

---

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'ÉTUDES

Pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Electromécanique

Spécialité : Maintenance industrielle

### Thème

**ÉTUDE DE L'INSTALLATION D'UN DETECTEUR  
ULTRASONORE POUR FUITE DE GAZ DANS UN  
SITE INDUSTRIEL (SPE – TIARET)**

Préparé par :

**BELKHEIR Amina et SOUALMI Chohra**

Soutenu publiquement le : **25 / 06 / 2023**, devant le jury composé de :

M. <b>ATHMANI</b> Houari	Maître assistant "A" (Université de Tiaret)	Président
M. <b>CHAIB</b> Khaled	Maître de conférences "A" (Université de Tiaret)	Examineur
M. <b>MAZARI</b> Djamel	Maître assistant "A" (Université de Tiaret)	Examineur
M. <b>GUEMMOUR</b> Mohamed	Maître de conférences "B" (Université de Tiaret)	Encadrant.
M. <b>ARARIA</b> Rabah	Maître de conférences "B" (Université de Tiaret)	Co-encadrant.

Année universitaire : **2022 - 2023**

---

---

## REMERCIEMENTS

On tient avant tout à remercier chaleureusement Monsieur **GUEMMOUR Mohamed Boutkhill**, Maître de conférences classe "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 est reconnaissant de l'honneur que nous ont fait Monsieur **CHAIB Khaled**, Maître de conférence classe "A" à l'université de Tiaret et Monsieur **MAZARI Djamel**, Maître-assistant classe "A" à l'université de Tiaret, pour avoir accepté de prendre part au jury. On les remercie vivement d'avoir accepté la tâche d'évaluer notre mémoire en qualité de rapporteur, en consacrant de leur précieux temps à l'examen, à l'évaluation de notre travail et pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail. On les remercie aussi pour la patience et la pertinence dont ils ont fait preuve à la lecture de ce document afin de l'expertiser et estimer sa valeur scientifique.

On remercie tout autant Monsieur **ATHMANI Houari**, Maître-assistant classe "A" à l'université Ibn Khaldoun de tiaret, pour avoir accepté de prendre part au jury, de le présider et de proclamer le résultat de la délibérations du jury notre soutenance.

Enfin, on tient aussi à remercier l'équipe pédagogique, constituée de l'ensemble des enseignants permanents et vacataires qui ont assurés notre formation durant notre cycle de master, ainsi que l'équipe de formation, constituée du responsable de filière et du responsable de la spécialité qui ont assurés la promotion de la spécialité maintenance industrielle, sans oublier le staff administratif du département de génie mécanique qui a veillé à l'organisation, la planification, le contrôle et le suivi des activités pédagogiques et à leur tête Monsieur le chef de département.

## NOMENCLATURE

### Lettres latines

Symbole	Désignation	Unité
$A$	Surface de diffusion	$m^2$
$D$	Coefficient de diffusion du gaz	$m^2/s$
$\vec{F}$	Force expulsant le gaz	$N$
$L$	Longueur de la fuite	$m$
$M$	Masse molaire	$g/mole$
$\dot{m}$	Débit massique de gaz	$kg/s$
$\dot{N}$	Taux du nombre de molécules	
$P$	Pressions	$Pa$
$Q$	Débit volumétrique de gaz	$m^3/s$
$R$	Constante des gaz parfaite	$J/mole.K$
$r$	Distance du détecteur	$m$
$Rm$	Constante de chambre négative	$m$
$\vec{s}$	Espace parcourue par les particules de gaz	$m$
$SPL$	Niveau de pression acoustique	$dB$
$T$	Température du gaz	$K$
$\vec{v}$	Vitesse du gaz	$m/s$
$\dot{V}$	Débit volumétrique de gaz	$m^3/s$
$\dot{W}_g$	Puissance d'un gaz	$W$
$\dot{W}_s$	Puissance acoustique	$W$

### Lettres grecques

Nom	Symbole	Désignation	Unité
Éta	$\eta$	Une fonction d'efficacité	
Mu	$\mu$	fonction d'efficacité * Constante des gaz parfaite( $\eta R$ )	$\frac{Joule}{mole.K}$
Rhô	$\rho$	Masse volumique de gaz	$kg/m^3$

---

## ABREVIATIONS

<b>ANN</b>	Artificial Neural Network (Réseau Neuronal Artificiel : RNA)
<b>API</b>	Application Programming Interface
<b>ATEX</b>	Atmosphère explosive
<b>CEI</b>	Commission électorale indépendante
<b>CNA</b>	Conseil National des Assurances
<b>FIAT</b>	Fabbrica Italiana Automobili Torino
<b>FM</b>	Modulation de fréquence
<b>GRTE</b>	Société de gestion du réseau de transport d'électricité
<b>HART</b>	Highway Addressable Remote Transducer (protocole de communication)
<b>IECEX</b>	Système de la Commission électrotechnique internationale pour la certification aux normes relatives aux équipements destinés à être utilisés dans des atmosphères explosives
<b>LCD</b>	liquid-Crystal Display
<b>LED</b>	Light-Emitting Diode
<b>NEMA</b>	National Electrical Manufacturers Association
<b>SONELGAZ</b>	Société nationale de l'électricité et du gaz
<b>SPE</b>	Société de production d'électricité
<b>SPL</b>	(Sound Pressure Level) – niveau de pression sonore (mesuré en décibels)
<b>TAG</b>	Turbine à gaz
<b>TP</b>	Transformateur principale
<b>UGLD</b>	Ultrasonic Gas Leak Detector) – détecteur de fuite de gaz à ultrasons
<b>US</b>	Ultrason

