

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



Université Ibn Khaldoun de Tiaret
Faculté des Sciences Appliquées
Département de Génie Mécanique



MÉMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences et Technologie
Filière : Electromécanique
Parcours : Master
Option : Maintenance Industrielle

Thème

AMDEC Sécurité
Poste de détente GRTG

Préparé par :

BENAISSA Kadda Benaïssa et **BENALI** Noureddine

Soutenu publiquement le : 25 / 10 / 2020, devant le jury composé de :

M. **ZAGANE** Mohammed El-Sallah Maître de Conférences "B" (Univ. Ibn Khaldoun) Président

M. **BENAMAR** Badr Maître de Conférences "A" (Univ. Ibn Khaldoun) Examineur

M. **BOUREGUIG** Kadda Maître de Conférences "A" (Univ. Ibn Khaldoun) Examineur

M. **GUEMMOUR** Mohamed B Maître de Conférences "A" (Univ. Ibn Khaldoun) Encadreur

Année universitaire : 2019 - 2020

REMERCIEMENTS

On tient avant tout à remercier chaleureusement Monsieur **GUEMMOUR Mohamed Boutkhal**, Maître de conférences (B) à l'université Ibn-Khaldoun de Tiaret de nous avoir encadré et assuré le suivi de notre travail. En nous faisant confiance depuis le début de nos travaux, il a su diriger ce travail tout en nous laissant une complète autonomie. On le remercie non seulement pour la qualité de son encadrement mais également pour l'inestimable qualité humaine dont il a toujours fait preuve.

On remercie tout autant Monsieur **ZAGANE Mohammed El Sallah** maître de conférences classe "B" de l'université Ibn-Khaldoun de Tiaret pour avoir accepté de présider le jury de notre mémoire.

Nos sincères remerciements vont également à Messieurs **BENAMAR Badr** maître assistant classe "A" et **BOUREGUIG Kadda** maître assistant classe "A" de l'université Ibn-Khaldoun de Tiaret qui nous ont fait l'honneur d'être examinateur de notre mémoire, et qui ont consacré de leur précieux temps à l'examen et à l'évaluation de notre travail.

On les remercie vivement pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail afin de l'expertiser avec une grande efficacité et une grande rapidité, ainsi que pour la patience et la pertinence dont ils ont fait preuve à la lecture de ce document.

ABREVIATION

ADD	Arbres de défaillances
AIF	Appareil à Ionisation de Flamme
AMDE	Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets
AMDEC	Analyse des Modes de Défaillances des Effets et de leur Criticité FMECA
APR	Analyse Préliminaire de Risques
CI	Client Industriel
CO ₂	Dioxyde de Carbone
DP	Distribution Publique
FG	fonction globale
FMEC	Failure Mode Effect And Criticity Analysis
FMD	Fiabilité – Maintenabilité - Disponibilité RAM
FTA	Fault Tree Analysis
GNL	Gaz Naturel Liquéfié
GRTG	Gestion du Réseau de Transport Gaz
LIE	Limite Inferieure Explosive
LSE	Limite Supérieure Explosive
Mo	matières d'œuvre
MoB	matières d'œuvre Brute
MoT	matières d'œuvre Transformée
MPB	Réseau Moyenne Pression B
MPC	Réseau Moyenne Pression C
PC	partie commande
PD	Poste de Détente
PHA	Preliminary Hazard Analysis
PMS	Pression Minimale de Sécurité
PO	partie opérative
PPD	Poste de Prédétente
RAM	Reliability – Aavaibility - Maintaibability
SDF	Sureté de Fonctionnement
SONELGAZ	Société National de l'Electricité et du Gaz
V.S	Vannes de Sécurité
VA	valeur ajoutée

SYMBOLES

D	non Détection de la défaillance.
E	Taux d'exposition
F	Fréquence d'apparition de la défaillance.
G	degré de Gravité.
Nm³/H	normo mètre cube/heure
N	Niveau de protection
P	Probabilité d'occurrence
P	Pression
Ri	Risque Initial
Rr	Risques Réels
T	Température
Z	Facteur de Compressibilité

Introduction générale	2
Chapitre 01 : Sûreté de fonctionnement des systèmes techniques	
1.1 Notion de système technique	4
1.1.1. Définition	4
1.1.2. Modélisation d'un système technique	4
1.1.2.1. Entrées et sorties d'un système technique.....	4
1.1.2.2. Système technique automatisé	5
1.2 Notion de sûreté de fonctionnement (SDF)	7
1.2.1. Historique.....	7
1.2.2. Les méthodes de sdf.....	8
1.2.2.1 Analyses préliminaire de risques (APR).....	8
1.2.2.2 Analyses des modes de défaillances des effets et de leur criticité (AMDEC)	8
1.2.2.3 Arbres de défaillances (ADD).....	8
1.2.3 Démarche de quantification de la SDF	8
1.3 AMDEC	9
1.3.1 Définition	9
1.3.2. Caractéristiques de a méthode AMDEC	10
1.3.3. Démarche AMDEC	11
Chapitre 02 : poste de détente	
2.1 Introduction.....	13
2.2 Définition	13
2.3. Fonction	13
2.3.1. Poste pre-detente	14
2.3.2. Poste livraison	14
2.4. Mode de raccordement du poste	15
2.4.1. les composants d'un poste de détente	15
2.4.2. conception des postes de détente	15
2.5. Modes d'installation.....	18
2.6. Maintenance des postes de detente	19
2.6.1. Inspections	19
2.6.2 Essais de fonctionnement.....	20
2.6.3 Révision	20
2.6.4 Enregistrement des actes de maintenance.....	20
2.6.5 L'intervention	20
2.7 dispositifs de sécurité.....	21

4.1 - vannes de sécurité	21
4.2- soupapes de sécurité	21
4.3- vannes ooleopneumatiques (line break).....	21
4.4- torches et événements.....	21
5. la surveillance des postes de détente.....	21
6. Recommandations de sécurité.....	22
7. Protection contre incendie.....	22
8. Odorisation.....	22
9. Distances de sécurité.....	23
9.1 - Aménagement de l'emplacement	23
9.2 - Zones de sécurité	23
10. Distances de sécurité.....	24
10.1. Distances entre les postes et les voies publiques et voies ferrées	24
10.2. Distances entre les postes et les diverses constructions voisines.....	24
10.3 Distances entre les postes et les lignes électriques aériennesHT	24
11. Conclusion	24
Chapitre 03. APPLICATION	
3.1. Introduction.....	26
3.2. Présentation de l'entreprise.....	26
3.3. Appréciation des risques	27
3.3.1. Analyse du risque.....	27
3.3.2. Etapes d'analyse des risques	27
3.3.3. Principales familles de risques.....	28
3.3.4. Phénomènes dangereux.....	28
3.3.5. Classification des risques	29
3.3.6. Limites d'inflammabilité ou d'explosivité.....	29
3.4. Gestion du risque	30
3.5. Appareils de détection des gaz.....	31
3.5.1. Les différents types d'appareils de détection	31
3.5.1.1. L'explosimetre (fonction explosimetrie)	31
3.5.1.2. Le catharometre.....	31
3.5.1.3. L'appareil a ionisation de flamme	32
3.5.1.4. L'appareil a réactif colorimétrique	32
3.5.1.5. Utilisation en exploitation des détecteurs portatifs	32
3.5.2. Évaluation du risque.....	33

3.5.2.1. Probabilité d'occurrence	33
3.5.2.2. Gravite de dommage corporel.....	33
3.5.2.3. Niveau de protection	34
3.5.2.4. Risque initial	34
3.5.2.5. Matrice d'évaluation des risques réels	35
3.5.2.6. la cotation totale du risque réel	35
3.6. Étude de cas	36
3.6.1. Analyse du risque.....	36
3.6.2. Fiche d'évaluation des risques dus au gaz naturel	37
3.7. Conclusion	37
Conclusion générale	40
Références bibliographiques	42
Annexes	44

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Notre travail, s'intègre dans un contexte technologique en relation avec le secteur énergétique et en particulier le transport par canalisation du gaz naturel entre l'activité de transport assurée par l'entreprise GRTG et la distribution assurée par la SONEGAS/SADEG vers Ses clients industriels. Utilisé comme source d'énergie, le gaz est un combustible fossile composé d'hydrocarbures : du méthane du propane, du butane, de l'éthane et du pentane. Après son extraction et sa purification le gaz naturel est directement transporter dans des Gazoducs ou bien sous sa forme liquide GNL. Sa souplesse d'utilisation et de transport, son efficacité et surtout son aspect écologique augmente la demande énergétique sur ce dernier.

Dans le cadre de notre projet de fin d'études, on s'est intéressé à l'une des activités de la fonction maintenance industrielle à savoir l'étude des risques au niveau d'un poste détente utilisé par la GRTG.

Un poste de détente a pour principale fonction la diminution de la pression. Pour garantir la disponibilité du gaz naturel sur le réseau de la SONEGAS, la fonction maintenance est indispensable, car elle a pour mission de maintenir outil de transport dans un état de performance élevé. Cependant, les activités liées aux gaz naturel présentent des risques pour les hommes de maintenance ainsi que pour les moyens logistiques. Ce travail est dédié à la sensibilisation les personnes intervenantes sur les risques technologiques industrielles, leurs effets et d'analyser les moyens, méthodes et attitudes à acquérir pour éviter les risques des installations gazeuses et les meilleurs moyens de prévention.

Dans le but de mettre en pratique et valoriser nos connaissances théoriques acquises durant notre cursus universitaire, un stage sur site avec les agents de maintenance de la GRTG, qui nous a permis d'étudier le poste de détente, améliorer le niveau de sécurité et garantir sa sûreté de fonctionnement. L'un des outils de qualité en maintenance industriel est l'analyse des modes de défaillances leurs effet et leurs criticité (AMDEC) et notamment l'AMDEC sécurité. Dans l'optique de présenter des résultats, on s'est proposé comme problème l'application de l'AMDEC Sécurité pour minimiser les risques associés au poste de détente.

Pour ce faire, notre mémoire, a été synthétisé en trois chapitres. Le premier chapitre est consacré d'une manière générale à la présentation de la notion de système technique, à la notion de sûreté de fonctionnement ainsi qu'à l'outil AMDEC sécurité. Le deuxième chapitre présente une description et fonctionnement d'un poste de détente 70/4 bars. Le troisième chapitre est une étude de cas réservée à l'application de l'AMDEC sécurité à l'un des postes de détente de la GRTG-Tiaret. A la fin, une conclusion est présentée.

Chapitre 01

AMDEC SÉCURITÉ

1.1. NOTION DE SYSTEME TECHNIQUE

1.1.1. Définition

C'est un ensemble technique conçu pour répondre à un besoin, exprimé par un cahier des charges. Il assure une fonction globale (**FG**) (dans notre cas c'est la diminution de la pression). Il agit sur des matières d'œuvre (**Mo**) pour les faire passer d'un état initial à un état final, créant ainsi une valeur ajoutée (**VA**). Valeur ajoutée = matières d'œuvre sortantes - matières d'œuvre entrantes. Dans le domaine industriel, les systèmes techniques sont créés dans le but de:

1. Gérer les demandes et les sollicitations d'un utilisateur (entité humaine ou non humaine)
2. Gérer les paramètres de l'environnement immédiat qui l'entoure
3. Agir sur le milieu extérieur en exécutant les ordres et les directives donnés.

1.1.2. Modélisation d'un système technique

1.1.2.1. Entrées et Sorties d'un système technique.

Pour étudier un système technique, on doit l'isoler du reste de son environnement immédiat par une frontière fictive qui permet de caractériser les entrées/sorties du système (**Figure 1.1**).

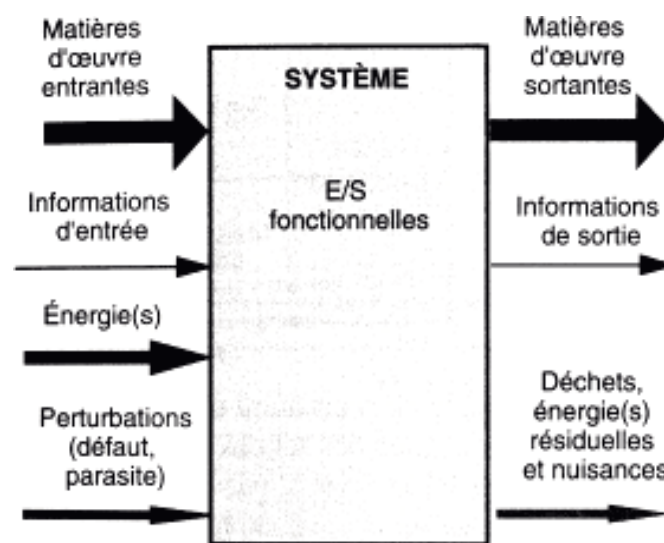


Fig 1.1: Entrées /Sorties d'un système technique [2]

- **Les entrées/sorties de matières d'œuvre** : le système opère sur des matières d'œuvre pour les faire passer d'un état initial à un état final.
- **Les entrées/sorties d'informations** : essentielles pour le dialogue homme-machine ou avec d'autres systèmes.
- **Les entrées/sorties d'énergie** : nécessaire au fonctionnement. En sortie, c'est une perte.
- **Les entrées/sorties intempestives** : en entrée, ce sont des perturbations (défaut, anomalie,...) et en sortie, ce sont des nuisances (bruit, projections, etc.). Elles sont difficiles à prendre en compte dans le modèle de comportement.

