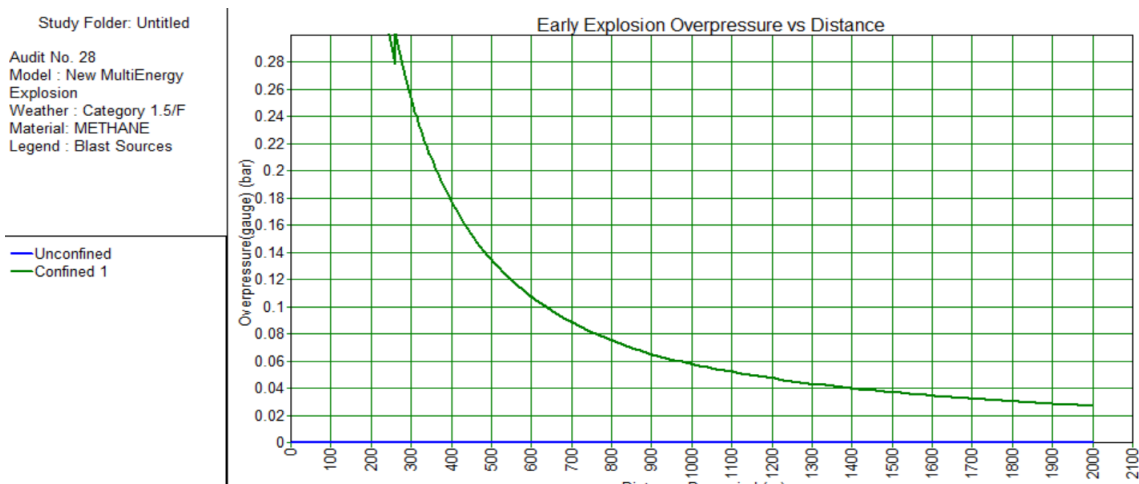


Figure 22. Surpression d'explosion précoce en fonction de la distance VCE.

VI) Interprétations et recommandations

L'application de la méthode HAZOP et AdE a montré que le système turbocompresseur est composé à un risque important d'explosion et d'incendie.

On remarque que la plupart des déviations des paramètres situe dans le compartiment auxiliaire, turbine et compresseur.

Nous proposons des solutions et des actions d'amélioration pour juger utile d'établir et recenser des consignes générales à future situation après l'analyse de la situation actuelle.

Parmi ces consignes on note :

- La prévention des défaillances humaines (manipulation et négligence) passe d'abord par la compétence ; il faut former correctement les opérateurs (exploitation, maintenance et sécurité) et améliorer leurs connaissances en matière d'HSE par la sensibilisation des opérateurs sur le risque existant au niveau du turbocompresseur (la culture personnelle) surtout les nouveaux recrétés.
- On a vu que les erreurs humaines liées à l'opération d'entretien (graissage, serrage des boulons, soudure, ...) entraînent des risques de dégradation rapide des équipements, et parfois engendrent des dégâts catastrophiques ; alors il faut respecter les conditions de base qui répond aux préconisations des constructeurs, c'est-à-dire de maintenir l'équipement dans un état opérationnel.
- L'utilisation des check listes pendant la vérification périodique des auxiliaires ;
- Le temps nécessaire à l'inspection qui est planifié et intégré ne peut dans n'importe quel cas être négligé, car il permet la détection précoce des signes avant le dysfonctionnement et la remédie avant la panne.
- Remplacer les détecteurs de fumée, de flamme et de gaz défectueux du bâtiment du turbocompresseur ;
- Veuillez au bon fonctionnement du système de ventilation du bâtiment du turbocompresseur, pour meilleur aération qui peut diminuer la dégradation des détecteurs de fumée et flamme due à la température élevée et augmenté ces durée de vie ;
- Pour le système d'alimentation (Fuel gaz), on propose un deuxième ballon de séparation pour éliminer définitivement les traces des liquides au but de protéger les installations (turbine et compresseur) contre leurs endommagements.
- Pour l'entretien IM (inspection majeur), il ne sera pas fait seulement par nombre des heures de travail, mais il doit prendre en considération le nombre de démarrages puisque le passage de la machine d'un régime à un autre provoque une dégradation rapide du matériel à cause de l'écart de température est très grand dans une durée courte.
- Pour la révision, il faut que cette dernière soit avec une grande précision, en insistant sur les pompes d'huile, les paliers les détecteurs notamment celle de température. Aussi n'oublier pas les matériels de lutte contre l'incendie :
 - ❖ Les installations d'extinction automatiques (co2 et poudre).
 - ❖ Les extincteurs mobiles.
 - ❖ Les robinets d'incendie armés (RIA).