---

## LISTE DES FIGURES

### Chapitre 1 : Risques industriels et fuites de gaz

<b>Figure 1.1</b> : Relation risque -enjeux –aléa .....	8
<b>Figure 1.2</b> : Typologie des risques industriels .....	9
<b>Figure 1.3</b> : Détecteur de fuite de gaz par infrarouge « Oldham » .....	13
<b>Figure 1.4</b> : Détecteur de fuite de gaz par ultrasons (is-5 msa) .....	13
<b>Figure 1.5</b> : Synoptique « détecteur de gaz portable » .....	14
<b>Figure 1.6</b> Synoptique « détecteur de gaz fixe » .....	14

### Chapitre 2 : Détecteur ultrasonore

<b>Figure 2.1</b> : Fuite de gaz à travers un orifice .....	19
<b>Figure 2.2</b> : Arbre d'évènements d'une fuite de gaz .....	23
<b>Figure 2.3</b> : Couverture de détection des fuites de gaz affectées par le vent .....	24
<b>Figure 2.4</b> : Émission d'ondes ultrasonores .....	25
<b>Figure 2.5</b> : Réflexion et dispersion des ondes .....	27
<b>Figure 2.6</b> : Conversion analogique-numérique (CAN) .....	29
<b>Figure 2.7</b> : Détecteur de fuites de gaz à ultrasons OBSERVER-I .....	31
<b>Figure 2.8</b> caractéristiques de couverture du détecteur (vue de côté) .....	34
<b>Figure 2.9</b> : schéma de montage .....	36
<b>Figure 2.10</b> : schéma de câblage .....	36
<b>Figure 2.11</b> : schéma du menu utilisateur .....	40

### Chapitre 3 : Etude de cas

<b>Figure 3.1</b> : Vue de la zone d'étude .....	45
<b>Figure 3.2</b> : Mise en situation d'un détecteur ultrasonique dans une locale turbine à gaz .....	57
<b>Figure 3.3</b> : L'installation d'un détecteur US dans une zone turbine à gaz .....	58

---

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau1.1</b> : La différence entre détecteur ultrason et infrarouge .....	15
<b>Tableau2.1</b> : Pièces de rechanges .....	41
<b>Tableau 3.1</b> : Zone A (risques associés) .....	48
<b>Tableau 3.2</b> : Zone A (Localisation et classement des risques).....	49
<b>Tableau 3.3</b> : Zone B (risques associés) .....	50
<b>Tableau 3.4</b> : Zone B (Localisation et classement des risques).....	51
<b>Tableau 3.5</b> : Zone C (risques associés) .....	52
<b>Tableau 3.6</b> : Zone C (Localisation et classement des risques).....	52
<b>Tableau 3.7</b> : Zone D (risques associés) .....	53
<b>Tableau 3.8</b> : Zone D (Localisation et classement des risques).....	53
<b>Tableau 3.9</b> : Cotation de la gravité.....	56
<b>Tableau 3.10</b> : Cotation de la fréquence et exposition.....	56
<b>Tableau 3.11</b> : Les détecteurs ultrason .....	57

---

## SOMMAIRE

<b>Introduction générale</b> .....	2
<b>Chapitre 1 : Risques industriels et fuites de gaz</b>	
1.1 Introduction.....	4
1.2 Notion de site industriel.....	4
1.2.1 Définition de site industriel.....	4
1.2.2 Définition de section industrielle .....	4
1.2.3 Types d'industries .....	5
1.2.4 Avantages et les inconvénients d'un site industriel .....	6
1.3 Risques industriels .....	8
1.3.1 Définitions.....	8
1.3.1.1 Concept de risque industriel .....	8
1.3.1.2 Notion d'aléa .....	8
1.3.1.3 Notion d'enjeu ou élément exposé .....	8
1.3.1.4 Notion de vulnérabilité.....	9
1.3.2 Classification des risques industriels .....	9
1.4 Risques fuites de gaz.....	10
1.4.1 Définition de gaz .....	10
1.4.2 Définition de fuite .....	10
1.4.3 Causes de fuite .....	11
1.5 Techniques de détection des gaz.....	12
1.5.1 Détection des gaz par infrarouge .....	12
1.5.2 Détection des gaz par ultrason .....	13
1.6 Moyens de détection des fuites de gaz.....	14
1.6.1 Détecteurs de gaz portables.....	14
1.6.2 Détecteurs de gaz fixes .....	14
1.6.3 Différence entre un détecteur de gaz à ultrasons et un détecteur de gaz infrarouge.....	14
1.7 Conclusion .....	15
<b>Chapitre 2 : Détecteur ultrasonique</b>	
2.1 Introduction .....	17
2.2 Physique des ultrasons .....	17
2.2.1 Quantification des fuites de gaz .....	17
2.2.2 Quantification du niveau de pression acoustique.....	18
2.3 Technologie des détecteurs us.....	22