1.1.2.2. Système technique automatisé

1°. Structure en partie commande et partie opérative (Figure 1.2)

Un système automatisé est constitué d'une partie commande (PC) et d'une partie opérative (PO).

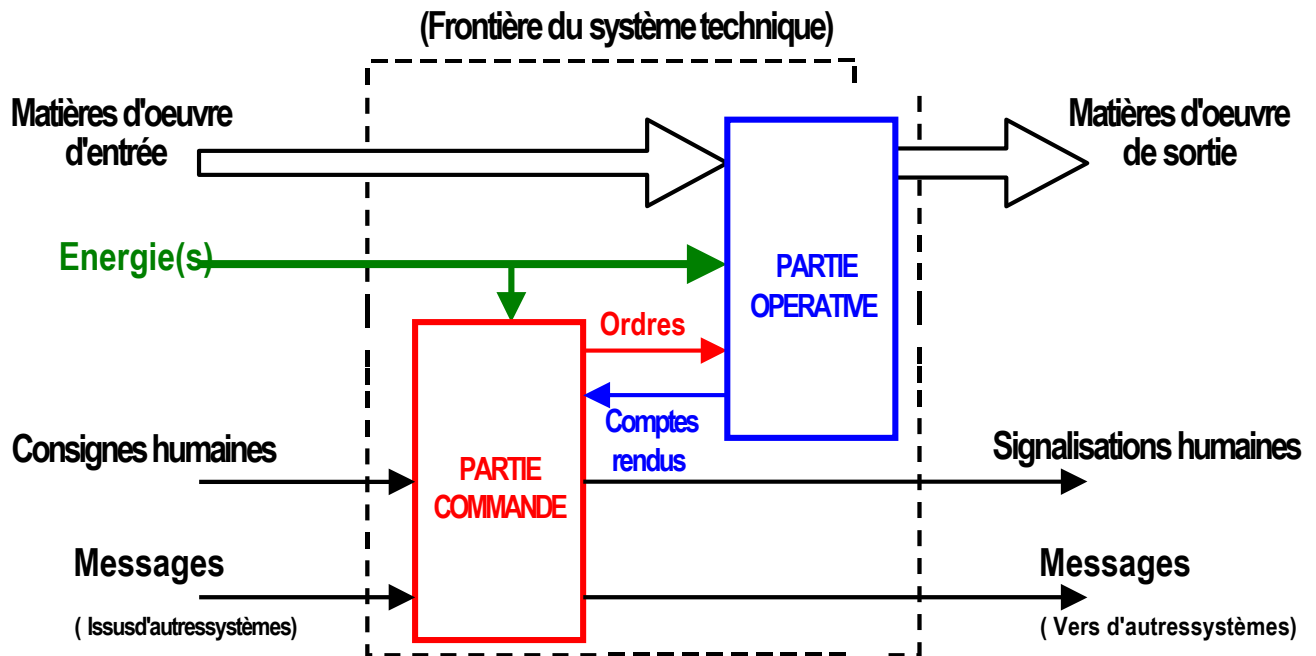


Fig.1.2: Modélisation d'un système technique avec structure en PC et PO [2]

1. La partie commande:

- Elle envoie des ordres à la partie opérative pour obtenir les effets voulus en fonction d'informations disponibles, comptes rendus, consignes, etc. et d'un modèle de comportement.
- Elle peut communiquer avec des opérateurs ou avec d'autres systèmes.

2. La partie opérative:

- Exécute les ordres émanant de la partie commande pour conférer une valeur ajoutée à la matière d'oeuvre entrante.
- C'est en général un ensemble mécanisé utilisant l'énergie électrique, pneumatique ou hydraulique.
- Elle émet vers la partie commande des comptes rendus.

2°. Structure en chaîne d'action (figure 1.3).

Du point de vue fonctionnel, l'architecture d'un système technique se présente sous la forme d'une chaîne d'action. Elle est divisée en 02 sous-chaînes traversée par 03 type de flux: flux d'informations, flux d'énergie et flux matière

- **Chaîne d'information:** est une suite cohérente de fonctions qui véhicule et agit sur le flux d'information qui la traverse.
- **Chaîne d'énergie:** est une suite cohérente de fonctions qui véhicule et agit sur le flux d'énergie qui la traverse.

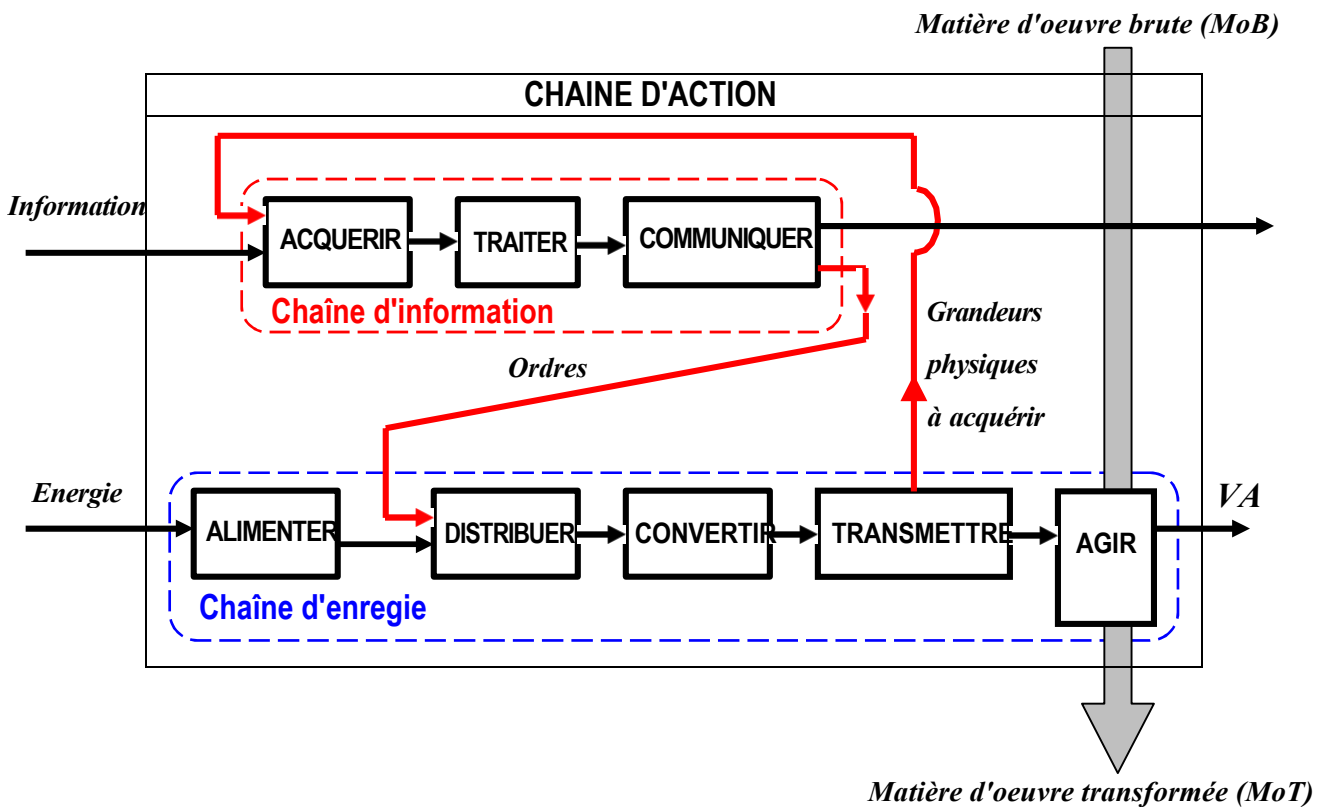


Fig.1.3: Modèle général d'un système technique avec structure en chaîne d'action [2]

1.2. NOTION DE SURETE DE FONCTIONNEMENT (SDF)**1.2.1. Historique****Période : 1939-1945:**

Apparition en Allemagne des premiers modèles de fiabilité prévisionnelle lors du développement des projets de missile V1 sous la direction de Von Braun.

Période 1960 -1969:

En 1962, Introduction le terme français « **Fiabilité** » pour traduire le terme anglais « **Reliability** ». L'académie Française des sciences a défini la fiabilité en tant qu'une des sciences de l'ingénieur en donnant la définition suivante ; "*C'est l'aptitude d'un dispositif à accomplir une fonction requise dans des conditions données et pendant une durée déterminée [1]*".

Période 1970- 1979:

L'installation des centrales nucléaires qui nécessitait des études poussées en fiabilité. Pour mener des études de risque, dans les systèmes à haut risque (transport ferroviaire, aéronautique, transport électrique, etc), de nombreuses méthodes furent développées. dont l'Arbre de Défaillance (**AdD**) ou l'Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets (**AMDE**). Ces dernières se sont développées considérablement Ce développement est dû à trois principaux facteurs, liés à l'industrialisation des systèmes techniques [2]:

- Complexité des systèmes nécessitant une rationalisation des activités industrielles ;
- Surcoût croissant de l'exploitation, lié aux défaillances et à la maintenance ;
- Criticité grandissante des défaillances.

Période 1980- Aujourd'hui :

Application de la fiabilité aux systèmes réparables en prenant en compte deux nouveaux concepts : la maintenabilité et la disponibilité. D'où le concept de **FMD** (Fiabilité – Maintenabilité - Disponibilité) pour les francophones et **RAM** (Reliability – Availability - Maintainability) pour les anglophones. En prenant en compte la sécurité du système "homme - machine" étant prise en compte et recherché par les analystes des risques, il fallait mettre en œuvre une doctrine adéquate ayant pour objectifs zéro accident, zéro arrêt, zéro défaut, et même zéro maintenance. Ainsi, le trinôme précédent appelé **FMD** devient alors **FMDS** qu'on dénomme aujourd'hui "Sûreté de Fonctionnement (**SDF**)" devenue une science de l'ingénieur qui se construit généralement sur la notion de : Fiabilité - Maintenabilité-Disponibilité - Sécurité. Une telle doctrine est maintenant devenue très importante, notamment dans les secteurs où se posent des problèmes de sécurité ou lorsque les réparations sont impossibles.

1.2.2. Les méthodes de SDF

1.2.2.1. Preliminary Hazard Analysis (PHA) / L'Analyse Préliminaire de Risques (APR)

L'APR est une méthode inductive : on part d'évènements initiateurs pour en rechercher les conséquences en termes de risques. L'APR s'applique à tout système susceptible de présenter des risques et a pour but de mieux connaître le système et son environnement afin d'identifier les évènements redoutés. Lors des différentes phases d'utilisation – un événement redouté est défini comme étant un évènement conduisant à une situation dangereuse pour les biens ou les personnes.

1.2.2.2. Failure Mode Effect and Criticality Analysis (FMECA) / Analyse des Modes de Défaillances des Effets et de leur Criticité (AMDEC)

L'A.M.D.E.C est une méthode inductive d'analyse utilisée pour l'étude systématique des causes et des conséquences des défaillances qui peuvent affecter chacun des éléments d'un système, afin d'en déduire les conséquences sur la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité ou la sécurité.

1.2.2.3 Fault Tree Analysis (FTA) / Arbres de défaillances (ADD)

Cette méthode née dans les années 1961-62 dans les bureaux de la Bell Lab. Et a été ensuite développée et formalisée surtout par la société Boeing. Ensuite, depuis 1965, emploi fréquent dans de nombreux domaines industriels (aéronautique, nucléaire, chimie,...). Cette analyse déductive (contrairement à l'AMDEC qui est une analyse inductive) a pour but de rechercher toutes les combinaisons de pannes qui conduisent à l'évènement redouté. Pour un même système, il peut y avoir plusieurs Arbres de Défaillances. Cette analyse s'appuie sur une technique graphique représentant les combinaisons de pannes conduisant à un Evénement Redouté. Il est représenté les diverses combinaisons possibles d'événements qui peuvent induire la réalisation d'évènement indésirable.

