

**UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES
FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR
DEPARTEMENT GENIE DES PROCEDES INDUSTRIELS**



Mémoire de fin d'étude

***OPTION
HYGIENE ET SECURITE INDUSTRIELLE***

***THEME
Analyse des risques liés à la fabrication de protoxyde d'azote par la
méthode HAZOP
LINDE GAS REGHAIA ALGERIE***



Etudier et réaliser par :

**DROUAZI HANANE
CHAOUANE KHADIDJA**

Promoteur :

Mr. ZAOUANI ZOUBIR

Composition de jury	Nom et prénom	Grade professionnel	signature
Président			
Examineur 1			
Examineur 2			

Remerciement

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.

Ce mémoire n'aurait pas été possible sans l'intervention, consciente, d'un grand nombre de personnes. Nous souhaitons ici les en remercier. Nous tenons d'abord à remercier très chaleureusement **Mr. ZAOUANI.Zoubir** qui nous a permis de bénéficier de son encadrement. Les conseils qu'il nous a prodigué, la patience, la confiance qu'il nous a témoignés ont été déterminants dans la réalisation de notre travail de recherche.

Nos remerciements s'étendent également à Mr. **KHELLAF Farid** et à **Mr. ZOUAOUI Samir** HSE chez LINDE GAS ALGERIE « unité de reghaia » pour leurs bonnes explications qui nous ont éclairé le chemin de la recherche.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous les professeurs qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences nous ont soutenu dans la poursuite de nos études.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail Et de l'enrichir par leurs propositions.

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

La lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; maman que j'adore

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, Qui été toujours dans mon esprit et dans mon cœur, je tu dédie aujourd'hui ma réussite. Que Dieu, le miséricordieux, t'accueille dans son éternel paradis ; à toi mon père

Mon soutien moral et ma source de joie et de bonheur, celui qui sacrifie pour me voir réussir, que dieu te garde ; à toi cher frère **Ferhat**

À celui que j'aime beaucoup et qui m'a soutenue tout au long de ce projet ; mon mari
Ayoub

Et bien sûr A mes chères sœurs, mes nièces, mes neveux, je dédie ce travail dont le grand plaisir leur revient en premier lieu pour leur conseils, aides, et encouragement.

A toute ma famille et mes amis, et **MHSI 16** sans exception

Et bien sûr à **Mr. ZAOUANI ZOUBIR**, je vous dédie ce modeste travail.

DROUAZI HANANE

DEDICACES

*A mon cher Père qui m'a soutenu tout long de mes études, qui a été
toujours là pour moi, et qui n'a jamais cessé de croire en moi*

A ma mère qui ne cesse de prier pour moi pour son affection et son amour.

Pour leur sacrifices, je dédie ce travail.

*A mes chers frères MOHAMED, SAMIR, ABED ELHAK, KHALED ET AZIZ
et mes sœurs FATIMA, MERIEM, AMINA, AMIRA, BOUCHRA ET
SOUMIA.*

Je tiens également à dédier ce travail à toute personne proche à mon cours ;

DEMIDEN SOUMIA, AICHA et FATIHA.

*En fin, mes dédicaces sont chaleureusement attribuées à tous ceux qui
m'aiment.*

CHAOUANE KHADIDJA

Liste des figures :

Figure	Titre	Page
Figure 01	Organigramme des différents locaux de l'entreprise	16
Figure 02	Présentation de l'atelier de protoxyde d'azote	20
Figure 03	Bassin de fusion	21
Figure 04	Réacteur	22
Figure 05	Condenseur	22
Figure 06	Les tours de lavage	23
Figure07	Gazomètre	23
Figure 08	Compresseur	24
Figure 09	Groupe de séchage	24
Figure 10	Liquéfacteur	25
Figure 11	Réservoir de stockage de haut pression	25
Figure 12	modèle de tableau de HAZOP	30

Liste des tableaux :

Tableaux	Titre	Page
Tableau01	Représentation HAZOP sous-système 01	33
Tableau02	Représentation HAZOP sous-système 02	34
Tableau03	Représentation HAZOP sous-système 03	35
Tableau04	Représentation HAZOP sous-système 04	36
Tableau05	Représentation HAZOP sous-système 05	37
Tableau06	Représentation HAZOP sous-système 06	38
Tableau07	Représentation HAZOP sous-système 07	39
Tableau08	Représentation HAZOP sous-système 08	40
Tableau 09	Tableau synoptique des déviations des sous-système dans l'unité de production de protoxyde d'azote	41

Les acronymes :

HAZOP : Hazard and Operability Studies

EPI : équipements de protection individuelle

HSE : service hygiène, sécurité et environnement

HSI : service hygiène et sécurité industriel

FDS : fiche de données de sécurité

SDF : sureté de fonctionnement

ICI : imperial chemical industry

PII : plan d'intervention interne

Glossaire :

Danger : c'est la propriété ou capacité intrinsèque d'un équipement, d'une substance, d'une méthode de travail, de causer un dommage pour la santé des travailleurs. Le danger correspond à une situation, il se constate.

Décret : ordonnance définitive qui émane d'un pouvoir exécutif.

Diagnostic : évaluation d'une situation et jugement porté sur celle-ci.

Dommage : c'est une lésion physique et/ou une atteinte à la santé pouvant intervenir dans une situation dangereuse.

Exposition au risque : indicateur résultant du produit de la probabilité d'apparition du risque par les coûts associés.

Explosion : réaction de combustion non maîtrisée dans le temps ou l'espace.

Entreprise : est une combinaison dynamique de ressources matérielles, financières et humaines concourant, par le biais de son organisation, à la réalisation de ses objectifs fondamentaux.

Incendie : combustion qui se développe sans contrôle dans le temps et dans l'espace.

Installation : une unité technique à l'intérieur d'un établissement ou des substances dangereuses sont des produits utilisés, manipulés ou stockés, elle comprend tous les équipements, structures, canalisation, machines, outils jetés, dépôts ou structures analogues, flottantes ou non, nécessaire pour le fonctionnement de l'installation.

Loi : règle édictée par une autorité que toute personne ne doit suivre.

Lieu de travail : lieu physique où les travailleurs doivent se rendre en raison de leur travail, qui est sous le contrôle d'un employeur.

Maitrise : c'est prendre toutes les mesures nécessaires pour garantir et maintenir la conformité aux critères définis directement ou indirectement, des blessures ou maladies, des dommages à la propriété, à l'environnement de lieu de travail, ou une combinaison de ses éléments.

Organisme : compagnie, corporation, firme, entreprise, institution ou association, ou partie de celle-ci, qu'elle soit à responsabilité limitée ou pas, de droit privé ou public, et qui a sa propre structure fonctionnelle et administrative.