---

2.3.1 Technologie existante .....	22
2.3.2. Avantages de la détection par ultrasons .....	22
2.3.2.1. Inconvénient des technologies traditionnelles .....	22
2.3.2.2. Détection à ultrason .....	22
2.3.2.3. Arbre d'évènements d'une fuite de gaz.....	23
2.3.3. Principe de fonctionnement d'un détecteur .....	24
2.3.3.1.Émission d'ondes ultrasonores .....	24
2.3.3.2. Réflexion et dispersion des ondes .....	26
2.3.3.3. Analyse du signal .....	27
2.3.3.4. Comparaison avec référence .....	28
2.3.3.5. Conversion analogique-numérique (CAN) .....	29
2.3.3.6. Alarme ou indication.....	29
2.3.4. Pièces de détecteur de fuite de gaz à ultrasons .....	29
2.3.5. Mesure par ultrasons .....	30
2.4. Détecteur de fuites de gaz à ultrasons Observer-i.....	31
2.4.1. Description générale et caractéristiques.....	31
2.4.1.1. Caractéristiques .....	32
2.4.1.2. Caractéristiques électriques.....	32
2.4.1.3. Caractéristiques environnementales.....	33
2.4.1.4. Caractéristiques mécaniques .....	32
2.4.2. Réseau neuronal artificiel (ANN) .....	33
2.4.3. Zone surveillée par le GASSONIC Observer-i.....	34
2.4.4. Sorties du détecteur.....	35
2.4.5. Montage .....	35
2.4.6. Fonctionnement et configuration .....	36
2.4.6.1. Fonctionnement.....	36
2.4.6.2. Configuration .....	37
2.4.7. Interface utilisateur et magnétique .....	39
2.4.8. Pièces de rechange .....	41
2.5. Conclusion .....	42
<b>Chapitre 3 : Etude de cas</b>	
3.1 Introduction.....	44
3.2 Présentation du site industriel .....	44
3.2.1Présentation de SPE TIARET .....	44

---



---

3.2.1.1 Historique de l'unité SPE de Tiaret .....	44
3.2.1.2 Situation géographique .....	45
3.3 Risques interne.....	46
3.3.1 Risque d'incendie.....	46
3.3.2 Risque d'explosion.....	46
3.3.3 Risque d'acte malveillant.....	4
3.3.4 Evaluation des conséquences .....	47
3.3.4.1 Effets de dangers sur l'installation .....	47
3.3.4.2 Impact sur le milieu naturel .....	47
3.3.5 Zones de risque .....	48
3.4 Zone turbines à gaz (Alstom).....	53
3.4.1 Description de la zone.....	53
3.4.2 Risques de gaz associés.....	54
3.4.3 Etude d'implantation d'un détecteur de gaz à US.....	55
3.4.3.1 : Évaluation des risques .....	55
3.4.3.2 : Sélectionner le détecteur selon le type de gaz .....	57
3.4.3.3 : Choisir le détecteur selon le moyen .....	57
3.4.3.4 : Déterminer la fréquence de vérification .....	58
3.4.3.5 : Déterminer les mesures de sécurité à prendre.....	58
3.4.3.6 : Installation.....	58
3.4.3.7 : Calibrage des détecteurs .....	59
3.4.3.8 : Formation des employés .....	59
3.4.3.9 : Tester les détecteurs.....	59
3.5 Conclusion .....	59
<b>Conclusion générale</b> .....	61
<b>Références</b> .....	62

---

---

# **INTRODUCTION GÉNÉRALE**

---

---

Notre mémoire s'inscrit dans un contexte technologique en relation avec les risques dans un site industriel en particulier les risques associés aux fuites de gaz. Les industries qui utilisent des gaz comme matières premières ou les produisent comme produits finis sont souvent confrontées à des substances dangereuses et inflammables. Notre travail entre dans le cadre de l'amélioration de la sécurité en terme de gestion et surveillance des risques incendie et explosion qui peuvent être occasionnés suite à des fuites de gaz dans un site industriel.