1.2.3 Démarche de quantification de la SDF

La quantification de la fiabilité doit être menée, à partir des modes des défaillances et du comportement du système pour modéliser les divers événements que le système peut subir et ainsi déduire les indices de fiabilité. pour quantifier la sûreté de fonctionnement il faut tout d'abord se poser la question « que veut –on quantifier ? » il s'agit de quantifier la fiabilité du système qui représente la probabilité pour que le système fonctionne sans incident et comparer la valeur obtenue à une valeur considérée comme acceptable. Pour ce faire il faut choisir une méthode de calcul adaptée aux défaillances du système.

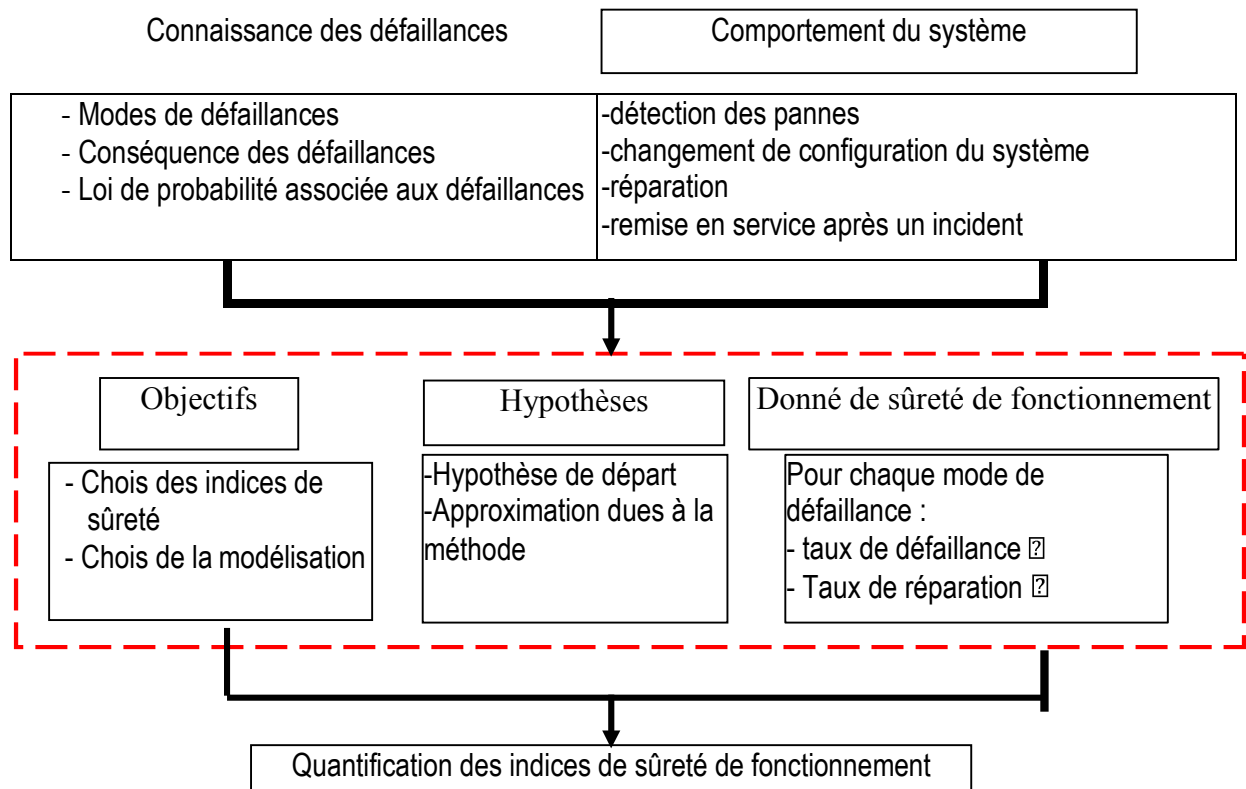


Fig.4 Les étapes préliminaires nécessaires au calcul de la sûreté de fonctionnement [1]

1.3. AMDEC

1.3.1 Définition

L'AMDEC est une méthode participative qui se pratique en groupe de travail pluridisciplinaire. Elle est fondée sur la mise en commun des expériences diverses et des connaissances de chaque participant dont la réflexion en commun est source de créativité. Le succès d'une étude AMDEC dépend la composition du groupe de travail.

En français: **AMDEC** : **A**nalyse des **M**odes de **D**éfaillance de leurs **E**ffets et de leur **C**riticité.

En Anglais: **FMECA** : **F**ailure **M**ode and **E**ffect **C**riticality **A**nalysis

L'association française de normalisation (AFNOR) définit l'AMDEC comme étant une méthode inductive qui permet de réaliser une analyse qualitative et quantitative de la fiabilité ou de la sécurité d'un système.

La méthode AMDEC a pour principe de

- recenser toutes les causes potentielles de chaque mode de défaillance et d'évaluer la criticité objectif ,
- d'identifier les causes et les effets de l'échec potentiel d'un procédé ou d'un moyen de production.
- d'identifier les actions pouvant éliminer (ou du moins réduire) l'échec potentiel.

1.3.2. Les caractéristiques de la méthode AMDEC [3]:

- C'est une méthode d'analyse de la fiabilité des systèmes.
- C'est une démarche inductive.
- C'est une méthode qualitative.
- Ces résultats permettent une analyse exhaustive.

Avantages :

- L'AMDEC favorise les échanges techniques entre les différentes équipes d'une entreprise, voire entre clients et fournisseurs.
- Elle permet l'évolution des connaissances et contribue même à la formation technique des participants.

Inconvénients :

- L'AMDEC n'est pas un outil universel car elle ne permet pas de prendre en compte les combinaisons de plusieurs défaillances.
- Les conséquences des erreurs humaines sont mal prises en compte.
- L'AMDEC ne peut être traitée par les logiciels d'analyse.

Il existe plusieurs types d'AMDEC, tels que: [3]

1. **PROJET:** S'applique lors de l'élaboration d'un projet.
2. **PRODUIT:** S'applique à un produit afin d'en optimiser la conception et améliorer la qualité et la fiabilité de celui-ci
3. **PROCÉDÉ :** S'applique à un procédé afin d'optimiser son efficacité, son contrôle de qualité.
4. **MACHINE:** S'applique sur un équipement ou une machine en exploitation. analyse de la conception et / ou de l'exploitation d'un moyen ou d'un équipement de production pour améliorer la sûreté de fonctionnement (sécurité, disponibilité, fiabilité, maintenabilité) de celui- ci
5. **SÉCURITÉ:** S'applique pour assurer la sécurité des opérateurs.
6. **ORGANISATION:** S'applique aux systèmes de gestion; stock, production, personnel, marketing, finance.

1.3.3. La démarche AMDEC [3]

La démarche de l'AMDEC se résume dans les étapes suivantes :

a) **Rassemblement de l'équipe de travail**

L'AMDEC est une méthode poly-disciplinaire c'est-à-dire elle nécessite l'intervention des agents expérimentés des différentes structures concernées par le processus de production de l'entreprise.

b) **L'analyse fonctionnelle**

L'analyse fonctionnelle est d'identifier d'une manière rigoureuse toutes les fonctions d'un produit, soit celles conçues pour la satisfaction des besoins et celles qui les composent soit celles qui le relie avec le milieu extérieur .Pour cela il faut d'abord définir les besoins et leurs fonctions ainsi qu'un organigramme résumant toutes les fonctions intervenantes (ce qu'on appel l'arbre fonctionnel)

c) **L'étude qualitative de la défaillance**

Cette étape consiste à identifier toutes les défaillances qui peuvent apparaitre, leurs causes, leurs modes et leurs effets en se basant sur l'analyse fonctionnelle. Cette étape est la plus importante de la méthode AMDEC du fait qu'elle permet de recenser toutes les lacunes et pouvoir les traités.

d) **Evaluation de la criticité des conséquences**

La criticité " C " est la sévérité des conséquences de la défaillance, c'est une analyse quantitative, et dépend des critères suivants :

$$C=G \times F \times D$$

- G : le degré de Gravité.
- F : la Fréquence d'apparition de la défaillance.
- D : la non détection de la défaillance.

e) **Les actions**

Sur la base du bilan des travaux, le groupe de travail décide des actes d'interventions à engager et lister les points critiques et de fournir les éléments permettant de définir et de lancer, par ordre de priorité, les actions correctives et recommandation telles que :

- L'amélioration de la fiabilité aux points sensible et renforcent par la redondance ou une technologie plus fiable du composant ou du sous-système.
- Une maintenance préventive systématique rigoureuse.
- Maintenance préventive conditionnelle et surveillance des points névralgiques
- commande prévisionnelle des pièces de sécurité en gestion de stock.
- Une recherche rationnelle de causes de défaillance.

Chapitre 02

POSTE DE DETENTE

GAZ

2.1. INTRODUCTION

Le gaz naturel provient de sources éloignées. Il faut donc l'acheminer jusqu'aux centres de consommation au moyen de canalisations qui doivent fonctionner sous des pressions élevées. Pour les mêmes raisons, et grâce précisément au fait que le gaz est disponible sous pression, sa distribution peut être assurée par des réseaux fonctionnant sous quelques bar (réseau Moyenne Pression B, MPB, 4 bar) et éventuellement sous des pressions plus élevées mais restant inférieures à celles utilisées pour le transport (MPC, 20 bar). Le gaz avant d'être livré à un abonné passe successivement dans des réseaux fonctionnant sous des pressions de plus en plus faibles, la diminution de la pression s'effectue par le moyen des postes de détente.

2.2 .DEFINITION

Le poste de détente est un matériel ayant pour fonction d'abaisser la pression du gaz distribué par un réseau général à des niveaux de pression utilisables par les différents types de clientèles : domestique, tertiaire, industriel. On distingue des postes de détente réseau et des postes de détente clients. [7]. Il existe trois types de postes actifs :

- Poste de prédétente (PPD) : 70/20 bars.
- Poste de détente (DP ou Client) : 70/4 bars.
- Poste de détente (DP ou Client) : 20/4 bars.

Les éléments à prendre en compte pour le choix d'un poste sont généralement :

- la nature du gaz distribué (gaz naturel – propane,...),
- les plages de pressions en amont et en aval,
- la nature du réseau ou du client alimenté,
- le débit à assurer (**100 - 250 – 500 – 1000 – 1600 - 2500 Nm³/h**),
- le degré de sécurité à assurer,
- l'emplacement du poste,
- les fonctions complémentaires.

2.3. FONCTION

Un poste de détente a pour principale fonction de fournir un certain volume de gaz à une pression réduite constante à partir d'un gaz à une pression supérieure variable. On distingue deux grands types de postes de détente sur le réseau de transport,

- *Les postes de pré-détente*
- *Les postes de livraison*

2.3.1 Poste pré-détente: [7]

Les postes de pré-détente assurent la séparation entre deux canalisations de transport de Pression Maximum en Service différente.

1°. La pré-détente technique

Il sert à étager la détente entre 2 réseaux de transport qui peuvent parfaitement avoir la même pression maximale de service. La mise en place d'une telle prédétente est un choix du transporteur afin, par exemple, de limiter les phénomènes de froid au niveau des postes de livraison situés en aval ou de limiter la pression dans un réseau traversant une zone urbaine. Une prédétente technique n'est pas forcément équipée de dispositifs de sécurité de la pression aval.

2°. La prédétente de sécurité

Il est placée entre le réseau principal et le réseau secondaire lorsque ce dernier a une pression maximale de service inférieure à celle du réseau principal. La prédétente de sécurité est une "installation imposée par la réglementation. Donc, elle est obligatoirement équipée de dispositifs de sécurité de la pression aval.

2.3.2 Poste livraison

Les postes de livraison assurent la connexion entre deux réseaux de Pression Maximum en Service différente. Ils sont situés à la sortie du réseau de transport et servent à alimenter les réseaux de distribution (MPB, MPC) ou les clients industriels raccordés directement sur le réseau de transport.

1°. Poste de livraison à une distribution publique (« DP »)

Il Alimente des réseaux de distribution publique (l'ensemble des consommateurs) et il fonctionne selon deux type de pression moyenne **pression B** (MPB, pression 4 bar) ou moyenne **pression C** (MPC, entre 4 et 20 bar).

2°. le poste de livraison à un client industriel

Il livre du gaz a une pression de livraison adaptée à l'usage du client (de 1,5 bar pour une chaufferie à 20 bar ou plus pour une turbine à gaz). Les débits peuvent être précisés par le client ainsi que leur croissance. Par contre, on peut rencontrer des variations brutales de débit pouvant aller du tout ou rien et souvent avec une capacité du réseau aval négligeable. Enfin, en France, le choix de l'équipement du poste (une seule ligne de détente ou deux lignes) peut dépendre en partie de l'attitude du client, puisque c'est lui qui le paie.