Produits dangereux : désignant des produits qui du fait de leurs propriétés chimiques, physiques, ou toxicologiques, constituent un risque

Prévention : ensemble des mesures visant à réduire la probabilité d'occurrence des événements redoutés

Protection : ensemble des mesures visant à réduire la gravité des conséquences d'un événement redouté

Risque : combinaison de probabilité de la manifestation d'un événement dangereux et de la gravité de la lésion ou de l'atteinte de la santé causée à des personnes par cet événement

Risque majeur : c'est un événement tel qu'une explosion, incendie ou émission d'importance majeure survenant à l'exploitation ou l'exploitation d'une installation (installation classée à risque)

Travailleurs : désigne toutes les personnes employées

Résumé

La production de gaz industriel est considérée comme dangereuse que ce soit dans son processus de fabrication, son stockage et transport, car elle peut engendrer des risques sur la santé humaine, des risques sur l'environnement et les installations vues qu'elles sont susceptible de provoquer des incendies et des explosions.

La présente étude effectuée au niveau de l'entreprise « LINDE GAS ALGERIE » (unité de reghaia), a comme objectif général de déterminer tous les risques liés à la production de gaz industriel, et spécialement la production de protoxyde d'azote ; au niveau de l'atelier

La méthode d'évaluation utilisé c'est la méthode HAZOP qui s'appuie sur le principe de déterminer les déviations potentielles de chaque sous-système.

ملخص

يعتبر إنتاج الغاز الصناعي خطيراً في عمليات التصنيع والتخزين والنقل ، حيث أنه قد يشكل مخاطر على صحة الإنسان والأخطار البيئية والمرافق المتصورة التي يحتمل أن تكون خطيرة. تسبب الحرائق والانفجارات.

إن الدراسة الحالية التي أجريت على مستوى شركة " LINDE GAS ALGERIE وحدة (reghaia)، لها هدف عام

لتحديد جميع المخاطر المتعلقة بإنتاج الغاز الصناعي ، وخاصة إنتاج أكسيد النيتروز ؛ على مستوى ورشة العمل

طريقة التقييم المستخدمة هي طريقة HAZOP التي تعتمد على مبدأ تحديد الانحرافات المحتملة لكل نظام فرعي.

Abstract

Industrial gas production is considered hazardous in its manufacturing, storage and transportation process, as it may pose risks to human health, environmental hazards and perceived facilities that are likely to be hazardous. cause fires and explosions.

The present study carried out at the level of the company "LINDE GAS ALGERIE" (reghaia unit), has as general objective to determine all the risks related to the production of industrial gas, and especially the production of nitrous oxide; at the workshop level

The evaluation method used is the HAZOP method which relies on the principle of determining the potential deviations of each subsystem.

SOMMAIRE

Introduction :	1
Argumentation du sujet :	2
1. Présentation de l'entreprise :	4
1.1. Linde Gas Algérie :	4
1.2. Unité de production de Reghaia :	5
2 Présentation de l'atelier des protoxyde d'azote N₂O :	8
2.1 Protoxyde d'azote :	8
2.1 Présentation de l'atelier de protoxyde d'azote	11
2.2 Atelier de production de protoxyde d'azote :	12
Chapitre 02 : la prévention des risques industriels	17
I. La prévention des risques industriels :	18
1. Les 5 étapes de la démarche de prévention	18
2. Les principes généraux de prévention :	19
3. Le rôle de chaque entreprise dans la démarche de prévention :	19
II. La méthode HAZOP :	20
1. Présentation de la méthode HAZOP	20
1.1. Généralités	20
1.2. Le déroulement de la méthode HAZOP	20
III. Application de la méthode HAZOP	23
Tableau 09 : Tableau synoptique des déviations des sous-système dans l'unité de production de protoxyde d'azote :	32
Recommandation général :	34
Conclusion	35
Bibliographie :	36

Introduction :

Avec l'avènement technologique dans le milieu industriel et les nouveaux moyens mis en place pour la réalisation des différentes tâches de l'entreprise, les activités humaines sont passées à un stade plus complexe de travail, et la non maîtrise est devenue beaucoup plus courante, les constats ont montré que les impacts négatifs portaient avoir des conséquences sur les travailleurs, la population, les installations et l'environnement.

Néanmoins, dans le domaine de la santé/ sécurité des efforts importants ont été employés pour mettre en place des méthodes d'évaluation des risques majeurs.

Parmi ces méthodes, la méthode HAZOP, qui a été initialement développée par la société (ICI) en 1974 à destination essentielle de l'industrie chimique.

Il s'agit d'une méthodologie de recherche et maîtrise des risques, connue sous le nom HAZOP, Hazard and Operability studies

Dans cette étude, les risques industriels liés à la production de gaz industriel au sein de l'entreprise « LINDE GAS ALGERIE » (unité de reghaia) ont été pris en charge pour identifier les déviations existantes au niveau d'atelier de production de protoxyde d'azote.

Argumentation du sujet :

Les catastrophes enregistrées récemment dans le monde (SEVESO, BOPHAL, TCHERNOBYL, GNL Skikda...) ont mené les pouvoirs publics et algériens, à l'instar de nombreux pays, à aller au-devant du danger et adapter la législation nationale en matière de lutte et de prévention contre les risques majeurs ; « **décret 08-335 du 20/10/2009** relatif au plan d'intervention interne PII. »

Le rôle assigné aux chefs d'entreprise dans la définition, promotion et la mise en œuvre de la politique de prévention et de sécurité doit nécessairement prendre en charge les axes suivants :

- Protection des travailleurs
- Sécurité des installations
- Protection de l'environnement
- Amélioration des conditions de travail

Chapitre 01

Chapitre 01 : présentation de l'entreprise

1. Présentation de l'entreprise
2. Présentation de l'atelier de protoxyde d'azote

1. Présentation de l'entreprise :

1.1. Linde Gas Algérie :

Linde Gas Algérie a pour mission essentielle de satisfaire aux impératifs économiques du pays en assurant la prise en charge des besoins générés par la multiplicité de l'hétérogénéité des applications des gaz industriels dans les différents secteurs de l'économie.

Sa mission essentielle est la production, la distribution et la commercialisation des gaz industriels et médicaux.

La distribution de ces gaz à l'état liquide est assurée par une flotte de citerne cryogénique, cette distribution se fait par transvasement sur tank clientèle, alors que les produits gazeux nécessitent un processus supplémentaire de conditionnement qui fait appel à des bouteilles.