La problématique des fuites de gaz dans les industries est importante car elle peut causer des risques majeurs pour la santé et la sécurité des travailleurs, ainsi que pour l'environnement. Les fuites de gaz peuvent causer des explosions, des incendies ou des intoxications, qui peuvent causer des dommages importants aux installations et à l'environnement. Les industries qui utilisent ou stockent des gaz doivent mettre en place des mesures de prévention et de contrôle des fuites pour minimiser les risques. Cela peut inclure des inspections régulières des équipements, des systèmes de détection de gaz, des procédures de sécurité et des plans d'urgence pour répondre rapidement aux situations d'urgence. Les fuites de gaz peuvent également avoir des conséquences importantes sur l'environnement en contaminant l'air, l'eau et les sols. Cela peut avoir un impact négatif sur la biodiversité, la qualité de l'air et de l'eau, et la santé des populations voisines. La résolution de la problématique des fuites de gaz dans les industries nécessite une coopération étroite entre les entreprises, les travailleurs et les autorités de réglementation. Les entreprises doivent mettre en place des mesures de prévention efficaces et suivre les réglementations en matière de sécurité et de protection de l'environnement. Les travailleurs doivent être formés sur la sécurité et les mesures de prévention, et les autorités de réglementation doivent appliquer les normes et les réglementations pour garantir la sécurité des travailleurs et de l'environnement.

L'objectif de ce mémoire est l'étude de l'installation d'un détecteur ultrasonique pour la détection de fuites de gaz dans un site industriel où on signale des risques associés à des fuites de gaz inflammables et toxiques. Donc l'importance d'utiliser des détecteurs de gaz à ultrasons réside dans leur capacité à offrir une détection rapide pour une réponse précoce aux accidents impliquant des gaz inflammables et combustibles.

Notre travail est synthétisé sous forme d'un mémoire structuré en trois chapitres tel que : le premier chapitre, présente des notions de site industriel, risques fuite de gaz, et les techniques qui utilisés pour la détection. Dans le deuxième chapitre nous présentons la détection des fuites de gaz par ultrason. Le dernier chapitre de ce mémoire, présentons le site industriel, les risques internes et l'implantation de détecteur US. En fin une conclusion générale est dégagée.

---

# *Chapitre 1*

---

## **RISQUES INDUSTRIELS ET FUITES DE GAZ**

---

## **1.1 INTRODUCTION**

Les gaz industriels et spéciaux (gaz qui sont utilisés dans des applications industrielles ou technologiques spécifiques en raison de leurs propriétés particulières) sont des substances extrêmement polyvalentes [1] Spécialement conçue pour les usines de productions gazeuses ou les usines qui utilisent les gaz. Il ne faut pas oublier qu'ils peuvent introduire de nouveaux risques sur le lieu de travail. Toute personne travaillant avec ces gaz doit être correctement formée et capable de suivre les procédures de sécurité en vigueur lors de leur manipulation. Si on a une bonne connaissance des gaz et des procédures de sécurité, on peut presque complètement éliminer les risques liés aux gaz industriels.

Dans ce chapitre nous allons présenter des notions telles que sites industriels, risques industriels qui leurs sont liés et notamment les risques occasionnés par les fuites de gaz ainsi que les techniques et détecteurs utilisés.

## **1.2 NOTION DE SITE INDUSTRIEL**

### **1.2.1 Définition de site industriel**

Une zone industrielle est une " étendue de terrain lotie et aménagé conformément à un plan d'ensemble et destinée à être utilisé par un ensemble d'entreprises industrielles [2]. Une zone industrielle est un ensemble de terrains spécialement aménagés et équipées à l'initiative d'un maître d'ouvrage généralement publique, pour accueillir des activités industrielles. [3]

Un site industriel est un ensemble d'infrastructures, de bâtiments, de machines et de ressources humaines organisé pour la production industrielle de biens ou de services. Il peut inclure des usines, des entrepôts, des laboratoires, des bureaux et des centres de recherche et développement. Les sites industriels sont souvent localisés dans des zones spécifiques, appelées zones industrielles, qui sont aménagées et équipées pour répondre aux besoins des entreprises manufacturières. Ces zones peuvent être situées à proximité de centres urbains pour faciliter l'accès aux transports et aux infrastructures de support, ou dans des zones plus éloignées pour profiter d'un espace plus grand et de coûts plus faibles. [4]

### **1.2.2 Définition de section industrielle**

Une section industrielle est une zone spécifique d'un site industriel qui est dédiée à une activité particulière, comme la production, la maintenance, le stockage, le conditionnement ou l'administration. La définition précise d'une section industrielle peut varier en fonction des normes, des réglementations et des pratiques de chaque industrie et de chaque pays. Des zones spécifiques d'un site où les activités, les processus ou les opérations génèrent des impacts environnementaux significatifs. [5]

Il existe plusieurs types de sections industrielles [6],[7] :