VII) Conclusion

Notre étude dans ce chapitre qui nous l'avons effectuée au niveau de la station de compression de Hassi R'mel était très bénéfique car elle nous a permis de nous interroger sur la sécurité du turbocompresseur. L'objectif essentiel de notre travail ici c'est l'analyse des risques liée au fonctionnement du système de production (COMPRESSEUR). Les étapes qui nous avons suivies sont les suivantes :

- Une analyse fonctionnelle de système compresseur par SADT ;
- Nous avons utilisé la méthode HAZOP, qui nous semble très efficace est applicable aux différents types d'installations industriels, surtout dans le domaine pétrolier ;
- Cette méthode est trop compliquée lorsque le système devient plus complexe ce qui nécessite l'effort d'un groupe d'analyse pluridisciplinaire, cohérent et compréhensible pour ne pas perdre assez de temps ;
- Une analyse de conséquence est effectuée par la méthode AdE et logiciel PHAST.

Le but de notre étude est d'investiguer et d'améliorer la sécurité du compresseur existant dans la station GR5 à Hassi R'mel en utilisant différentes méthodes d'analyse et d'évaluation des risques. Tous d'abord, nous nous sommes proposés d'appliquer la méthode HAZOP en identifiant tous les risques possibles, leurs causes et conséquences des événements. Ces événements sont associés à des déviations des paramètres de fonctionnement, notamment de température, de pression et de débit.

Les recommandations montrent que de nombreuses mesures de sécurité doivent être prises pour éviter tout scénario dangereux qui conduira à des explosions, qui affecteront différentes unités si cela se produit. C'est ce que nous avons prouvé en utilisant la méthode AdE et la modélisation par le logiciel PHAST.

L'étude HAZOP est un outil particulièrement efficace pour l'analyse des systèmes thermo hydrauliques, considère les dérives de paramètres de fonctionnement du système. Ces déviations pourront être considérées comme des événements initiateurs d'un arbre d'événement (AdE) suivi d'une évaluation permettant de classer les risques identifiés.

Enfin, on a remarqué que la formation et la motivation des opérateurs travaillant sur le système permettent d'augmenter d'une manière appréciable le niveau de sécurité du système.