Linde Gas Algérie est présente sur l'ensemble du territoire national par un réseau comprenant

- Neuf (09) sites de production : Reghaia, Annaba, Constantine, Ouargla, Oran, Bouira, S.B. Abbès, Arzew, Skikda. Répartis en trois régions : centre/sud, Ouest, Est

Avec ses neuf (09) sites de production, Linde Gas Algérie assure la production des différents gaz industriels et médicaux à l'état comprimé, liquéfié ou dissous ainsi que certains mélanges de gaz

Linde Gas Algérie assure également la commercialisation du matériel et accessoires liés à l'utilisation des gaz industriels et médicaux ainsi que la mise en œuvre des nouvelles applications des gaz.

Principaux produits fabriqués : Oxygène (O₂), Azote(N₂), Argon(Ar), anhydride carbonique (CO₂), Acétylène(C₂H₂), protoxyde d'azote(N₂O), Hydrogène(H₂), Mélanges.

1.2. Unité de production de Reghaia :

Le site de Reghaia est l'un des 09 sites de Linde Gas Algérie avec plusieurs ateliers de production et de conditionnement des liquides et gaz industriels et médicaux y sont implantés.

Son exploitation commença en 1976 par la production des gaz de l'air (oxygène liquide, azote liquide et argon liquide). Le site a connu une extension par l'implantation des ateliers de production et de conditionnement des liquides et gaz industriels et médicaux suivants : Gaz de l'air, dioxyde de carbone, protoxyde d'azote, acétylène, oxyde d'éthylène.

L'atelier acétylène fut ferme en Mai 2011.

Le site dispose aussi d'atelier de conditionnement des gaz ou liquides issus des ateliers de production des liquides cryogénique.

Le site dispose également d'atelier de reprouve et peinture des bouteilles de gaz industriels et médicaux.

1.2.1. Implantation :

- **Localisation :** zone industrielle de reghaia, daïra de reghaia, wilaya d'Alger
L'unité occupe une surface totale de 35000 M² dont 6271 M² sont couverts
- **Accès :** autoroute de l'Est, pénétrante zone industrielle de Rouïba –reghaia - route national N° 5 route principal de la zone
- **Adresse :** B.P. 2/2 zone industrielle de reghaia

1.2.2 Activité principales et annexes :

- **Activité principale :** production et commercialisation de gaz industriels et médicaux
- **Activité secondaire :** commercialisation de produits et équipements de soudage et matériel médicale
- **Champ d'intervention :** alimentation en gaz industriel et médical une partie des wilayas du centre du pays

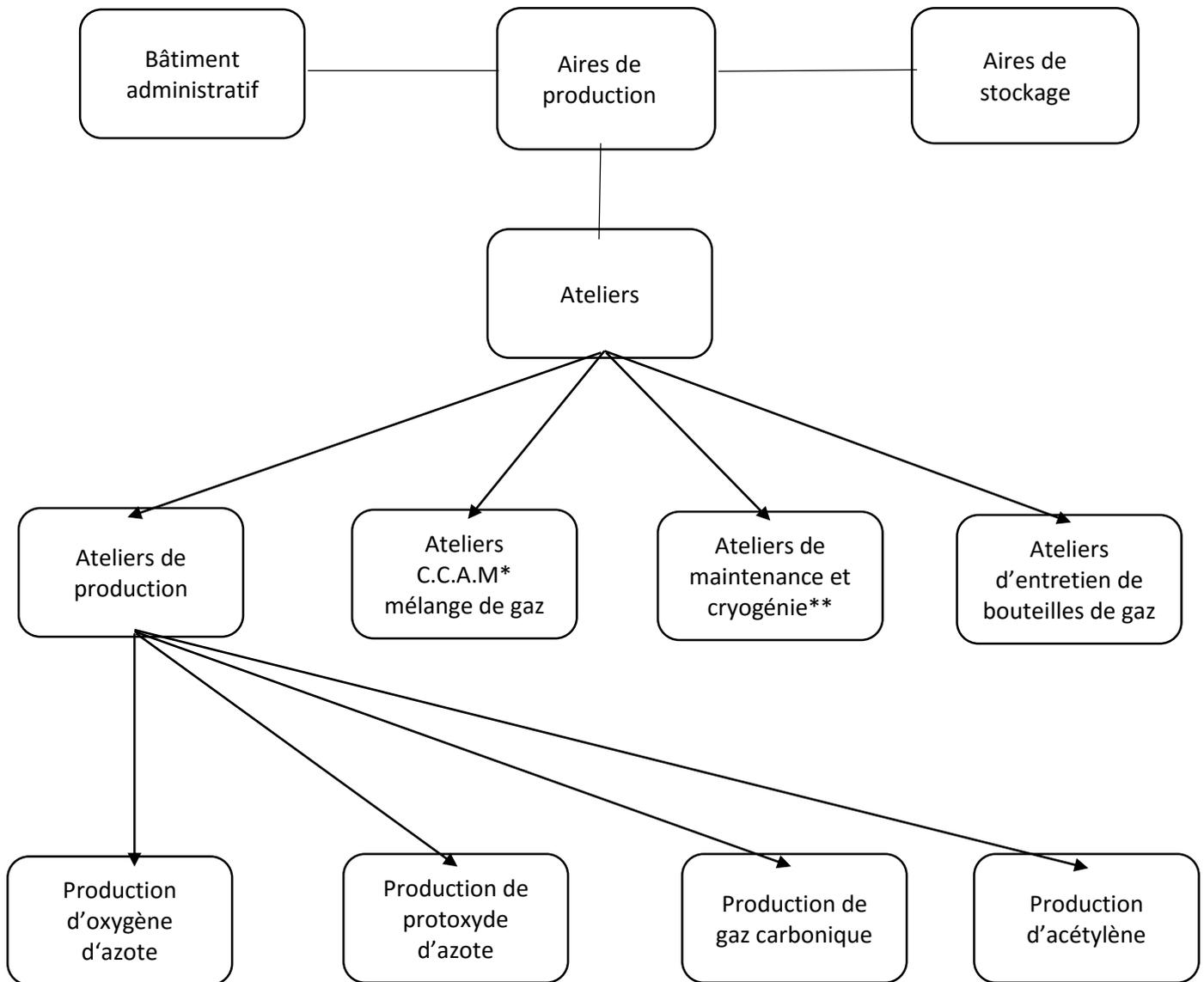
1.2.3 Capacité de production des différents ateliers au site de production :

- Atelier de production des gaz de l'air d'oxygène, azote et argon avec une capacité de production 5000 l/h
 - **Oxygène liquide :**
 - 1 réservoir de 1 000 000 l.
 - 1 réservoir de 50 000 l réservé au conditionnement d'oxygène gazeux.
 - **Azote liquide :**
 - 1 réservoir de 500 000 l.
 - **Argon liquide :**
 - 1 réservoir de 50 000 l.
- Atelier de protoxyde d'azote production 100 m³/h.
 - 1 réservoir de 7 000 kg.
- Atelier de gaz carbonique production 2 000 kg/h.
 - 4 réservoirs de 100 000 kg chacun.
- Atelier C.C.A.M mélange de gaz
- Atelier de production d'acétylène
- Atelier de rénovation de bouteilles
- Atelier de maintenance et de cryogénique

1.2.4 Importance d'unité de production :

- L'unité de production produit des gaz médicaux et industriels qui approvisionnent :
- Les hôpitaux du centre du pays en oxygène en protoxyde d'azote utilisé comme anesthésie lors des interventions chirurgicales
 - L'industrie agroalimentaire en gaz carbonique
 - L'industrie en oxygène et en acétylène utilisée pour la soudure et le découpage.