1. Zone de production : il s'agit de la zone où les matières premières sont transformées en produits finis. Cette section comprend généralement des équipements de production, des zones de stockage de matières premières et de produits finis, ainsi que des zones de contrôle qualité.
2. Zone de maintenance : cette section est responsable de l'entretien et de la réparation des équipements et des installations sur le site industriel. Elle peut également comprendre des ateliers de réparation et de fabrication.
3. Zone de stockage : cette section est utilisée pour stocker les matières premières, les produits finis et les fournitures nécessaires à la production. Elle peut être subdivisée en zones pour les matières dangereuses, les produits inflammables ou les produits alimentaires.
4. zone de conditionnement : cette section est responsable de l'emballage et du conditionnement des produits finis avant leur expédition.
5. Zone administrative : cette section comprend des bureaux, des salles de réunion et des espaces pour les employés. Elle est souvent située à l'entrée du site industriel.
6. Zone de service : cette section comprend les zones de restauration, les vestiaires, les salles de bains et les salles de repos pour les employés.
7. Zone de sécurité : cette section est responsable de la sécurité du site industriel, notamment de la surveillance des entrées et des sorties, des systèmes de sécurité et des procédures d'urgence en cas d'incident.

### 1.2.3 Types d'industries

Il existe plusieurs types d'industries qui peuvent être classés en fonction de leur domaine d'activité, de leur secteur d'activité, de leur technologie de production, de leur taille ou de leur impact sur l'environnement nous les mentionnons comme suit :

- **Industrie manufacturière** : est le secteur économique qui comprend toutes les activités qui transforment des matières premières en produits finis ou semi-finis, ou qui assemblent des composants pour fabriquer des produits finis ou semi-finis .
- **Industrie agroalimentaire** : est l'ensemble des opérations liées à la production, à la transformation, à la distribution et à la commercialisation des produits agricoles, forestiers et halieutiques.
- **Industrie pharmaceutique** : les entreprises qui se consacrent à la recherche, au développement, à la fabrication et à la commercialisation de médicaments pour la prévention et le traitement des maladies.

- **Industrie chimique** : est un secteur de l'industrie qui transforme des matières premières telles que les produits pétroliers, le gaz naturel, l'air, l'eau, les métaux et les minéraux en produits chimiques .
- **Industrie énergétique** : L'industrie énergétique est un secteur économique qui comprend toutes les activités liées à la production, la distribution et la commercialisation de l'énergie. Elle englobe la production d'énergie à partir de différentes sources telles que le pétrole, le gaz, le charbon, l'énergie nucléaire les énergies renouvelables telles que l'énergie solaire, l'énergie éolienne, l'énergie hydraulique, etc. L'industrie énergétique est essentielle au fonctionnement de l'économie mondiale, car elle fournit les ressources nécessaires pour alimenter les différentes activités économiques, les transports, les bâtiments, les équipements industriels, etc.
- **Industrie minière** : est un secteur économique qui comprend toutes les activités liées à l'extraction et au traitement des minéraux, des métaux et des matériaux de construction. Elle englobe l'exploration, l'extraction, le traitement, la transformation, la commercialisation et la distribution des minéraux et des métaux. L'industrie minière est essentielle à la production de nombreux produits, y compris les métaux, les produits de construction, les produits électroniques, les appareils électroménagers, les véhicules, les équipements industriels.

#### 1.2.4 Avantages et les inconvénients d'un site industriel

Les avantages d'un site industriel peuvent varier selon le secteur d'activité et les objectifs de l'entreprise, mais voici quelques avantages généraux que peut offrir un site industriel :

- **Accessibilité aux matières premières et aux fournisseurs** : Un site industriel bien situé peut offrir un accès facile aux matières premières nécessaires à la production et aux fournisseurs de l'entreprise, ce qui peut réduire les coûts de production et améliorer l'efficacité de la chaîne d'approvisionnement
- **Infrastructures** : Un site industriel peut être équipé d'infrastructures clés telles que des voies ferrées, des routes, des ports ou des aéroports, ce qui facilite le transport des produits finis vers les clients ou les marchés éloignés.
- **Coûts de main-d'œuvre** : Les sites industriels situés dans des régions où les coûts de main-d'œuvre sont bas peuvent permettre à l'entreprise de réduire ses coûts de production et de maintenir sa compétitivité.
- **Main-d'œuvre qualifiée** : Les sites industriels situés à proximité de centres de formation ou d'universités peuvent offrir un accès facile à une main-d'œuvre qualifiée pour des industries qui nécessitent des compétences techniques ou spécialisées.

- **Avantages fiscaux et réglementaires** : Certains sites industriels peuvent offrir des avantages fiscaux et réglementaires tels que des réductions d'impôts ou des exemptions de certaines réglementations environnementales, qui peuvent contribuer à réduire les coûts de production.
- **Image de marque** : Les entreprises peuvent bénéficier d'une image de marque positive associée à un site industriel de qualité ou situé dans une région prestigieuse, ce qui peut renforcer la crédibilité de l'entreprise et améliorer sa réputation auprès des clients et des investisseurs.