2.4. MODE DE RACCORDEMENT DU POSTE

2.4.1 Composants d'un poste de détente [7]

Les postes de détente sont constituées principalement d'appareils : robinets, régulateurs de pression ou de débit, dispositif de sécurité pression (soupapes, Vannes de Sécurité), d'appareil de mesure et de tuyauteries composées de tubes et de pièces de forme chaudronnées.

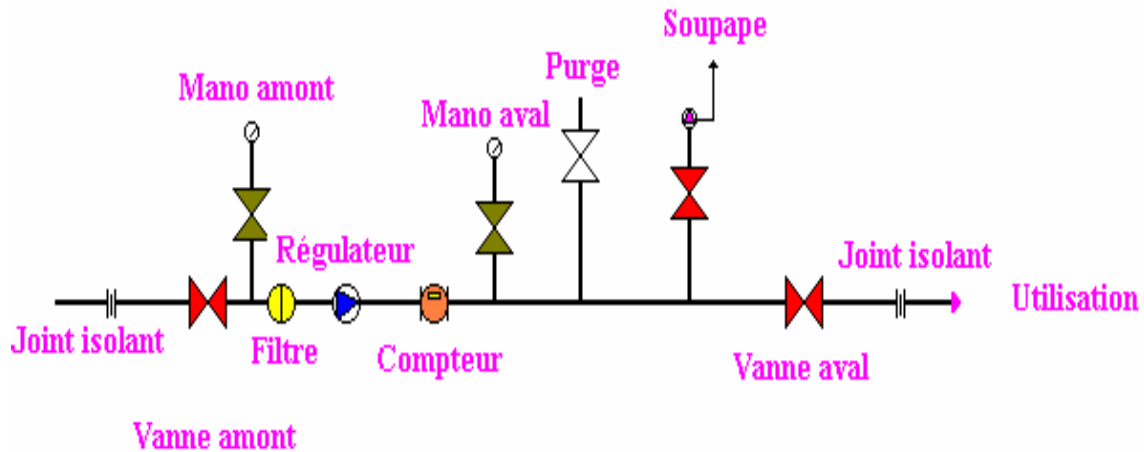


Fig 2.3: Composants d'un poste de détente [9]

La figure précédant schématise les principaux composants d'un poste de détente et leur implantation

2.4.2 Conception des postes de détente [7]

Un poste de détente remplit de nombreuses fonctions :

1°. La filtration du gaz

Les postes de détente sont équipés d'un filtre à cartouche (feutre ou papier par exemple), vertical ou horizontal, servant à retenir la poussière que pourrait transporter le gaz.

2°. La détente

L'abaissement de la pression est réalisée au moyen d'appareils appelés REGULATEURS ou DETENDEURS. C'est à dire maintenir constant la pression aval, mais qui peut aussi être la pression amont (déverseur) ou le débit (régulateur de débit). Partout où la continuité d'alimentation est nécessaire, le bloc de détente du poste comporte deux lignes indépendantes : une ligne principale assure l'alimentation en temps normal, une ligne auxiliaire assure l'alimentation en cas d'incident sur la ligne principale.

3°. La sécurité contre les surpressions

Cette fonction est imposée, afin d'éviter les risques de détérioration du réseau aval (lequel est généralement conçu pour une certaine gamme de pression, inférieure à celle du réseau amont) lors

d'incidents sur le bloc de détente, ou en cas de fausse manœuvre entraînant une élévation de pression. Pour assurer la sécurité contre les surpressions, on peut utiliser plusieurs techniques :

- **Ensemble de deux vannes de sécurité (V.S.)** : Une vanne de sécurité (VS), ou clapet de sécurité, est un organe qui se ferme automatiquement dès lors que la pression surveillée atteint une pression de consigne. La GRTG à adopter ce type de sécurité en installant une soupape sur ses postes « types », placées à l'aval des lignes de régulations et à l'amont de la rampe de comptage du poste. Dans tous les cas, l'ensemble du dispositif de sécurité de la pression aval (VS + soupape) doit être tel qu'un premier dispositif fonctionne à la PMS du réseau aval et que l'ensemble du dispositif ne permette pas que la pression aval dépasse les 120% de la PMS aval.
- **Montage Monitor avec vanne de sécurité**: Dans le cas où il n'est pas possible d'installer des soupapes, et pour un réseau non maillé, une solution est d'adopter un montage Monitor (l'association de deux détendeurs régulateurs montés en série) sur la ligne principale ou la ligne auxiliaire ou les deux.
- **Les débits**: Les tuyauteries d'entrée, y compris le robinet entrée poste ainsi que les tuyauteries de sortie, y compris le robinet sortie poste, sont dimensionnées pour assurer le débit correspondant au risque 2 % appliqué aux consommations prévues à l'échéance de 15 ans (cas des postes de livraison aux distributions publiques).
- **Implantation des postes**: Pour le transport, les postes de prédétente sont généralement installés en plein air et en dehors des zones urbanisées.

Les postes de livraison sont quant à eux installés dans les lieux de livraison pour les DP à proximité du site urbain à alimenter pour les postes Clients c'est à l'intérieur de l'unité industrielle ex : Centrale électrique, Cimenterie, Briqueterie etc. et ces postes doivent être clôturé et installé à l'air libre). Ainsi, pour un poste destiné à renforcer l'alimentation d'un réseau de distribution, on cherchera un emplacement dans la zone où les pressions aux heures de pointe apparaissent les plus insuffisantes.

3°. L'isolement du poste

Les postes de détente sont équipés, au moins en entrée et en sortie, de robinets de barrage permettant l'arrêt du transit de gaz dans le poste (pour la maintenance des ensembles de régulation, les essais de fonctionnement des appareils...). De plus, sur les canalisations amont et aval reliées au poste, des robinets d'isolement ("sectionnements ou robinets d'arrêt amont et aval") sont installés à une certaine distance de la clôture du poste. Ils permettent l'isolement du poste en cas d'anomalie grave ne permettant pas l'accès au poste (incendie du poste).

4°. Le by-pass

La conception des postes à SONELGAZ, GRTG, est telle qu'en cas d'incident ou d'opération rendant le bloc de détente inopérant, on peut toujours assurer manuellement l'alimentation en gaz au moyen d'un circuit de bipasse équipé d'un robinet de laminage manuel.

5°. Le comptage

Si le poste de détente est un poste de livraison, il est généralement équipé d'un système de comptage qui permet d'établir la facturation. Le comptage est généralement assuré par un compteur de volume associé à un dispositif de conversion en température (T), pression/température (PT) ou pression/température/facteur de compressibilité (PTZ).

6°. Le froid

La détente du gaz naturel entraîne un abaissement de la température du gaz suivant la formule

suivante :

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \text{ LOI DE GAY-LUSSAC}$$

P_1, T_1 pression et température en aval

P_2, T_2 pression et température en amont

Les problèmes qui peuvent se poser si la température diminue sont les suivants :

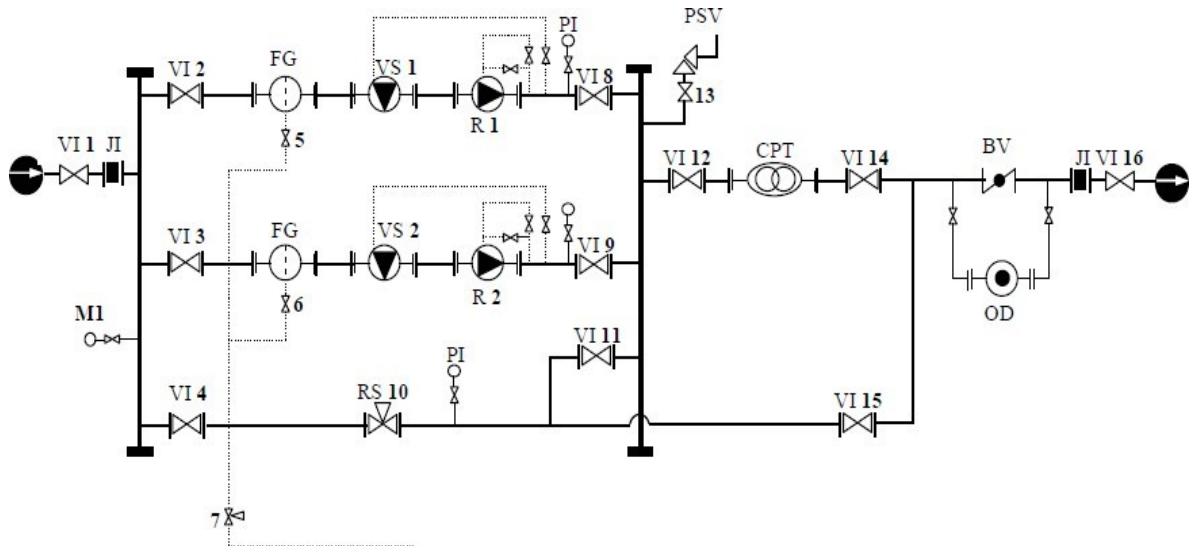
- fragilisation du matériau de la canalisation aval
- gel des sols (soulèvement de route, etc.)
- gel des conduites avoisinantes, en particulier les canalisations d'eau.
- formation de glace ou d'hydrates dans le gaz
- formation de glace à l'extérieur (autour des certains organes vannes de sécurité, compteur, robinet).

Les solutions adoptées pour ces problèmes :

- la mise en place en amont du poste de livraison (plusieurs kilomètres) d'un poste de prédétente .
- l'installation d'un réchauffeur de gaz en amont de la détente.
- l'installation d'un réchauffeur de gaz pilote,
- la mise en place de bandes chauffante,
- l'installation d'un dispositif de déshydratation du gaz à l'amont du circuit (pots de méthanol ou isopropanol).

7°. Systèmes de sécurité de pression

En cas de défaillance du système de détente-régulation de la pression, le système de sécurité de pression doit fonctionner automatiquement pour empêcher que la pression dans le réseau aval ne dépasse les niveaux autorisés. La mise à l'atmosphère du gaz il est donc recommandé de limiter les quantités de gaz mises à l'atmosphère.



LEGENDE

VI : Vanne d'isolement
 JI : Joint Isolant
 FG : Filtre à Gaz
 VS : Vanne de Sécurité
 R : Régulateur-Détendeur

PI : Manomètre Indicateur
 RS : Robinet à Soupape
 PSV : Soupape de Sûreté
 CPT : Compteur
 BV : Vanne à papillon

OD : Odoriseur

Fig 2.4: Schéma d'un poste de détente à deux lignes [9]

2.5 .MODES D'INSTALLATION [7]

Les postes de détente sont montés sur châssis et placés :

- en plein air : protégé par une toiture et entouré par un grillage ou à l'air libre.
- en armoire : Emplacement tel que l'ensemble des organes du poste soit installé dans une armoire métallique.
- en local approprié : Les orifices de ventilation permanente du local doivent avoir une surface libre totale égale ou supérieure à 5 % de la surface couverte du local.