1.2.5 Les différents locaux de l'entreprise :



*C.C.A.M : centre de conditionnement d'air mélangé

**cryogénie : est l'étude et la production des basses température (inferieures à -150°C)

Figure 01 : organigramme des différents locaux de l'unité

2 Présentation de l'atelier des protoxyde d'azote N₂O :

2.1 Protoxyde d'azote :

Le protoxyde d'azote dont la formule est N₂O, est un gaz liquéfié comburant, clair et incolore à l'odeur douce.

Ce gaz est stable et inerte à la température ambiante.

Bien que les américains le classifient parmi les gaz inflammables, le N₂O entretient la combustion et peut détonner à des températures supérieures à 650°C (1202°F).

❖ Les principales applications du protoxyde d'azote :

On le trouve dans un certain nombre d'application, le protoxyde d'azote à des usages bénéfiques ; on le livre en tant que gaz industriel conditionné pur dans des bouteilles sous pression, a trois usages :

- Médecine/Dentisterie Anesthésie
- Traitement des aliments : gaz propulseur
- Autres :
 - ✓ Fabrication des semi-conducteurs
 - ✓ Comburant utilisé a tés haute pureté
 - ✓ Chimie analytique : comburant utilisé avec l'acétylène pour la spectrométrie d'adsorption atomique
 - ✓ Courses motorisées (autos, motos ...) injection dans le moteur pour en augmenter la puissance.

❖ Effet sur l'environnement et la santé :

Sur l'environnement :

Il est classifié comme polluant par le protocole de Kyoto. C'est le quatrième plus important gaz à effet de serre à contribuer au réchauffement de la planète après la vapeur d'eau (H₂O) ; le dioxyde de carbone (CO₂) et le méthane (CH₄). Son potentiel de réchauffement global à 100 ans correspond à 298 fois celui du CO₂

Sur la santé :

Toxicité :

- Le protoxyde d'Azote oxyde le cobalt de la vitamine B12 : d'où une répercussion sur la synthèse de myéline, et ADN (maladie de Biermer).
- Neuropsychologique : troubles de l'humeur, fatigue, céphalées.
- Psychomoteurs : trouble de la mémoire, de l'attention et de l'exécution motrice, même à faible concentration. Le protoxyde d'azote est classé non cancérigène pour l'homme.

Précaution :

O : Comburant



Phrases risque :

R8 : favorise l'inflammation des matières combustibles.

Conseille de prudence :

S9 : conserver le récipient dans un endroit bien ventilé.

S17 : tenir à l'écart des matières combustibles.

Transport :



Code Kemler :

25 : gaz comburant (favorise l'incendie)

Numéro ONU :

1070 : PROTOXYDE D'AZOTE



Code Kemler :

225 : gaz liquéfié réfrigéré, comburant (favorise l'incendie)

Numéro ONU :

2201 : PROTOXYDE D'AZOTE LIQUIDE DE REFRIGERE

Systeme général harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques



Danger

H270 : peut provoquer ou aggraver un incendie ; comburant

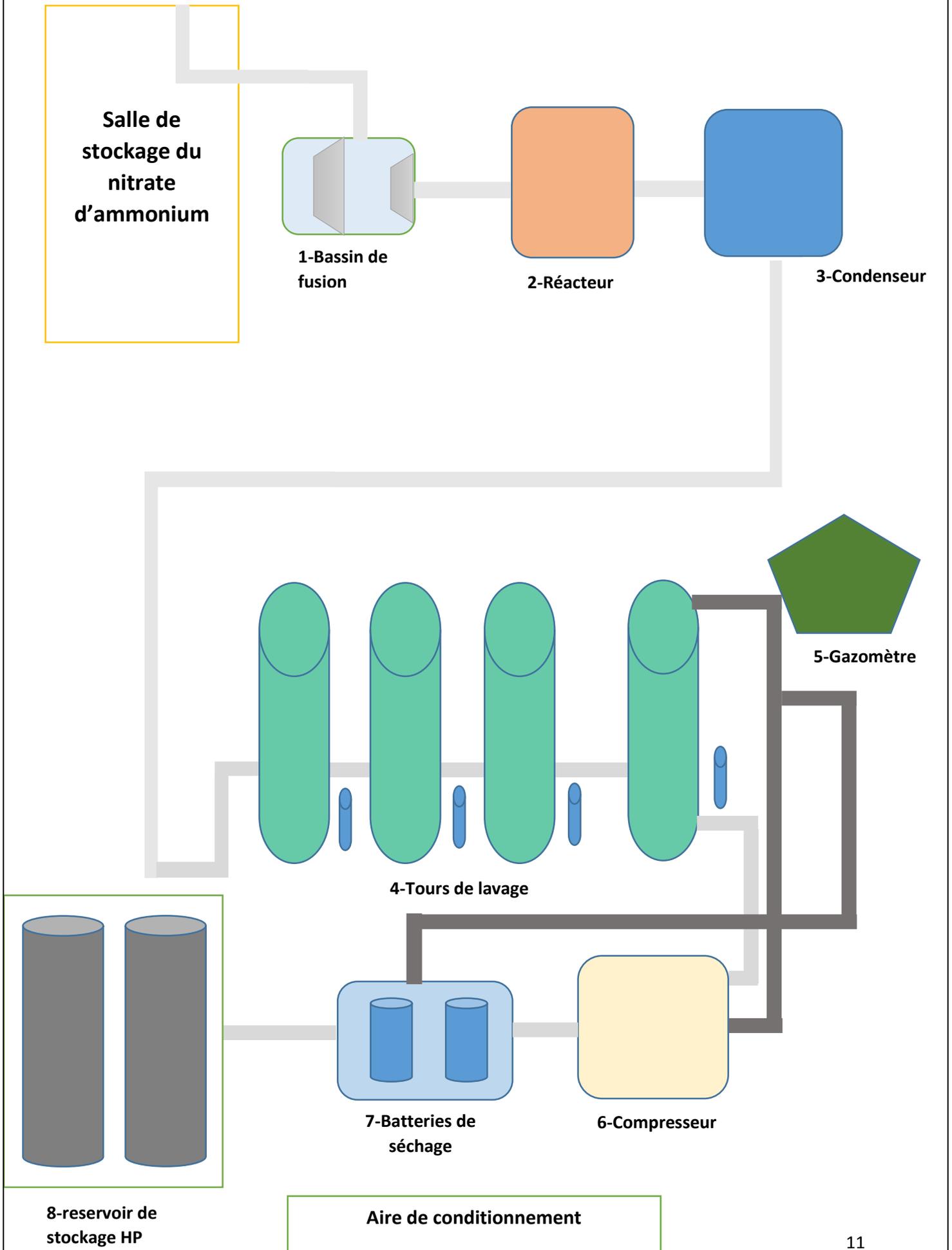
H280 : contient un gaz sous pression ; peut exploser sous l'effet de la chaleur