Cependant, il est important de noter que les sites industriels peuvent également présenter des inconvénients tels que

- **Coûts d'acquisition ou de location de terrains** : Les sites industriels situés dans des zones urbaines ou dans des régions attractives peuvent être coûteux à acquérir ou à louer, ce qui peut augmenter les coûts de production.
- **Coûts de transport** : Les sites industriels situés dans des zones éloignées ou difficiles d'accès peuvent entraîner des coûts de transport élevés pour les matières premières, les produits finis et les travailleurs, ce qui peut impacter la compétitivité de l'entreprise.
- **Réglementations environnementales** : Les activités industrielles peuvent entraîner des impacts environnementaux négatifs tels que la pollution de l'air et de l'eau, les émissions de gaz à effet de serre, le bruit ou les déchets dangereux, ce qui peut entraîner des coûts supplémentaires pour se conformer aux réglementations environnementales ou pour remédier aux impacts environnementaux.
- **Impact sur la santé et la sécurité des travailleurs** : Les sites industriels peuvent présenter des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs, en particulier si les opérations impliquent des substances dangereuses ou des machines lourdes.
- **Relations avec la communauté locale** : Les sites industriels peuvent avoir des impacts négatifs sur la qualité de vie des communautés locales, en particulier en ce qui concerne le bruit, la pollution et la circulation. Les entreprises doivent travailler en étroite collaboration avec les communautés locales pour minimiser les impacts négatifs et maintenir une bonne relation avec les parties prenantes.

Il est important pour les entreprises de prendre en compte les avantages et les inconvénients d'un site industriel avant de prendre une décision sur son emplacement et ses opérations.



## 1.3 RISQUES INDUSTRIELS

### 1.3.1 Définitions

#### 1.3.1.1 Concept de risque industriel

Le risque se définit par la probabilité de survenue d'un événement potentiellement néfaste (l'aléa) et par la gravité de ses conséquences (enjeux). C'est la combinaison d'enjeux soumis à un aléa. On le trouve ainsi traduit de façon simple en termes mathématiques :

$$\text{Risque} = \text{Aléa (événement)} \times \text{Vulnérabilité (enjeux)}$$

Ou encore

$$\text{Risque} = \text{Probabilité} \times \text{gravité} = \text{Risques} = \text{Aléas} \times \text{Vulnérabilité} \times \text{Valeur}$$



**Figure 1.1** : Relation risque -enjeux –aléa [8].

Pas d'enjeu (pas de risque  $\times$  Intérêt de ne pas développer l'urbanisation dans les secteurs exposés. Enjeu à valeur importante (risque accru  $\times$  Les modalités de prévention ne sont pas les mêmes en zone naturelle qu'en zone urbanisée (on peut laisser certaines pratiques agricoles en zone rouge, tandis que l'urbanisation y est interdite) . Enjeux moins vulnérables (risque limité  $\times$  Le respect des bonnes pratiques de construction et d'utilisation des terrains est essentielle.

D'après l'équation précédente le risque se compose du triptyque : aléa, enjeux et vulnérabilité.[8].

$$\text{Risque} = \frac{(\text{Aléa}) \times (\text{Vulnérabilité}) \times (\text{Valeur})}{\text{Enjeux}} \quad (1.1)$$

#### 1.3.1.2 L'aléa

L'aléa est le phénomène destructeur observé indépendamment de l'enjeu exposé, il est caractérisé par une probabilité d'occurrence. Trois composantes essentielles forment l'aléa : L'intensité, la probabilité et la période de référence. Dans le contexte des risques technologiques, ou plus largement des risques d'origine anthropique, le terme aléa est peu souvent employé à cause de son caractère aléatoire.

#### 1.3.1.3 L'enjeu ou élément exposé

Enjeux ou éléments exposés correspondent à la population, aux bâtiments et autres infrastructures humaines (réseau de communication, réseau de transports...), aux activités humaines (économiques, de loisirs, de service...) et au patrimoine culturel et environnemental (monuments,

paysages, biodiversité...). Il existe une triple composante d'enjeux : Humaine, socio-économique, environnementale.

- Nous aurons l'occasion d'expliquer en détail la notion de risque tout au long du parcours.
- Nous nous contenterons ici d'une définition simple : le risque est la possibilité qu'un danger s'actualise [9] et défini comme suit :
- La menace de la probabilité et de la gravité d'un effet néfaste sur la santé, les biens matériels et l'environnement [10]