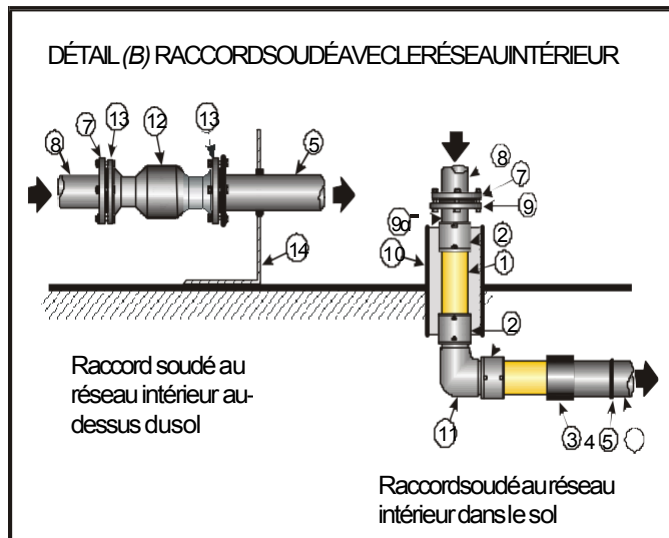
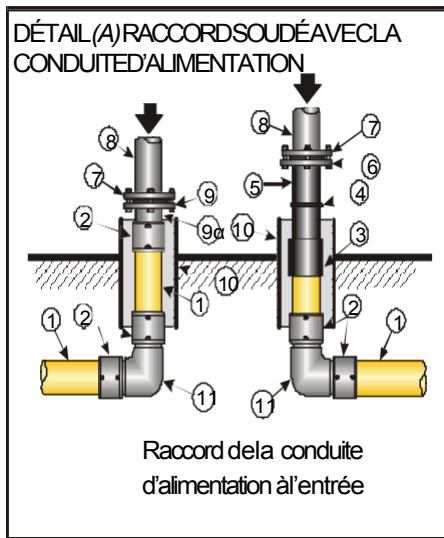
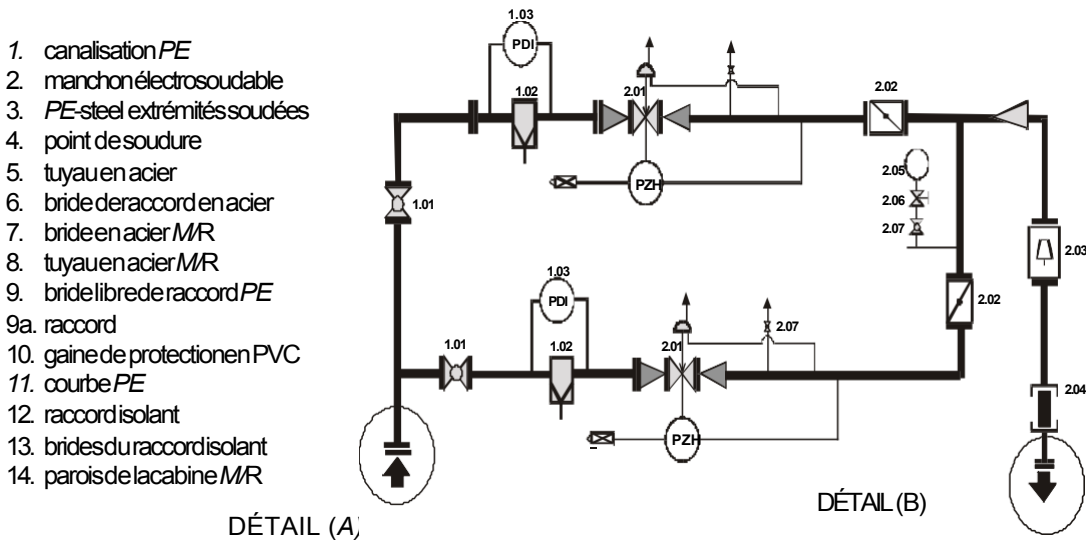


Fig 2.5: schéma descriptif du mode de Raccordement d'un poste de détente en plein air [9]

2.6 MAINTENANCE DES POSTES DE DÉTENTE [7]

2.6.1 Inspections

Généralement, il convient d'effectuer une inspection visuelle des postes et de leurs organes constitutifs selon des fréquences hebdomadaires à mensuelles. Durant ces inspections, il s'agit en particulier de s'assurer :

- de l'absence de fuite,
- du bon fonctionnement de l'appareil de détente principal,
- de la position ouverte des clapets de sécurité,
- du bon fonctionnement des appareils de mesure, notamment des diagrammes d'enregistrement de pression ou du dispositif de comptage ...
- de l'état du génie civil, clôture, portail...

2.6.2. Essais de fonctionnement

Il s'agit de vérifier le fonctionnement de l'ensemble des principaux appareils constitutifs du poste de détente, en particulier :

- le point de consigne du régulateur principal et son étanchéité à débit nul,
- le fonctionnement du régulateur de secours (démarrage, point de consigne),
- le fonctionnement du (des) clapet(s) de sécurité (test de fermeture, point de consigne),
- le fonctionnement de la (ou des) soupape(s) (ouverture, point de consigne, étanchéité). Un essai d'ouverture complète peut être recommandé 1 fois par an,
- la manœuvre des robinets principaux (entrée, sortie...), graissage éventuel (cette manœuvre est généralement obligatoire pour les essais de fonctionnement des appareils).

La fréquence de réalisation de ces opérations à SONELGAZ, GRTG varie entre 3 fois et 4 fois par an. Ces fréquences doivent être adaptées en fonction des conditions locales : postes nouvellement mis en service, réseau amont chargé de poussière ou transportant du gaz humide, poste sensible (client industriel non interruptible...).

2.6.3 Révision

La révision consiste en un démontage complet d'un appareil dans un but préventif (changement de certaines pièces d'usure ou pièces sensibles afin d'éviter une anomalie) ou dans le cadre d'une intervention corrective suite à découverte d'une anomalie (incident ou anomalie constatée lors des essais de fonctionnement). Pour ce qui est des fréquences à appliquer, elles varient entre « interventions correctives » et révision systématique (régulateurs, VS, soupapes). Toute révision doit être suivie d'un essai de fonctionnement. Cas des filtres : les fréquences de purge, de nettoyage et de changement des éléments filtrants varient suivant la position et le type d'appareil, la nature et la composition du gaz, les changements de régime d'exploitation. Il est recommandé de manœuvrer la culasse de filtre et de vérifier l'état de la cartouche de filtrage au moins une fois par an.

2.6.4 Enregistrement des actes de maintenance

Toute visite ou intervention effectuée sur le poste doit être consignée sur un support qui peut être soit du type « carnet de poste » soit de type informatique (logiciel de suivi des actes de maintenance).

2.6.5 L'intervention

L'intervention est un acte de maintenance répétitif qui se déroule selon les étapes suivantes :

1. l'alerte, 2. la reconnaissance, 3. la mise en sécurité, 4. la réparation en urgence.

2.7 DISPOSITIFS DE SECURITE [8]

2.7.1 Vannes de sécurité

Les vannes de sécurité ou clapets de sécurité montés en amont du régulateur constituent le premier appareillage de sécurité pour le poste. Leur rôle est d'interrompre instantanément l'écoulement du gaz par un pilote qui commande la fermeture de la vanne aussitôt que la pression détendue dans la ligne, en aval du régulateur, dépasse la valeur de consigne. La réouverture de cette vanne ne peut s'effectuer que manuellement, et pour cela, elle doit être munie, d'un système d'équilibrage de pressions pour le réarmement.

2.7.2 Soupapes de sécurité

Les soupapes de sûreté installées à l'aval des lignes de régulation, constituent le deuxième appareil de sécurité pour le poste. Leur fonction est d'évacuer à l'atmosphère les surpressions en cas de défaillances des régulateurs. Elles doivent être de type pilote.

2.7.3 Vannes Ooléopneumatiques (line break)

Ces vannes sont munies d'un opérateur oléopneumatique avec fermeture par gradient de chute de pression (Line break) de 1 à 3 bar/min. Elles permettent d'isoler un ouvrage gaz ou un tronçon d'un autre et sont généralement installées à l'amont des postes de prélèvement, des interconnexions d'ouvrages et au niveau des postes.

2.7.4 Torches et événements

La torche permet d'évacuer, dans les conditions de sécurité voulues, le gaz à l'atmosphère. Elle doit être placée en un endroit suffisamment éloigné des lignes et dépasser d'au moins un (01) mètre le point le plus élevé du poste. Elle doit déboucher à une distance comprise entre 10 et 15 mètres de toute source d'allumage, de fils électriques nus ou d'ouverture dans les bâtiments voisins. L'événement doit être autant que possible protégé par un système adéquat. L'orifice d'évacuation doit être suffisamment dimensionné (1/3 du diamètre de la canalisation, en général) pour permettre la vidange rapide des tronçons en cas de nécessité. Les purges des filtres et des lignes de régulation doivent être reliées au collecteur de la torche.

2.8 LA SURVEILLANCE DES POSTES DE DETENTE [8]

Les postes de détente sont contrôlés à travers la vérification de :

- l'état d'encrassement des filtres,
- Les réglages et le bon fonctionnement des vannes de sécurité,
- Le bon fonctionnement de la soupape de sécurité si elle existe,

- Le repérage, l'accessibilité et la manoeuvrabilité de l'organe de coupure d'entrée, les installations électriques.

Il est également précisé que le gestionnaire du réseau doit planifier la visite des postes de détente de réseau selon leurs caractéristiques (emplacement sur le réseau et dans l'environnement et qualités reconnues du matériel en place).

2.9 RECOMMANDATIONS DE SECURITE [9]

Les dispositions de sécurité dans un poste gaz sont les suivantes :

- Port d'un masque respiratoire dans les lieux où existent des risques d'émanations nocives (chambre à vanne, lieux de manipulation du THT, ...),
- Connaître la signification précise des symboles de signalisation utilisés,
- Veiller à la sécurité de l'individu et à celle de ses collègues,
- Seuls les agents habilités peuvent intervenir dans un poste,
- Prendre, en cas de situation dangereuse, les mesures urgentes.
- Utiliser les équipements individuels et collectifs réglementaires de sécurité,
- Porter les gants de travail (gants en plastique pour la manipulation du THT),
- Se munir d'extincteurs, lors de toute intervention dans un poste gaz,
- Avant toute intervention, contrôler l'atmosphère environnante à l'aide d'un appareil de détection approprié.
- Utiliser de l'outillage anti-étincelant (au bronze - béryllium),
- Travailler dans les limites de la zone de travail et en limiter l'accès,
- Ne pas ouvrir un appareil sous pression si la décompression n'est pas totale,
- Toujours vérifier la classe de pression des appareils, tubes et accessoires avant installation,

2.10 PROTECTION CONTRE INCENDIE[8]

Les postes doivent être équipés d'extincteurs disposés sous abri dans un coin accessible. Les produits inflammables nécessaires à l'exploitation ou à la maintenance des postes (THT, méthanol) doivent être stockés sous abri spécialement réservé à cet usage en quantité limitée.

2.11 ODORISATION [8]

L'accumulation de gaz dans les locaux fermés présente un danger d'explosion dans le cas où la limite inférieure d'explosivité (qui se situe aux environs de 5% de gaz dans l'air) est atteinte. Pour éviter ce danger potentiel, on donne au gaz une odeur caractéristique permettant à un individu de détecter l'intensité d'alerte, définie comme étant le 1/5 de la limite inférieure d'explosivité.

Cette intensité est obtenue avec un taux de 15 à 20 mg de THT(Tétrahydrothiophène) de formule moléculaire **C₄H₈S**, par Nm³ /h qui correspond d un degré olfactif de 2 (échelle de mesure :1à 5). En l'absence d'un système centralisé d'odorisation du gaz à partir des points de prélèvement ou des noeuds de desserte importants, les postes de distribution publique doivent être pourvus d'odoriseurs choisis en fonction du débit horaire.

2.12 DISTANCES DE SECURITE [8]

2.12.1 Aménagement de l'emplacement

L'aménagement de l'emplacement doit permettre un accès facile aux montages, démontages, manoeuvres et opérations d'entretien des différents éléments du poste. De même, il doit permettre au personnel de se dégager rapidement en cas de nécessité. A cet effet, les passages entre appareils voisins doivent avoir au moins 50 cm de largeur.

2.12.2 Zones de sécurité

Autour des installations des postes gaz, la Commission Electrotechnique Internationale (C.E.I) a définie des zones de danger selon la probabilité de formation d'un mélange explosif. On distingue deux (02) types de zones:

Zone 1:

Dans laquelle la formation d'atmosphère explosive peut survenir en fonctionnement normal de l'installation et elle est appelée zone dangereuse. Elle comprend :

- Les contours de certains appareils (ex.: proximité des garnitures d'étanchéité non étanches, des orifices de décharges, événements, etc...).
- Les emplacements ou les locaux à danger d'explosion.
- Les endroits proches des locaux au droit de leurs ouvertures et non ventilés efficacement.

Zone 2:

Dans laquelle la formation d'atmosphère explosive est assez exceptionnelle et elle est appelée zone non dangereuse. Elle comprend les endroits adjacents à la zone 1, autour de mise a l'atmosphère de soupapes de sûreté (ex.: proximité des événements de soupapes de sûreté). En règle générale, la distance minimale à adopter entre toute tuyauterie et appareil, et la clôture, est de 05 mètres.

2.13 DISTANCES DE SECURITE [8]

Le poste doit être suffisamment éloigné des autres constructions, voies publiques (autoroute, route nationale, route départementale) et voies ferrées. Dans tous les cas, il doit être placé de telle sorte que les émanations de gaz ne puissent en aucun cas atteindre les constructions voisines.

10.1. Distances entre les postes et les voies publiques et voies ferrées

La distance minimale exigée entre les postes et les bornes des voies publiques (autoroutes, route nationale, route départementale) et bornes d'emprises d'une voie ferrée est de 05 mètres.

10.2. Distances entre les postes et les diverses constructions voisines

Les distances minimales à respecter entre la clôture extérieure des postes et toute construction sont:

- 10 mètres lorsqu'il s'agit d'un établissement recevant du publique (hôpital, école, etc...)
- 05 mètres lorsqu'il s'agit d'un immeuble habité ou non.

10.3 - Distances entre les postes et les lignes électriques aériennes HT

La distance exigée entre les postes et la projection verticale d'une ligne électrique aérienne de transport d'énergie est d'au moins 30 m, et dans tous cas supérieure à 1,5 fois la hauteur des pylônes.