P 370 : en cas d'incendie

P376 : obturer la fuite si cela peut se faire sans danger

P403 : stocker dans un endroit bien ventilé

2.1 Présentation de l'atelier de protoxyde d'azote



Schémas : présentation de l'atelier de protoxyde d'azote

2.1 Atelier de production de protoxyde d'azote :

L'atelier est composé de :

- Bassin de fusion
- Réacteur
- Condenseur
- Tours de purification
- Gazomètre
- Compresseur
- Batterie de séchage
- Liquéfacteur
- Réservoir de stockage haute pression

➤ Bassin de fusion :

Le mélange ($H_2O+NH_4NO_3$) se prépare dans un bassin de fusion en matière inoxydable. Il est constitué de deux sections ; une pour le remplissage $T^\circ 125\text{ }^\circ\text{C}$ et l'autre pour la consommation $T^\circ 135^\circ\text{C}$. Une hotte de protection couvre chaque bassin.



Figure 02 : bassin de fusion

➤ **Réacteur :**

Qui est un volume fermé, sous une pression de service de mbar. Dans le réacteur, le nitrate d'ammonium se décompose à une température d'environ 250°C selon la formule suivante :



Figure 03: réacteur

➤ **Condenseur :**

C'est un échangeur de chaleur tubulaire refroidi à contre-courant par un circuit d'eau recyclée



Figure 04 : condenseur

➤ **Tours de purification :**

Composé de quatre (04) tours a pour but de laver le gaz, ces tours sont dotées d'anneaux rasching qui jouent le rôle d'un filtre

- Tour (1) : 150 litre d'H₂O
- Tour (2) : 140 litre d'H₂O + 15 Kg NaOH + 1,5 Kg KMnO₄
- Tour (3) : 140 litre d'H₂O + 15 Kg NaOH + 1,5 Kg KMnO₄
- Tour (4) : 150 litre d'H₂O + 15Kg H₂SO₄



Figure 05 : les tours de lavage

➤ **Gazomètre :**

Agit comme compensateur entre la production de réacteur qui est variable et la constante consommation du compresseur



Figure 06 : Gazomètre

➤ **Compresseur :**

Le compresseur est une machine qui comprime le gaz jusqu'à 50 bar pour le stocker dans les capacités



Figure 07 : compresseur

➤ **Groupe de séchage (batteries de dessiccation) :**

Le gaz comprimé qui sort de compresseur est imbibé d'humidité donc un séchage est nécessaire le groupe de séchage consiste en deux récipients à haute pression remplis de 1/5 du volume de gel d'alumine et 4/5 de diamant gel



Figure 08 : groupe de séchage

➤ **Liquéfacteur :**

C'est un échangeur de chaleur le gaz traverse liquéfacteur refroidi par l'eau la température de cette eau ne doit pas dépasser les 20°C en règle générale



Figure 09 : liquéfacteur

➤ **Réservoirs de stockage haute pression**

Quatre (04) réservoirs de 700 litres la pression de gaz dans ces réservoirs est respectivement de 20bar



Figure 10 : réservoirs de stockage haute pression

Chapitre 02

Chapitre 02 : la prévention des risques industriels

1. La prévention des risques industriels
2. La méthode HAZOP
3. Application de la méthode HAZOP

I. La prévention des risques industriels :

D'important progrès ont été réalisés depuis un demi siècle en matière de prévention des risques mais ce n'est que depuis une dizaine d'année que l'attention des pouvoirs publics, des partenaires sociaux et des organismes de prévention des risques industriels s'est particulièrement attachée à cette notion qu'elle soit dans les entreprises privées ou étatiques. L'évolution de la nature des risques industriels (corrélativement à l'évolution technologiques), les progrès des connaissances sur les facteurs de risques et l'accroissement de la sensibilité aux risques industriels ont contribuent un véritable problème de santé publique

1. Les 5 étapes de la démarche de prévention

a. Préparer la démarche de prévention :

- Elaborer une stratégie
- Recenser les analyses
- Préciser les modalités
- Planifier la démarche

b. Evaluer les risques :

- Définir les unités de travail
- Réaliser un inventaire des risques
- Estimer les risques
- Rédiger le document unique

c. Elaborer un programme d'action :

- Opérer les choix
- Mettre au point une stratégie

d. Mettre en œuvre les actions :

- Designner une personne chargée du suivi
- Disposer d'outils de pilotage

e. Evaluer la démarche de prévention :

- Assurer le suivi : valider et corriger
- Dresser un bilan périodique

2. Les principes généraux de prévention :

- Eviter le risque
- Evaluer le risque
- Combattre le risque
- Adapter le travail à l'homme
- Tenir compte de l'évolution technologique
- Remplacer tous ce qui est dangereux par celui qui est moins dangereux
- Planifier la prévention
- Prendre des mesures de protection collectives en leur donnant la priorité sur les mesures de prévention individuelles
- Donner les instructions appropriées aux travailleurs

3. Le rôle de chaque entreprise dans la démarche de prévention :

- Afficher sa volonté et qu'elle doit définir sa politique en matière de SST (sécurité et santé de travailleurs)
- Fournir les moyens (humains, matériels, et financiers)
- Designer un responsable HSE (mener le prévention)
- S'engager personnellement dans la conduite du projet mis en place (projet de prévention)

II. La méthode HAZOP :

1. Présentation de la méthode HAZOP

1.1. Généralités

La méthode HAZOP (HAZard and OPerability studies) a été élaborée au début des années 1970 par la société Imperial Chemical Industries pour répondre à un besoin d'amélioration de la sécurité et des process. La méthode HAZOP a pour objectif d'identifier les dangers potentiels d'un système et d'identifier les éventuels risques d'exploitation afin d'éviter l'apparition d'événements non souhaités.