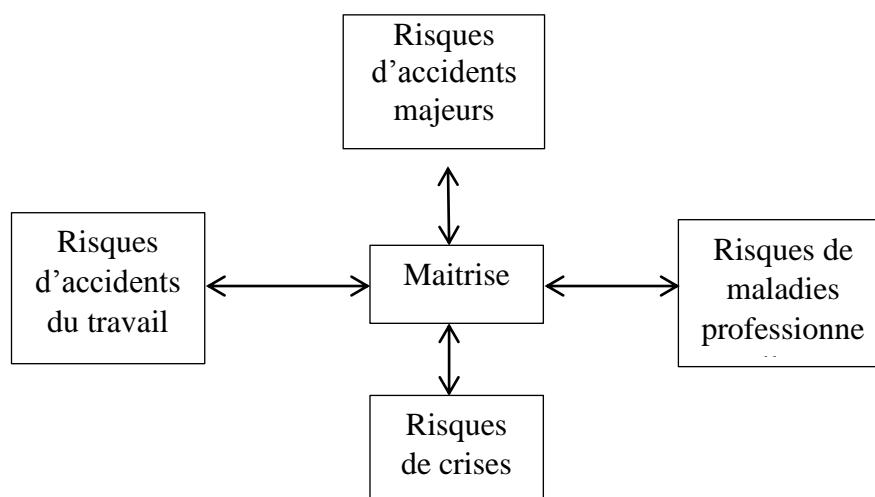
#### 1.3.1.4 Vulnérabilité

La vulnérabilité représente la fragilité ou le point faible d'une entité matérielle ou humaine ayant la forme d'un groupe, d'une organisation, d'un élément bâti ou d'une zone géographique. Elle est définie par : l'objet, les causes et les conséquences du risque. [11]

#### 1.3.2 Classification des risques industriels

Comme les risques nucléaires ou les risques liés au transport de matières dangereuses, les risques industriels sont des risques technologiques. Les accidents industriels graves et improbables sont qualifiés de majeurs et les accidents industriels sont classés en fonction de leur impact et ses effets :

- toxiques (fuite de produit polluant sous forme de nuage gazeux) ;
- thermiques (rayonnement d'un incendie ou d'une explosion : boules de feu);
- de surpression (liés à une explosion : projection de débris, effondrement d'une structure)



**Figure1.2** : Typologie des risques industriels [12].

Parmi les risques les plus fréquemment cités, on retrouve:

- **L'incendie** : le gaz est un combustible. Dès lors que sa concentration devient trop importante dans l'air (entre 5 et 15 %), il peut s'enflammer au contact de l'oxygène et d'une source de chaleur.
- **L'explosion** : c'est la suite logique du risque incendié, car en milieu confiné, le gaz peut exploser.
- **La projection d'objets liés à la pression associée au gaz** : un gaz comprimé à forte pression qui serait brutalement libéré peut entraîner de dangereuses projections d'éclats métalliques, de cailloux ou de terre.
- **L'intoxication au monoxyde de carbone** : dû à une combustion incomplète du gaz naturel dans un lieu fermé, le monoxyde de carbone est incolore, inodore et peut être létal suivant la dose absorbée.
- **L'anoxie ou asphyxie** : si le gaz naturel se disperse rapidement lorsque les pièces sont bien aérées, il devient dangereux en milieu confiné quand il dépasse les 25 % de concentration dans l'air.

## 1.4 Risques fuites de gaz

### 1.4.1 Définition de gaz

Un gaz est un ensemble d'atomes ou de molécules très faiblement liés et quasi indépendants. Dans l'état gazeux, la matière n'a pas de forme propre ni de volume propre.

Un gaz tend à occuper tout le volume disponible, cette phase constitue l'un des trois états dans lequel peut se trouver un corps pur, les autres étant les phases solides et liquide. [13]

### 1.4.2 Définition de fuite

Une fuite de fluide consiste en l'écoulement d'un fluide sous pression à travers un orifice. Cet écoulement génère des vibrations mécaniques et acoustiques dues aux fluctuations de la pression du fluide dans la canalisation. La fréquence de ces vibrations varie entre 100 et 3500 Hz et se propage dans la canalisation et sous terre avec une décroissance plus ou moins rapide.

Les fuites sont caractérisées quantitativement par le débit du fluide qui s'échappe du confinement. Il s'exprime par le volume qui circule à travers les fuites par unité de temps. [14].

### 1.4.3 Causes de fuite

Les fuites de gaz peuvent être dangereuses pour la santé et la sécurité des personnes, ainsi que pour l'environnement. Elles peuvent se produire dans différents environnements tels que les maisons, les bâtiments commerciaux et industriels, ainsi que dans les installations de production d'énergie.

Dans l'industrie, les fuites de gaz peuvent causer des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs, ainsi que des dommages environnementaux. Les fuites de gaz peuvent avoir différentes causes, notamment :

- La corrosion (Usure et vieillissement)
- Les défauts des matériaux (défectuosité de l'équipement)
- Mauvaise installation (Installation incorrecte)
- Les coups de bélier
- Les mouvements de terrain attribuables à la sécheresse ou au gel
- Les vibrations
- Les charges excessives dues à la circulation [15].
- Mauvaise utilisation de l'équipement
- Catastrophes naturelles

**Les fuites de gaz naturel :** Dans l'industrie, le gaz naturel est souvent utilisé comme source d'énergie. Les fuites de gaz naturel peuvent se produire en raison de l'usure des conduites, des joints mal serrés ou des vannes défectueuses.

**Les fuites de gaz propane :** Le propane est souvent utilisé comme source d'énergie pour les équipements industriels. Les fuites de gaz propane peuvent être causées par des conduites mal installées ou endommagées, des raccords mal serrés ou des équipements défectueux.