2.14 CONCLUSION :

Les postes de détente sont des dispositifs indispensables pour le transport et la distribution du gaz naturel, d'où la nécessité de le entretenir et d'adopter la meilleure méthode de maintenance

Chapitre 03

APPLICATION

3.1. INTRODUCTION

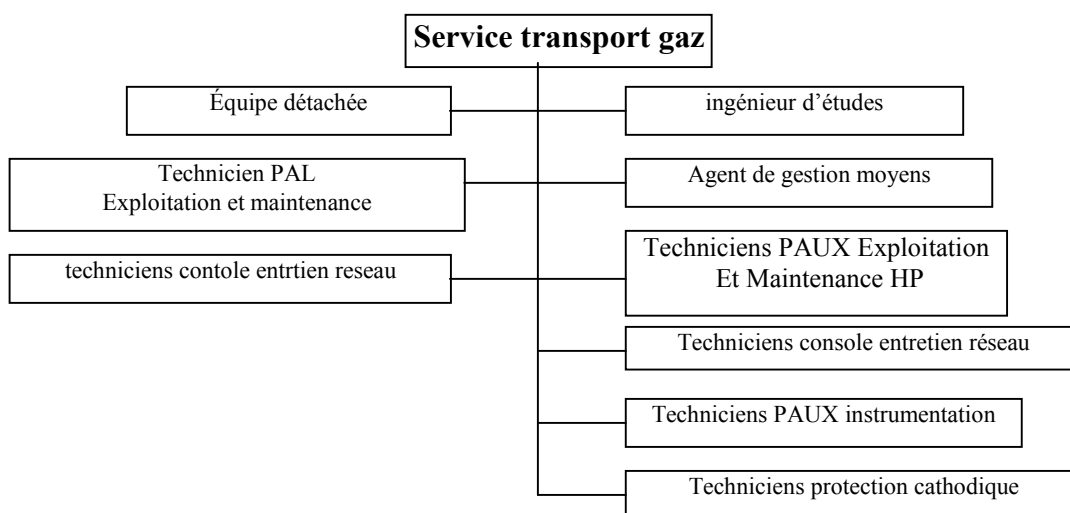
L'apparition des lacunes est éventuelle dans n'importe quel dispositif industriel, l'adoption d'une bonne méthode de maintenance engendrera un gain significatif.

3.2. PRESENTATION DE L'ENTREPRISE [10]

La GRTG « **Société Algérienne de Gestion du Réseau de Transport du Gaz** » est le gestionnaire du réseau de transport du gaz sur le marché national. Créée en 2004, assure un approvisionnement en gaz sur l'ensemble du territoire national, dans les meilleures conditions de sécurité, de qualité, de prix et de respect des règles techniques et de l'environnement.

Cette société qui compte plus de 1 357 collaborateurs a pour mission:

- La maintenance et du développement du réseau de transport du gaz,
- Gérer le système, pour assurer l'équilibrage du système gazier à court, moyen et long terme.
- Gérer les relations avec les acteurs du marché, pour assurer les opérations commerciales et les relations institutionnelles.
- Opérer les fonctions d'entreprise, pour pouvoir fonctionner en entité juridiquement autonome.
- Exécuter les décisions des pouvoirs publics relatives à la garantie de l'alimentation en gaz.
- Il s'agit de l'obligation de service public et la neutralité et la transparence dans l'accès des tiers au réseau de transport du gaz.
- réparation du réseau de transport du GRTG agressé suite au non respect des consignes de sécurité lors de l'exécution de travaux à proximité de ces canalisations. Ceci constitue un réel danger pour la sécurité des personnes et des biens.



La figure 3.1 présente la structure organisationnelle de la GRTG.[6]

3.3. APPRECIATION DES RISQUES

3.3.1. Analyse du risque

L'analyse du risque est l'utilisation des informations disponibles pour identifier les phénomènes dangereux et estimer le risque en identifiant les sources de danger et les situations associées qui peuvent conduire à des dommages sur les personnes, l'environnement ou les biens.

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 les hiérarchiser et de pouvoir les comparer ultérieurement à un niveau de risque jugé acceptable.

3.3.2. Les étapes d'analyse des risques

Pour améliorer l'efficacité et l'objectivité d'une analyse de risques ainsi que pour faciliter la comparaison avec d'autres analyses de risque, il est souhaitable de suivre un certain nombre de règles générales. Il est également souhaitable d'effectuer le processus d'analyse de risque conformément à une séquence définie d'étapes.

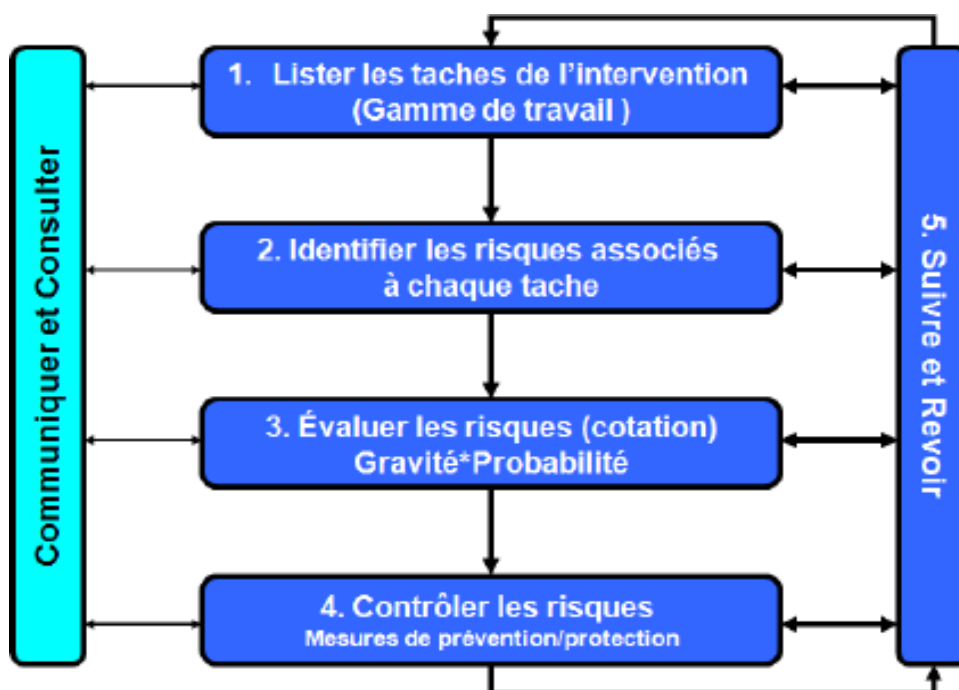


Fig 3.1: Les étapes d'analyse du risque[7]

Le processus détaillé d'appréciation des risques est composé de 12 étapes distinctes :

1. Définir les objectifs et la portée de l'étude	7. Identifier les risques liés aux activités
2. Choisir la méthode d'analyse la plus appropriée	8. Evaluer les risques
3. Constituer une équipe d'analyse multidisciplinaire	9. évaluer l'acceptabilité des risques
4. Récolter et préparer l'information requise	10. Maitrise des risques (plan d'action)
5. Définir les critères d'analyse	11. Documenter l'analyse
6. Identifier les activités	12. Mettre en œuvre les recommandations

3.3.3. Principales familles de risques

Les principales familles de risques qui sont à l'origine des accidents de travail et des maladies professionnelles sont:

1. Risques Explosions
2. Risques Incendie
3. Risques Mécaniques
4. Risques Electriques
5. Risques ambiances chimiques (Produits, Gaz, Fumées,Poussières)
6. Risques ambiances physiques (Bruits, chaleur, éclairage, vibrations, rayonnements
7. Manutentions manuelles
8. Manutentions mécaniques
9. Organisation du travail (Co-activité, horaires ...)
10. Activité physique (Postures, pénibilité)

3.3.4. Phénomènes dangereux

- Incendie
- L'explosion (déflagration ou détonation) du mélange air-gaz,
- l'asphyxie par manque d'oxygène,
- l'intoxication par les produits de combustion (oxyde de carbone).
- Libération soudaine d'énergie accumulée (pression, dépression)
- Rupture ou défaillance d'un organe mécanique
- Éjection d'une pièce ou d'un fragment d'outil...

3.3.5. Classification des risques

On distingue plusieurs classifications des risques. l'analyse des risques permet de classer les risques en deux catégories : les risques naturels et les risques liés à l'activité humaine.

- Les risques naturels dans le sens où ils ont trait à un événement sans cause humaine directe.
- Les risques liés à l'activité humaine : recouvrent un ensemble de catégories de risques divers :
 - les risques techniques, technologiques, industriels ;
 - les risques écologique ;
 - les risques liés aux transports ;
 - les risques sanitaires ;
 - les risques économiques, financiers, managériaux ;
 - les risques professionnels.

3.3.6. Limites d'inflammabilité ou d'explosivité :

En mélange avec l'air, le gaz est inflammable dans les limites d'une plage de concentration bien déterminée.

Trois zones caractérisent l'évolution en % du mélange air/gaz dans le schéma suivant :

- **Zone 1** : la teneur en gaz est insuffisante pour être dangereuse (mélange pauvre en gaz).
- **Zone 2**: ce mélange est explosif ou inflammable.
- **Zone 3**: la combustion est impossible par manque d'oxygène (mélange riche en gaz).

Donc, **Tout mélange air-gaz (fuite) est dangereux.**

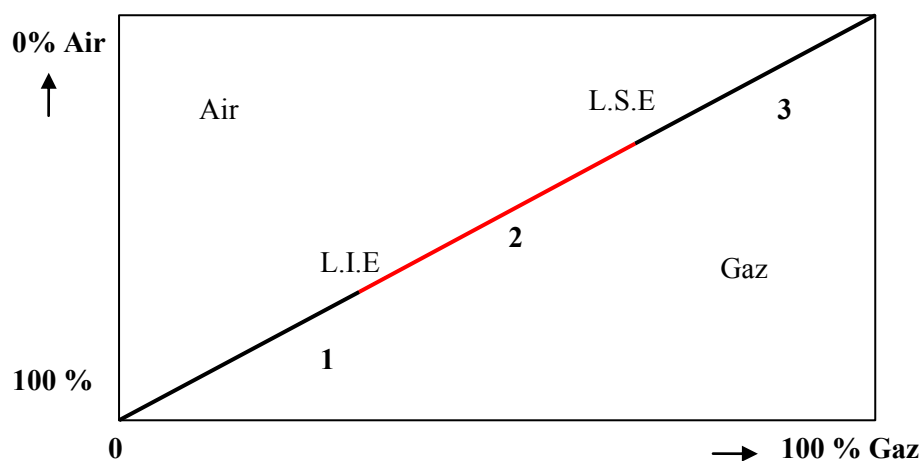


Fig 3.1: Limites d'inflammabilité du gaz naturel [9]

Remarque : Les limites explosives sont comprises entre les limites d'inflammabilité mais dans une fourchette plus réduite. On constate qu'avec une fuite importante de gaz, une trop faible aération est dangereuse car elle maintient plus longtemps le risque d'explosivité (**Tableau 3.1**)

Tab 3.1: Caractéristiques d'inflammabilité du gaz naturel [5]

Etat de la substance, à la pression atmosphérique et à la température ambiante	Gazeux (incolore et inodore)
Point d'éclair	non applicable, car la substance est gazeuse
Température d'auto-inflammation	538°C
Limite inférieure d'inflammabilité	4,9% à 25 °C
Limite supérieure d'inflammabilité	14,9% à 25 °C
Température d'ébullition	-161 °C
Pression de vapeur	4600 kPa
Densité de vapeur	0,578

3.4. GESTION DU RISQUE

La gestion des risques est une opération commune à tout type d'activité. Les objectifs visés peuvent concerner par exemple :

- le gain de rentabilité et de productivité ;
- la gestion des coûts et des délais ;
- la qualité d'un produit...

La gestion du risque est définie comme l'ensemble des activités déduites à réduire le risque à un niveau jugé tolérable ou acceptable. Cette définition, cohérente avec les concepts présentés dans les guides [ISO/CEI 51] et 73 [ISO 99], s'appuie, ainsi, sur un critère d'acceptabilité du risque.

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

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

Les risques dus au gaz

La distribution et l'utilisation de gaz naturel, peuvent présenter des risques tel que :

- Des explosion du mélange air-gaz,
- Des incendie
- Des inflammations.
- Asphyxie par manque d'oxygène,
- Intoxication par les produits de combustion (CO₂).
- Emission des gaz à effet de serre
- La pollution due au gaz (surtout les composant lourd tel que propane C₃H₈ et/ou le butane C₄H₁₀)
- Des pollutions acoustiques (au voisinage de postes de détente),
- Contamination du voisinage (présence des fuites) ,

3.5. APPAREILS DE DETECTION DES GAZ :**3.5.1. Les différents types d'appareils de détection :**

Il en existe plusieurs types, reposant sur différents principes et dont utilisations est spécifiques selon les caractéristiques.