HAZOP étant une approche d'analyse des risques - différentes des approches de l'époque s'est développée pour s'adapter à d'autres secteurs. On la retrouve notamment aujourd'hui en version française au travers de la norme CEI 61882.

La méthode 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, ...

C'est une méthode qualitative d'analyse de risques alimentée par une équipe pluridisciplinaire (l'équipe HAZOP).

1.2. Le déroulement de la méthode HAZOP

1.2.1. Phase préparatoire

Il est important de délimiter le périmètre d'application de la méthode HAZOP. Le système sera divisé en sous-systèmes appelés "**nœuds**", l'installation examinée sera appelée "**ligne**" ou "**maille**".

Le groupe de travail constitué doit parfaitement connaître et maîtriser le nœud et ses lignes/mailles.

1.2.2. Générer les dérives potentielles

Afin de générer efficacement des dérives potentielles, la méthode HAZOP prévoit d'associer des **mots-clés** à tous les paramètres pouvant interagir sur la sécurité du système.

Les mots clé (Primary / secondary keywords), permettent de générer de manière systématique les dérives à considérer. La norme CEI : 61882 propose des exemples de mots-clés dont l'usage est particulièrement courant.

Le groupe de travail sélectionne un paramètre de fonctionnement de l'exploitation (ex. la température, le temps, la pression, le débit...) ; choisi un mot-clé définissant une déviation.

Une déviation est la combinaison du mot-clé et du paramètre qui constitue la dérive.

Par exemple le paramètre " Pression ", associé au mot-clé "Supérieur à" et une valeur limite, exprime un risque d'une surpression.

Toutes les dérives générées doivent être crédibles.

1.2.3. Identifier les causes et les conséquences potentielles

Le groupe de travail réfléchit aux causes et aux conséquences que peuvent entraîner les dérives crédibles générées.

Cette méthode s'appuie sur les plans de circulation des fluides et des schémas détaillés PID « Piping and instrumentation diagram »

Un PID ou Un schéma tuyauterie et instrumentation est un diagramme qui définit tous les éléments d'un procédé chimique

Il se distingue du schéma de procédé par l'ajout des éléments de contrôle, les armatures, les détails sur l'isolation et la protection des installations et la position coordonnée des installations les unes par rapport aux autres.

Les installations ainsi que les vannes et les éléments de contrôle sont décrits par des symboles.

1.2.4. Proposer des axes de contrôles

Le groupe de travail émet des recommandations d'actions correctives à mettre en œuvre en cas d'apparition de la dérive, ou des recommandations d'actions d'amélioration à mettre en place sur les outils et/ou méthodes de prévention déjà existants.

1.2.5. Etablir le rapport HAZOP

Afin de faciliter la lecture et l'enregistrement des informations, les résultats de cette analyse sont généralement repris sous la forme d'un tableau du type :

Date :							
Nœuds							
Ligne ou maille							
Paramètres	Déviatio n	Valeur s limites	Causes	Conséquences	Cible s	Mesures de contrôle existantes	Mesures de contrôle à proposer

Figure 12 : model de tableau de HAZOP

I. Application de la méthode HAZOP

Installation : Unité de Production de Protoxyde d'azote

Sous-système 01 : Bassin de fusion

maille	paramètre	déviation	Limites	Causes	conséquences	cibles	Mesures de sécurité existantes		
							T	O	H
01	Température	Plus de température dans le bassin de fusion	125C°- 150C°	- défaillance au niveau de résistances de bassin - défaillance au niveau de système de remplissage de bassin	-Projection du liquide(brulures) -Dégagement des fumés toxiques (inhalation)	Opérateurs	-Système d'extraction des fumés -Système de remplissage -EPI adapté	Procédures de vérification périodique des équipements	Formation sur le danger encourus et sur le produit manipulé

Tableau 01 : représentation HAZOP sous-système 01

Discussion : l'analyse effectuée par la méthode HAZOP au niveau de sous-système 01 (**bassin de fusion**) nous a permis de constater que les mesures de sécurité existantes sont insuffisantes par rapport à la déviation (voir le tableau). À cet effet les recommandations suivantes sont à retenir afin de maîtriser les déviations :

Recommandation : nous recommandons ;

➤ **Technique** :

- Système de captage des fumés à la source d'émission.
- Détecteur de niveau pour le bassin de fusion
- Système d'arrosage automatisé

➤ **Organisationnel** :

- Vérification périodique des équipements avec l'exigence d'avoir des fiches de control et des check List

➤ **Humaine** :

- Sensibilisation du personnel afin de renforcer sa formation et sa qualification

Installation : Unité de Production de Protoxyde d'azote

Sous-système 02 : Réacteur

maille	paramètre	déviation	Limites	Causes	conséquences	cibles	Mesures de sécurité existantes		
							T	O	H
01	Température	Plus de température dans le réacteur	145C°-249C°	- défaillance au niveau de de système d'arrosage (refroidissement) « Le système ne peut plus évacuer la chaleur produit par les réactions chimiques » Bouchage au niveau tuyauteries	-Explosion -Emballement -Incendie	Installations Environnement Opérateurs	- Système d'arrosage (injection automatique) - Réservoir d'eau	-Check List et dossier de suivi des équipements	-Formation sur le danger encourus

Tableau : représentation HAZOP sous-système 02

Discussion : l'analyse effectué par la méthode HAZOP au niveau de sous-système 02 (**Réacteur**) nous a permis de constater que les mesures de sécurité existantes sont insuffisantes par rapport à la déviation (voir le tableau). À cet effet les recommandations suivantes sont à retenir afin de maîtriser les déviations :

Recommandation : nous recommandons ;

➤ **Technique :**

- Vérification périodique et régulière des équipements (manomètre, système de refroidissement, détecteur de chaleur et de pression)
- Etalonnage des appareillages

➤ **Organisationnel :**

- Veille règlementaire relative aux appareils sous pression
- Affichages des consignes de sécurité

➤ **Humaine :**

- Sensibilisation du personnel sur les risques liés aux sous pression

Installation : Unité de Production de Protoxyde d'azote

Sous-système 03 : Condenseur

maille	paramètre	déviaton	Limites	Causes	conséquences	cibles	Mesures de sécurité existantes		
							T	O	H
	Température	Plus de température dans le condenseur	20C°- 50C°	- baisse niveau d'eau (défaillance au niveau de pompes de circulation d'eau)	-Explosion -Incendie	Installations Environnement Opérateurs	-Réservoir d'eau	-suivi et contrôle des équipements	-Formation et information sur le danger encourus

Tableau 03 : représentation HAZOP sous-système

Discussion : l'analyse effectué par la méthode HAZOP au niveau de sous-système 03 (**condenseur**) nous a permis de constater que les mesures de sécurité existantes sont insuffisantes par rapport à la déviation (voir le tableau). À cet effet les recommandations suivantes sont à retenir afin de maitriser les déviations :

Recommandation : nous recommandons ;

- **Technique** :
 - Contrôle technique réglementaire des installations (les différentes parties de condenseur)
- **Organisationnel** :
 - Veille réglementaire
 - Audit interne
- **Humaine** :
 - Renforcé la fiabilité humaine (communication, formation ...)