Références

- [1] Direction HRM, “Description de la station SC GR5,” 2015.
- [2] Direction HRM, “Document concernant la salle de contrôle GR5,” 2015.
- [3] Direction HRM, “Turbine à Gaz modèle PGT25 DIAGRAMME SCHEMATIQUE DES TUYAUTERIES,” 2015.
- [4] Direction HRM, “Manuel opératoire, Nouvo Pignone for training center of Hassi R'Mel,” 2015.
- [5] C. National and D. Gaz, “Présentation De La Direction Régionale HRM : Installations de la Direction Régionale HRM : Centre National de Dispatching Gaz CNDG ’ (Gestion du Flux) : Principales Missions de la Direction Régionale HRM ;,” 2016.
- [6] M. Rausand, *Risk Assessment: Theory, Methods, and Applications*. John Wiley & Sons, 2011.
- [7] “ISO/IEC Guide 73 :Management du risque,” 2002.
- [8] “Analyse des risques, ministère fédéral de l’emploi et du travail Belgique,” 2020. www.meta.fgov.be (accessed Jun. 06, 2023).
- [9] “Quelques transparents de cours sur la méthode SADT,” 1995.
- [10] A. Brima, “application de HAZOP et AdD sur le système turbocompresseur,” Batna, 2008.
- [11] IEC 61882, “Hazard and operability studies (HAZOP studies)-application guide. [IEC 61882],” *Int Electrotech Comm*, 2001.
- [12] “Information en prévention des risques et gestion des situations d’urgence,” 2012. www.previnform.net (accessed Jun. 06, 2023).
- [13] M. C. Théberge, “Analyse de risques d’accidents technologiques majeurs. Direction des évaluations environnementales,” Québec, 2002.
- [14] M. S. Hellas, R. Chaib, and I. Verzea, “Abacus to determine the probability of death or glass breakage to the overpressure effect by two methods: Tnt and tno multi-energy,” *UPB Sci Bull Ser D Mech Eng*, vol. 82, no. 1, pp. 239–254, 2020.
- [15] M. S. Hellas and R. Chaib, “C,” *Alger J Signals Syst*, vol. 5, no. 1, pp. 10–17, 2020, doi: 10.51485/ajss.v5i1.90.
- [16] H. M. S. & Chaib R, “Poser un abaque pour déterminer la dispersion d’un nuage inflammable suffisamment volatil,” [Online]. Available: <http://conferences.univskikda.dz/isieam2018/>.
- [17] D. P. et S. François, “Mise en œuvre de la méthode multi-énergie dans le cadre opérationnel,” France, 2011.
- [18] R. Bendib, Y. Zennir, E. A. Mechhoud, and S. Bouziane, “Risk assessment for a steam generator (1050 G1) Skikda refinery Algeria, using HAZOP and RQA methods,” *Proc Int Conf Adv Syst Emergent Technol IC_ASET 2019*, pp. 262–267, 2019, doi: 10.1109/ASET.2019.8871025.
- [19] M. S. Hellas, R. Chaib, and I. Verzea, “Quantitative Risk Analysis Detailed Study of Thermal and Overpressure Risks Case Study,” *Recent - Rezult Cercet Noastre Teh*, vol. 19, no. 3, pp. 128–136, 2018, doi: 10.31926/recent.2018.56.128.

ملخص

يعد نشاط خطوط الأنابيب للنقل رابطاً مهماً في سلسلة نقل المحروقات، من وجهة نظر تاريخية واستراتيجية وتشغيلية. يمثل الضاغط التوربيني أهم عملية تركيب في محطات الضواغط والتي سنركز عليها في دراستنا.

في هذه الأطروحة، سوف نطبق نهج تحليل المخاطر العام لنظام الشاحن التوربيني. تتضمن منهجية عملنا استخدام العديد من طرق التحليل، من التحليل الوظيفي إلى SADT، والتي تتيح لنا معرفة ما يحتاجه النظام للعمل. بعد ذلك، سيتم تطبيق دراسة HAZOP من أجل تحديد الأسباب والعواقب الأكثر خطورة وتقييمها بواسطة AdE و PHAST. سنختتم بقائمة من التوصيات لتحسين النظام المدروس.

Résumé

L'Activité Transport par Canalisations est un maillon important de la chaîne des hydrocarbures et ce, d'un point de vue historique, stratégique et opérationnel. Le turbo-compresseur représente l'installation la plus importante dans les stations de compression, dont sur lesquels nous nous concentrerons dans notre étude.

Dans ce mémoire, nous appliquerons une approche générale d'analyse des risques pour le système turbocompresseur. Notre méthodologie de travail inclut l'utilisation de nombreuses méthodes d'analyse, à partir de l'analyse fonctionnel par l'SADT, ce qui nous permet de savoir de quoi le système a besoin pour fonctionner. Après, une étude HAZOP sera appliquée afin d'identifier les causes et conséquences les plus graves et d'évaluer ces derniers par l'AdE et PHAST. Nous allons conclure par une liste des recommandations pour améliorer le système étudié.

Abstract

The Pipeline Transport Activity is an important link in the hydrocarbons chain, from a historical, strategic and operational point of view. The turbo-compressor represents the most important installation in compressor stations, on which we will focus in our study.

in this thesis, we will apply a general risk analysis approach for the turbocharger system. Our work methodology includes the use of many analysis methods, from functional analysis to SADT, which allows us to know what the system needs to work. Afterwards, a HAZOP study will be applied in order to identify the most serious causes and consequences and to evaluate these by AdE and PHAST. We will conclude with a list of recommendations to improve the system studied.