3.5.1.1. L'explosimètre:

Basé sur le principe de la combustion sur filament, il prend en compte tout gaz combustible (non spécifique à un gaz). Il est utilisé pour mesurer des concentrations inférieures à la L.I.E (indication en pourcentage de la L.I.E). Il doit être étalonné sur l'un des gaz en présence desquels la réponse de l'appareil est parmi les plus faibles (déviation minimale). Ceci conduit généralement à retenir l'hexane ou le pentane comme gaz d'étalonnage. Et doit être équipé d'un dispositif permettant de lever le doute en cas d'utilisation en atmosphère à forte teneur en gaz.



Fig 3.2: Explosimètre

3.5.1.2. Le Catharomètre :

Basé sur le principe de la conductibilité thermique, il réagit, à la présence d'un gaz. Sa sensibilité est plus faible que l'explosimètre et peut être utilisé pour des concentrations allant jusqu'à 100 % de gaz (indication en % de gaz).



Fig 3.2: Catharomètre

3.5.1.3. L'appareil à ionisation de flamme :

Il repose sur le principe de la conductibilité électrique engendrée au sein d'une flamme par un mélange gazeux. Il détecte tous les hydrocarbures et il est particulièrement sensible.



Fig 3.3: Appareil à ionisation de flamme

3.5.1.4. L'appareil à réactif colorimétrique :

Basé sur le principe de changement de coloration de certains réactifs au contact des gaz. Ils sont surtout utilisés pour détecter la présence d'oxyde de carbone.

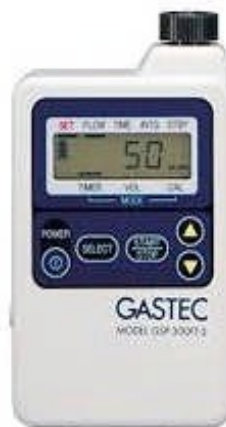


Fig 3.4: Appareil à réactif colorimétrique

3.5.1.5. Utilisation en exploitation des détecteurs portatifs :

Ils sont spécifiques à chaque type d'appareils.

- contrôle de la toxicité d'une atmosphère : Les appareils à réactifs colorimétriques conviennent spécialement à cet usage.
- contrôle de l'explosivité d'une atmosphère au moyen de d'explosimètre.
- recherche de fuite et détection au moyen de l'AIF.
- Recherche de fuite en localisation : au moyen d'explosimètre-atharomètre.

3.5.2. Evaluation du risque

3.5.2.1. Probabilité d'occurrence (P)

Il s'agit de la fréquence d'accès à la zone dangereuse, et du temps passé dans cette zone, Elle est donnée par la relation suivante :

$$P = F \times E$$

F : Fréquence,

E : Taux d'exposition

Tab 3.2: Probabilité d'occurrence du risque

Taux d'exposition	Durée	Fréquence
1-Faible	[5 - 20]min	Rarement fréquent: l'accès a la zone dangereuse peut se produire 1 fois par an ou moins d'une fois
2-Moyen	[1h - 2h]	Peu Fréquent : l'accès a la zone dangereuse peut se produire 1 ou 2 fois par mois
3-Elevé	[4h-6h]	Fréquent : l'accès a la zone dangereuse peut se produire Plusieurs 1 ou 2 fois par semaine
4-Très élevé	Plus de 6h	Très fréquent: l'accès a la zone dangereuse est chaque jour

La matrice de calcul de la probabilité d'occurrence peut donc s'écrire comme.

Tab 3.3: Matrice de calcul de la probabilité d'occurrence.

		Taux d'exposition				
		*	1	2	3	4
Fréquence	1	1	2	3	4	
	2	2	4	6	8	
	3	3	6	9	12	
	4	4	8	12	16	

3.5.2.2. Gravité de dommage corporel (G)

Tab 3.4: Gravité de dommage corporel (G)

N°	GRAVITE
1	Faible : accident de travail sans arrêts de travail
2	Moyenne : accident de travail ou maladie avec arrêts de travail ou hospitalisation
3	Grave : accident de travail ou maladie professionnel avec poste aménagé ou IPP
4	Très grave : accident de travail ou maladie professionnel mortelle

3.5.2.3. Niveau de protection (N)

Il s'agit de déterminer le niveau de protection :

Tab 3.5: Niveau de protection (N)	
N°	Niveau de protection
1	Danger subsiste : aucune mesure de control ou bien mesure de control non adapté
2	Protection individuelle: des mesures on été prises pour protégé L'individu (EPI)
3	Protection collective : des mesures de contrôles d'ingénieries, modes opératoires, ou mesures administratives
4	Prévention intrinsèque : des mesures d'éliminations, substitutions, ou bien d'isolation

3.5.2.4. Risque initial

Il s'agit de niveau de risque calculé sans prendre en considération le niveau de protection existant

$$Ri = F \times D \times G$$

- *Ri* : Risque initial
- *F* : la fréquence d'apparition.
- *D* : Fréquence de non-détection de la défaillance
- *G* : Gravité des effets de la défaillance

Tab 3.6: Matrice d'évaluation de risque initial											
		Probabilité d'occurrence									
		*	1	2	3	4	6	8	9	12	16
gravité	1	1	2	3	4	6	8	9	12	16	
	2	2	4	6	8	12	16	18	24	32	
	3	3	6	9	12	18	24	27	36	48	
	4	4	8	12	16	24	32	36	48	64	

N.B : les couleurs utilisées dans le tableau concrétisent le degré du risque détecté,

Tab 3.7: signification des couleurs de la matrice du risque initial	
Rouge	risque très important
Jaune	risque moyen
vert	risque tolérable

3.5.2.5. Matrice d'évaluation des risques réels :

Il s'agit de niveau de risque calculé on incluant le niveau de protection observé

$$Rr = \frac{P \times G}{N}$$

G : Gravité de dommage corporel

N : Niveau de protection

P : Probabilité d'occurrence

Risque réel																
	1	2	3	4	6	8	9	12	16	18	24	27	32	36	48	64
1	1	2	3	4	6	8	9	12	16	18	24	27	32	36	48	64
2	0.5	1	1.2	2	3	4	4.5	6	8	9	12	13.5	16	18	24	32
3	0.3	0.6	1	1.3	2	2.6	3	4	5.3	6	8	9	10.6	12	16	21.3
4	0.2	0.5	0.6	1	1.5	2	2.2	3	4	4.5	6	6.75	8	9	12	16

Rouge	risque très important
Jaune	risque moyen
Vert	risque tolérable
Violet	Risque faible

N.B :

3.5.2.6. La cotation totale du risque réel :

Rr < 1	Risque négligeable / presque zéro
1 < Rr ≤ 8	Risque acceptable / on peut travailler avec
8 < Rr ≤ 16	Risque moyen / risque significatif qui demande une Amélioration
Rr > 16	Risque inacceptable / arrêts de travail immédiat avec plan d'action

3.6. ETUDE DE CAS :

3.6.1 le poste de détente

Pour illustrer les connaissances théoriques nous avons choisi d'étudier les risques exposés au poste de détente et d'essayer de trouver les dispositifs de prévention adéquats.



Fig 3.5: Poste De Détente (maquette)

6.1. Analyse du risque

L'application de l'analyse du risque nous conduit à résumer le tableau suivant :

Activité	Famille de risque	Phénomène Dangereux	Situation Dangereuse	Evénement Dangereux
Poste de détente	risque thermiques	Présence de flamme ou explosion	Combustion du mélange air-gaz	-l'asphyxie par manque d'oxygène, -l'intoxication par les produits de combustion (CO ₂ ...) - Inflammation / explosion
		Objets ou matériaux à des températures extrêmes (hautes ou basses)	-Travailleur à proximité d'objets ou de matériaux à des températures extrêmes ou des flammes -Exposition à un environnement de travail chaud ou froid	Libération soudaine d'énergie accumulée (ressort, pression, dépression)

	Risque lié aux Matériaux et des substances	Substances combustibles, inflammables ou explosives	Contact avec / inhalation ou ingestion de / agents chimiques, fluides, gaz, brouillards, fumées, et poussières traités, utilisés, ou produits par l'activité	présence de débris.
--	---	---	--	---------------------

Tab 3.11: Désignation du risque

Le risque le plus fréquent est celui de l'explosion et/ou de l'inflammation, vu les dégâts que peut-il engendrer. C'est pour cela qu'on a choisi l'évaluation du risque thermique et plus précisément le phénomène dangereux : Présence de flamme ou explosion dont la situation dangereuse se présente comme l'asphyxie et la présence de fumée et/ou de débris.

6.2.Fiche d'évaluation des risques dus au gaz naturel :

Ensemble : poste de détente		Sous-ensemble :		Pièce :						
Risque		Sources de danger	Risques Associés	Mesures de control existante	Criticité					
					P		G	N	Ri	Rr
					F	E				
Accès à une zone dangereuse engendrée par une explosion	Formes dangereuse	présence d'un incendie et de fumée	- l'asphyxie -l'intoxication -Choc -environnement de travail très chaud	Fermeture des vannes de sécurité .	4	4	3	4	48	12
Accès à une zone dangereuse engendrée par l'éjection de matériaux et de substances	Formes dangereuse	présence de débris et de pièces métallique	-Choc - présence de pièces métallique - poussière et produits chimiques	S'éloigner du poste	2	2	2	2	8	2

Tab 3.12: Fiche d'évaluation des risques

Le résultat obtenu dans l'étude du cas résumé dans la Fiche d'évaluation des risques, on constate que risque réel thermiques $R_r = 12$ c'est-à-dire $8 < R_r < 16$ D'après le Tab 4.13 : Matrice d'évaluation des risques réel on se situe dans la zone Risque moyen ou risque significatif qui demande une Amélioration. Par contre le risque réel lié aux Matériaux et aux substances est évalué à $R_r = 2$ est considéré comme acceptable qu'on peut travailler avec.

7. CONCLUSION

Les risques liés au poste de détente sont significatifs dont l'obligation de prendre ses précautions. Pour cela on peut prendre les dispositions suivantes :

- limiter le risque de dégagement de gaz (fuites) en veillant à la qualité de la réalisation des ouvrages (matériaux, assemblages, qualification du personnel, etc...) .
- retarder ou empêcher la formation des mélanges explosifs en ventilant les locaux),
- détecter la présence de gaz avant que celui-ci ne représente un danger (odorisation, recherche systématique des fuites),
- proscrire toute source de gaz avant que celui-ci ne représente un danger (odorisation, recherche systématique des fuites),
- proscrire toute source d'inflammation du mélange air- gaz. Ceci implique notamment de n'utiliser, en zone explosible, que du matériel dit de sécurité.
- Arrêt d'urgence (clapet de sécurité)
- Respect des vérifications périodiques et maintien en conformité des équipements de travail
- Emploi de personnel stable, formé
- Rythme de travail permettant le respect des temps de sécurité
- Elaboration et affichage des procédures en cas d'accident
- Matériel de premiers secours présent, adapté, contrôlé

CONCLUSION GÉNÉRALE

Au terme de ce mémoire, qui synthétise le projet de fin d'études de notre cursus universitaire au sein du département de génie mécanique de la faculté des sciences appliquées de l'université de Tiaret, le fait de traiter une problématique issue du milieu professionnel et industriel nous a donné l'occasion d'acquérir et de renforcer nos connaissances sur les réalités économiques et techniques du pays. En outre, le thème traité par notre projet de fin d'études nous a facilités en tant qu'étudiant l'intégration progressive dans notre future cadre de travail

On peut dire et juger que les objectifs fixés et tracés dans notre plan de travail ont été atteints étant donné qu'on n'a pu obtenir des résultats grâce aux grilles des cotations qui ont servi dans AMDEC sécurité afin de dégager les différents niveaux de risques (faible, moyen élevé), pouvant exister dans l'environnement d'un poste de détente gaz de l'entreprise GRTG.

En ce qui concerne les résultats obtenus, deux familles de risque sont été mis en évidence deux risques liés à l'activité gazière : le risque thermique et le risque liées aux matériaux et substance.

Due au risque thermiques considéré moyenne et nécessitant une Amélioration par contre celle due au risque lié aux Matériaux et aux substances estimé comme acceptable et qu'on peut travailler avec.

Dans le but de diminuer les risques et augmenter les mesures de prévention et de sécurité, le résultat de notre travail peut ouvrir une nouvelle vision aux ingénieurs de sécurité de la GRTG sur la programmation de la maintenance préventive pour garantir le bon fonctionnement des postes de détente.

Car une bonne stratégie de maintenance peut optimiser un équipement et le rendre plus rentable et plus efficace et facilite les taches des intervenants.