Installation : Unité de Production de Protoxyde d'azote

Sous-système 04 : tours de lavage

maille	paramètre	déviation	Limites	Causes	conséquences	cibles	Mesures de sécurité existantes		
							T	O	H
01	Quantité de matière utilisé (KMno4, NAOH)	Plus de quantité de KMno4 et NAOH dans le 2 ^{ème} et le 3 ^{ème} tour	KMno4 1,5Kg – 3Kg NAOH 15Kg – 18Kg	absence de moyens de pesage (balance)	Explosion suit à un incendie L'incendie sera à l'origine d'une fuite de gaz au contact avec une source d'ignition	Installations Environnement Opérateurs	- Contrôle des équipements et installations - EPI adapté	-dossier de suivi et de contrôle des équipements - FDS de matière utilisé	Formation et information sur le danger encourus

Tableau 04 : représentation HAZOP sous-système 04

Discussion : l'analyse effectuée par la méthode HAZOP au niveau de sous-système 04 (**Tours de lavage**) nous a permis de constater que les mesures de sécurité existantes sont insuffisantes par rapport à la déviation (voir le tableau). À cet effet les recommandations suivantes sont à retenir afin de maîtriser les déviations :

Recommandation : nous recommandons ;

- **Technique** :
 - Mise en place des moyens de pesage (balance)
 - Contrôle technique et étalonnage des appareillages
- **Organisationnel** :
 - Elaboration d'un mode opératoire sécurisé
 - Suivi médicale
 - Elaboration des fiches d'exposition
- **Humaine** :
 - Sensibilisation sur les risques liés à la manipulation des produits dangereux
 - Le respecter les FDS des produits manipulés

Installation : Unité de Production de Protoxyde d'azote

Sous-système 05 : Gazomètre

maille	paramètre	déviation	Limites	causes	conséquences	cibles	Mesures de sécurité existantes		
							T	O	H
01	Pression	Plus de pression dans le gazomètre	Régulation	Défaillance au niveau des orifices de trop plein	Explosion (Éclatement de gazomètre)	Opérateurs Installions Environnement	Détecteur de niveau haut	Vérification des équipements	Porte des EPI conforme et adapté à la tâche exécuté

Tableau 05 : représentation HAZOP sous-système 05

Discussion : l'analyse effectuée par la méthode HAZOP au niveau de sous-système 05 (**Gazomètre**) nous a permis de constater que les mesures de sécurité existantes sont insuffisantes par rapport à la déviation (voir le tableau). À cet effet les recommandations suivantes sont à retenir afin de maîtriser les déviations :

Recommandation : nous recommandons ;

- **Technique** :
 - Contrôle technique réglementaire des installations
 - Maintenance préventive
- **Organisationnel** :
 - Programme de vérification des installations par un organisme agréé
 - Audit interne
- **Humaine** :
 - Sensibilisation de personnels

Installation : Unité de Production de Protoxyde d'azote

Sous-système 06 : Compresseur

maille	paramètre	déviation	Limites	Causes	conséquences	cibles	Mesures de sécurité existantes		
							T	O	H
01	Pression	Plus de pression dans le compresseur	50bar–70 bar		Eclatement de compresseur (explosion)	Opérateurs Installation	-Manomètre d'huile -Les soupapes	Dossier de suivi d'équipement	Formation sur la conduite de compresseur
02	Huile	Moins d'huile dans le compresseur	27 L	Fuite au niveau des pistant	-Surchauffe de compresseur -Panne (hors service)				

Tableau 06 : représentation HAZOP sous-système 06

Discussion : l'analyse effectuée par la méthode HAZOP au niveau de sous-système 06 (**Compresseur**) nous a permis de constater que les mesures de sécurité existantes sont insuffisantes par rapport à la déviation (voir le tableau). À cet effet les recommandations suivantes sont à retenir afin de maîtriser les déviations :

Recommandation : nous recommandons ;

- **Technique** :
 - Contrôle technique réglementaire des installations (les parties de compresseur)
 - Mettre en place un système pressostat
- **Organisationnel** :
 - Programme de vérification périodique
 - Consignes de sécurité appropriée
- **Humaine** :
 - Sensibilisation de personnels

Installation : Unité de Production de Protoxyde d'azote

Sous-système 07 : Batteries de séchage

maille	paramètre	déviation	Limites	Causes	conséquences	cibles	Mesures de sécurité existantes		
							T	O	H
01	Pression	Plus de pression dans les batteries de séchage	40 bar–66 bar	- défaillance au niveau des soupapes (n'assure pas leurs fonction)	-Explosion	Installations	-les soupapes -Manomètre	Dossier de suivi et de contrôle d'équipements	Formation des personnels

Tableau 07 : représentation HAZOP sous-système 07

Discussion : l'analyse effectué par la méthode HAZOP au niveau de sous-système 07 (**Batteries de séchage**) nous a permis de constater que les mesures de sécurité existantes sont insuffisantes par rapport à la déviation (voir le tableau). À cet effet les recommandations suivantes sont à retenir afin de maîtriser les déviations :

Recommandation : nous recommandons ;

- **Technique** :
 - Contrôle technique réglementaire des installations
- **Organisationnel** :
 - Etalonnage des appareillages
 - Diagnostique SDF
 - Veille réglementaire
- **Humaine** :
 - Sensibilisation de personnels sur le danger encourus

Installation : Unité de Production de Protoxyde d'azote

Sous-système 08 : réservoir de stockage haute pression

maille	paramètre	déviation	Limites	Causes	conséquences	cibles	Mesures de sécurité existantes		
							T	O	H
01	Température	Plus de température dans les Tanks HP	14C°- 20C°	- défaillance au niveau de groupe de refroidissement (groupe chiller)	-éclatement de réservoir (Explosion)	Installations	-les soupapes -Manomètre - groupe chiller	Vérification des installations et des équipements	Formation des personnels
02	Pression	Plus de pression dans les tanks HP	58 bar- 70bar	Dysfonctionnement des soupapes (n'assure par leurs fonction)					

Tableau 08 : représentation HAZOP sous-système 08

Discussion : l'analyse effectuée par la méthode HAZOP au niveau de sous-système 08 (**Réservoir de stockage haute pression**) nous a permis de constater que les mesures de sécurité existantes sont insuffisantes par rapport à la déviation (voir le tableau). À cet effet les recommandations suivantes sont à retenir afin de maîtriser les déviations :

Recommandation : nous recommandons ;

- **Technique** :
 - Maintenance périodique des équipements (groupe chiller, les soupapes)
- **Organisationnel** :
 - Etalonnage des appareillages
 - Consignes et interdiction appropriés
- **Humaine** :
 - Habilitation et Sensibilisation de personnels sur le danger encourus

Tableau 09 : Tableau synoptique des déviations des sous-système dans l'unité de production de protoxyde d'azote :

N° de sous-système	Déviations	Risques	Cibles	Recommandations
<p>01 Bassin de fusion</p>	<p>Plus de température</p>	<p>brulure , projection de liquide , fumés toxiques</p>	<p>Operateurs</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Système de captage des fumés à la source d'émission. -Détecteur de niveau pour le bassin de fusion -Système d'arrosage automatisé -Vérification périodique des équipements avec l'exigence d'avoir des fiches de control et des check -Sensibilisation du personnel afin de renforcer sa formation et sa qualification
<p>02 Réacteur</p>	<p>Plus de température</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Explosion -Emballement -Incendie 	<p>Installations Environnement Opérateurs</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Vérification périodique et régulière des équipements (manomètre, système de refroidissement, détecteur de chaleur et de pression) -Etalonnage des appareillages -Veille réglementaire relative aux appareils sous pression -Affichages des consignes de sécurité -Sensibilisation du personnel sur les risques liés aux sous pression
<p>03 Condenseur</p>	<p>Plus de température</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Explosion -Incendie 	<p>Installations Environnement Opérateurs</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Contrôle technique réglementaire des installations (les différentes parties de condenseur) -Veille réglementaire -Audit interne - Renforcé la fiabilité humaine (communication, formation ...)

<p>04 Tours de lavage</p>	<p>Plus de quantité de KMno4 et NAOH dans le 2^{ème} et le 3^{ème} tour</p>	<p>Incendie Explosion</p>	<p>Installations Environnement Opérateurs</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Mise en place des moyens de pesage (balance) -Contrôle technique et étalonnage des appareillages -Elaboration d'un mode opératoire sécurisé -Suivi médicale -Elaboration des fiches d'exposition -Sensibilisation sur les risques liés à la manipulation des produits dangereux -Le respecter les FDS des produits manipulés
<p>05 Gazomètre</p>	<p>Plus de pression</p>	<p>Explosion Eclatement de gazomètre</p>	<p>Opérateurs Installions Environnement</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Contrôle technique réglementaire des installations -Maintenance préventive -Programme de vérification des installations par un organisme agréé -Audit interne -Sensibilisation de personnels
<p>06 Compresseur</p>	<p>Plus de pression Moins d'huile de lubrification</p>	<p>Explosion Incendie</p>	<p>Opérateurs Installions Environnement</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Contrôle technique réglementaire des installations (les parties de compresseur) -Mettre en place un système pressostat -Programme de vérification périodique -Consignes de sécurité appropriée -Sensibilisation de personnels
<p>07 Batteries de séchage</p>	<p>Plus de pression</p>	<p>Explosion</p>	<p>Installations</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Contrôle technique réglementaire des installations -Etalonnage des appareillages -Diagnostic SDF -Veille règlementaire -Sensibilisation de personnels sur le danger encourus
<p>08 Réservoir de stockage haute pression</p>	<p>Plus de pression Plus de température</p>	<p>Explosion (éclatement de réservoir)</p>	<p>Installations</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Contrôle technique réglementaire des installations -Etalonnage des appareillages -Diagnostic SDF -Veille règlementaire -Sensibilisation de personnels sur le danger encourus

Recommandations générales :

Suite à l'analyse effectuée au niveau d'atelier de protoxyde d'azote pour les 8 sous-système (**bassin de fusion, réacteur, condenseur, tours de lavage, compresseur, batterie de séchage, liquéfacteur, réservoir de stockage haute pression**) ; nous avons constaté que les mesures de sécurité existantes sont insuffisantes pour cela nous recommandons de :

- Mettre en place un système de captage des fumées à la source d'émission, un Système d'arrosage et de refroidissement automatisé
- Etalonner les appareillages
- Exiger une maintenance préventive
- Vérifier périodiquement et régulièrement les équipements avec l'exigence d'avoir des fiches de control et des check List
- Veille règlementaire
- Afficher les consignes de sécurité
- Faire des Audit interne et des inspections périodique a l'ensemble des ateliers
- Elaborer d'un mode opératoire sécurisé
- Avoir un suivi médical
- Elaborer des fiches d'exposition
- Programme de vérification des installations par un organisme agréé
- Donner des Consignes et des interdictions de sécurité appropriée à l'ensemble d'opérateurs
- Faire un Diagnostic SDF (sureté de fonctionnement)
- Sensibiliser le personnel afin de renforcer sa formation et sa qualification
- Sensibiliser le personnel sur le danger encourus
- Renforcer la fiabilité humaine (communication, formation)
- Respecter les FDS (fiches des donnés de sécurité)

Conclusion

Pour prévenir les risques dans l'entreprise, il faut que l'ensemble des acteurs concernés s'organisent pour travailler ensemble. Pour cela LINDE GAS met en œuvre une démarche de prévention et de maîtrise des risques majeure (incendie et explosion), donc elle doit aussi utiliser une méthode d'analyse pour atteindre ses objectifs, la méthode qui est la plus adaptée c'est la méthode HAZOP parce qu'elle est un outil particulièrement efficace pour les systèmes Thermo-hydrauliques.

La méthode HAZOP prévoit d'identifier pour chaque dérivation les moyens accordés à sa détection et les barrières de sécurité prévues pour réduire l'occurrence ou les effets. Si les mesures mises en place paraissent insuffisantes au regard du risque encouru, on peut proposer des améliorations en vue de pallier à ces problèmes ou de moins on peut définir des actions à engager pour améliorer la sécurité de ces points précis.

Références Bibliographiques :

Les ouvrages de référence utilisés sont :

- ✚ Mémoires de fin d'études :
Mémoire de fin d'étude : évaluation des risques au sein de l'atelier protoxyde d'azote au niveau de l'unité Linde gas Algérie reghaia.
Promotion 2014/2015 de Melle : HATEM Hakima

- ✚ Mémoire de fin d'étude : analyse et évaluation des risques à l'atelier protoxyde d'azote de l'unité production Linde gas reghaia Algérie.
Promotion 2014/2015 de BOULEGHEB ABDEL HAKIM

- ✚ Mémoire de fin d'étude : le diagnostic de sécurité des installations de fabrication du protoxyde d'azote N_2O pour LINDE gas Algérie unité de reghaia promotion 2007/2008 de Melle GRIB.W