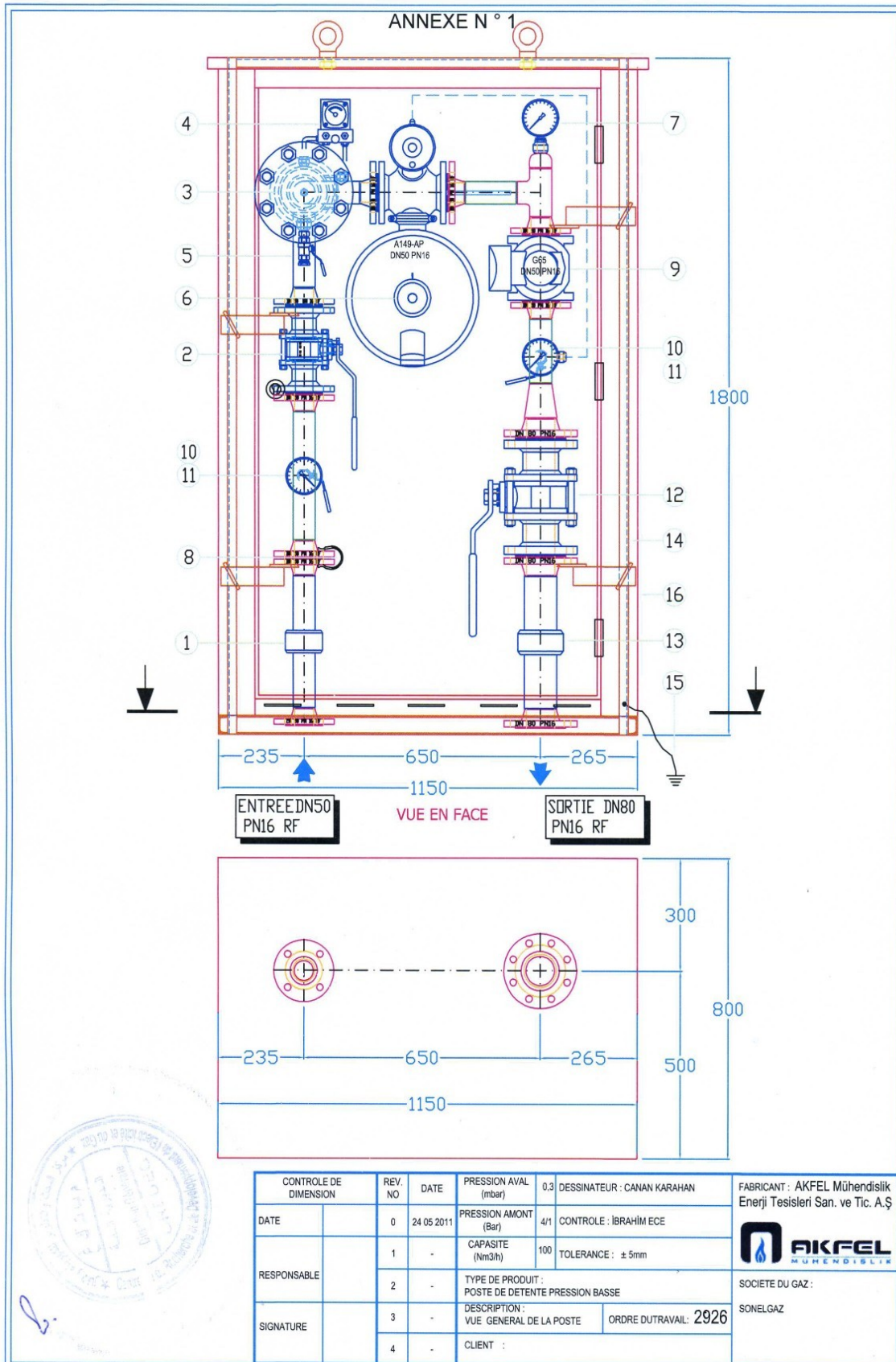
**RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES**

BIBLIOGRAPHIES

- [1] P. CHAPOUILLE, "*La fiabilité*". PUF, Edition Que sais-je ?, Paris;1972.
- [2] A. VILLEMEUR, "*Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels, fiabilité –facteurs humains – information*". Collection de la Direction des Etudes et Recherches d'Electricité de France, n° 67, Edition Eyrolles, Paris,1988.
- [3] Joséph KELADA, AMDEC, Centre d'étude de qualité totale, école de HEC, 1994
- [4] Fiche d'acceptation d'emploi d'un poste de détente, centre de recherche et de développement de l'électricité et du gaz (Credeg), 2011
- [5] Fiche de données de sécurité, Energir.com, 10/11/2015
- [6] Etude de dangers d'un ouvrage de transport de gaz naturel, GRTgaz, Juillet 2014
- [7] Conception des poste de détente, M^{elle} Aubert, 1998
- [8] SONELGAZ, conception des postes gaz, conférence sur les équipements de transport du gaz, octobre 1995
- [9] Directives et recommandations pour la maintenance des postes, Epic SONELGAZ

ANNEXES

ANNEXE 01



ANNEXE 02

F.PR.URT.002.020 Rev:0

LISTE DES MATERIAUX



TYPE DE POSTE DE DETENTE	:	PRESSION BASSE
CLIENT	:	SONELGAZ
CAPACITE (Nm ³ / h)	:	100
PRESSION AMONT (bar)	:	4 / 1
PRESSION AVAL (bar)	:	0,3
NUMERO DE POSTE	:	2926
NOMBRE DE POSTE	:	1

NO. DU POSITION	QTE.	DESCRIPTION	DIMENSION	CLASSE DE PRESSION	FABRICANT
1	1	Joint isolant entrée poste , Monobloque ,	DN 50	PN 16	ADK / PROJOINT PROCHIND / ZUNT
2	1	Vanne d'entrée	DN 50	PN 16 RF	STS / VALFTEK BATU / FAF
3	1	Filtre a cartouche , precision 5 microne, 90° et 180° entrée-sortie	DN 50	PN 16	AKFEL
4	1	Indicateur de colmatage, 0-1000 mbar , BF 1000s et Manifolde(collecteur)	1/4"	800 NPT	AGAS
5	1	Vanne de purge de filtre	1/2"	MOP5-20	STS / KURVALF
6	1	Regulateur a ressort + Clapet de securité A 149 AP	DN 50	PN 16	TARTARINI
7	1	Thermometre et Doigt de gant normalisé pour thermometre	1/2"		PAKKENS
8		Liaison équipotentielle			
9	1	Compteur a piston rotatif, 1 LF, 0 HF, ROTARY G 65	DN 50	PN 16	ACTARIS ELSTER
10	1	Manometre , OD: 63 mm , Range : 0 - 600 mbar , NPT,	1/2"	KL 2.5	PAKKENS
11	1	Robinet de manometre	1/2"	MOP5-20	STS / KURVALF
12	1	Vanne de sortie	DN 80	PN 16 RF	STS / VALFTEK BATU / FAF
13	1	Joint isolant sortie poste , Monobloque ,	DN 80	PN 16	ADK / PROJOINT PROCHIND / ZUNT
14	1	Chassis			AKFEL
15	1	Mise a la terre			
16	1	L'armoire sera peint avec la peinture en poudre electrostatique. Couleur : RAL 1015 Ivoire	3 mm	Aluminium	AR-IŞ DEKA
Prepares par : Ibrahim ECE				Approbation :	

ANNEXE 03

Annexe I : TABLEAU RECAPITULATIF DES FREQUENCES (1/2) [9]

Tâche	Ouvrage / Appareil /Opération	Fréquence
SURVEILLANCE	Postes actifs (PD et PPD)	Hebdomadaire
	Postes non actifs (GRD, GRA, PS, PC et PPR)	Mensuelle
VISITE DE CONTROLE DE FONCTIONNEMENT DE L'APPAREILLAGE	Postes actifs (PD et PPD)	Bimestrielle à Trimestrielle
	Postes non actifs (PS)	Trimestrielle
TRAVAUX SYSTEMATIQUES	Réchauffeurs	Trimestrielle + Révision Annuelle
	Filtres à gaz	Trimestrielle à mensuelle
	Vannes	Trimestrielle
	Odoriseurs	Mensuelle
	Filtres séparateurs	Trimestrielle
	Opérateurs de vanne automatique	Semestrielle
	Enregistreurs	<ul style="list-style-type: none"> • Nettoyage • Etalonnage - Bimestrielle - Trimestrielle
	Manomètres	<ul style="list-style-type: none"> • Nettoyage • Etalonnage - Bimestrielle - Trimestrielle
	Compteur à turbine	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Compteur</u> - Nettoyage - Vérification plage de fonctionnement - Etalonnage • <u>Correcteur mécanique</u> - Nettoyage - Etalonnage • <u>Correcteur électronique</u> - Nettoyage - Relève par PC - Bimestrielle - Bimestrielle - Tous les deux ans - Bimestrielle - Trimestrielle - Bimestrielle - Trimestrielle

ANNEXE 04

Annexe 3: TABLEAU RECAPITULATIF DES FREQUENCES (2/2) [9]

Tâche	Ouvrage / Appareil / opération	Fréquence
TRAVAUX SYSTEMATIQUES	Compteur vortex <ul style="list-style-type: none"> • <u>Compteur</u> - Nettoyage • <u>Calculateur électronique et capteurs</u> - Nettoyage - Etalonnage	- Bimestrielle - Bimestrielle - Annuelle
	Compteur à organe déprimogène <ul style="list-style-type: none"> • <u>Diaphragme et porte diaphragme</u> - Nettoyage - Etat du disque <ul style="list-style-type: none"> • <u>Débitmètre pneumatique</u> - Nettoyage - Etalonnage <ul style="list-style-type: none"> • <u>Calculateur électronique et capteurs</u> - Nettoyage - Etalonnage	- Bimestrielle - Annuelle - Bimestrielle - Trimestrielle - Bimestrielle - Annuelle
	Ensembles chromatographiques <ul style="list-style-type: none"> • Nettoyage • Rempl. Bouteille Hélium • Rempl. Bouteille Gaz Etalon • Purge filtre sonde • Rempl. Filtres sys. de conditionnement 	- Bimestrielle - Tous les dix mois - Tous les deux ans - Mensuelle - Tous les trois ans
	Systèmes Photovoltaïques <ul style="list-style-type: none"> • Nettoyage panneaux • Mesure tension batterie <ul style="list-style-type: none"> • Mesures densi • té, temp. et tension sur 10 ou 100% des éléments • Compléter niveaux électrolyte <ul style="list-style-type: none"> • Nettoyage et graissage bornes et cosses des éléments de la batterie • Nettoyage surface batterie • Nettoyage des locaux 	- Mensuelle - Mensuelle - Mensuelle - Variable - Variable - Mensuelle à bimensuelle - Mensuelle
ENTRETIEN GENIE CIVIL	<ul style="list-style-type: none"> • Retouches de peinture • Peinture générale • Désherbage • Travaux à la demande 	- Variable - Tous les deux à cinq ans - Bi-annuelle - Variable

Résumé

Ce travail vise l'application d'une gestion de risque sur le processus de transport et de distribution du gaz naturel dans les filiales de la société SONEGAS. Afin de réaliser notre travail nous avons commencé par la définition de l'outil de la maintenance AMDEC sécurité et des risques industriels, leurs familles, événements et phénomènes dangereux puis la gestion du ce dernier. Ainsi que la définition du poste de détente. En fin, nous avons terminé notre travail par une application sur un cas concret, est celui de l'application de l'analyse AMDEC sécurité sur un poste de détente et déduire des conclusions.

Abstract

*This work aims to apply risk management to the natural gas transport and distribution process in the subsidiaries of the company SONEGAS. In order to carry out our work, we began by defining the **FMECA** safety and industrial risk maintenance tool, their families, events and dangerous phenomena, then managing the latter. As well as the definition of the relaxation station. Finally, we ended our work with an application on a concrete case, that of the application of the **FMECA** safety analysis on a pressure reducing station and draw conclusions.*

ملخص

يهدف هذا العمل إلى تطبيق ادارة المخاطر على عملية نقل الغاز الطبيعي و توزيعه على الشركات التابعة لشركة توزيع الكهرباء و الغاز من أجل تنفيذ عملنا ، بدأنا بتعريف أداة الصيانة AMDEC و السلامة و المخاطر الصناعية ، و فروعها ، و الأحداث و الظواهر الخطيرة ، و كيفية إدارة هذه الأخيرة. وكذلك تعريف محطة خفض الضغط و أخيراً أنهينا عملنا بتطبيق على حالة ملموسة ، وهي تطبيق تحليل السلامة AMDEC على محطة تخفيض الضغط و استخلاص النتائج.