**Les fuites de gaz réfrigérants :** Les gaz réfrigérants sont utilisés dans les systèmes de climatisation et de réfrigération industriels. Les fuites de gaz réfrigérants peuvent être causées par des joints mal serrés, des tuyaux endommagés ou des équipements défectueux.

**Les fuites de gaz toxiques :** Dans certaines industries, des gaz toxiques sont utilisés pour différents processus. Les fuites de gaz toxiques peuvent causer des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs et de l'environnement.

Il est important de mettre en place des protocoles de sécurité stricts pour prévenir les fuites de gaz dans l'industrie, notamment en surveillant régulièrement l'état des équipements et en effectuant des inspections et des tests de sécurité. Des systèmes de détection de gaz doivent également être installés pour détecter les fuites de gaz rapidement.

## 1.5 TECHNIQUES DE DETECTION DES GAZ

Dans les zones où de graves fuites sont connues, des aides auditives sont souvent utilisées pour localiser ces fuites. Ils détectent les vibrations ou les bruits produits par l'eau s'échappant des tuyaux sous pression. Ces bruits parcourent de longues distances le long du tuyau (selon le type et la taille du tuyau) et dans le sol environnant. Dans un premier temps, l'équipe de détection des fuites détermine grossièrement l'emplacement des fuites dans le réseau de distribution d'eau en observant tous les points accessibles du réseau, tels que les bouches d'incendie et les vannes. Nous identifions ensuite plus précisément les zones suspectes en auscultant le sol directement au-dessus du sol lignes et à intervalles rapprochés (environ 1 m). Une autre approche pour une détection précise et automatique des fuites consiste à utiliser des corrélateurs de bruit de fuite modernes. Ces appareils sont largement utilisés depuis de nombreuses années. Ils sont souvent plus précis que les appareils d'auscultation

Dans le domaine de la détection des fuites de gaz, il existe plusieurs techniques utilisées pour découvrir la présence de gaz dangereux ou indésirables dans divers environnements industriels. On distingue deux types de techniques :

- Par infrarouge
- Par ultrason

### 1.5.1 Détection des gaz par infrarouge

La détection des gaz par infrarouge est une technique couramment utilisée pour déceler la présence de gaz dans l'air. Elle repose sur le principe selon lequel les molécules de gaz absorbent et émettent des rayonnements infrarouges à des longueurs d'onde spécifiques.

Dans un système de détection des gaz par infrarouge, on utilise généralement une source de rayonnement infrarouge (comme un filtre à infrarouge) et un détecteur sensible aux infrarouges. Lorsque le rayonnement infrarouge traverse l'air, certaines longueurs d'onde sont absorbées par les molécules de gaz présentes. Le détecteur mesure ensuite l'intensité du rayonnement infrarouge qui lui parvient et identifie les longueurs d'onde spécifiques correspondant à la présence de gaz.

Chaque gaz a une empreinte infrarouge unique, c'est-à-dire qu'il absorbe et émet des rayonnements infrarouges à des longueurs d'onde spécifiques. En utilisant des filtres à infrarouge spécifiques et en analysant les motifs d'absorption du rayonnement infrarouge, il est possible de détecter et d'identifier différents types de gaz.

Les détecteurs de gaz par infrarouge (**Figure 1.3**) peuvent être utilisés dans de nombreux domaines, tels que la sécurité industrielle, la détection de fuites de gaz, la surveillance de la qualité de l'air et l'analyse environnementale. Ils offrent une sensibilité élevée, une sélectivité précise et une réponse rapide, ce qui en fait une méthode de détection populaire.

Il convient de noter que la détection des gaz par infrarouge ne couvre pas tous les types de gaz, car certains gaz n'ont pas d'empreinte infrarouge distincte ou ne sont pas détectables dans le spectre infrarouge. Dans de tels cas, d'autres méthodes de détection, telles que la détection catalytique ou l'utilisation de capteurs spécifiques, peuvent être nécessaires.



**Figure 1.3** Détecteur de fuite de gaz par infrarouge « Oldham » [16]

### 1.5.2 Détection des gaz par ultrason

- La détection de fuite grâce par ultrasons couvre un large éventail de fuites : systèmes sous pression de tout type de gaz et systèmes sous vide.
- Dans de nombreuses installations industrielles, les instruments de détection à ultrasons sont utilisés dans la cadre de programmes d'assurance qualité, de protection de l'environnement, de réduction de dépenses énergétiques et cela dans le but d'éviter les pertes énergétiques en réparant les fuites.



**Figure 1.4** Détecteur de fuite de gaz par ultrasons (is-5 msa) [17].

1.6 MOYENS DE DETECTION DES FUTES DE GAZ

1.6.1 Détecteurs de gaz portables

Ces détecteurs sont conçus pour être transportés par les travailleurs et utilisés lors d'inspections régulières ou pour localiser des fuites de gaz spécifiques (Figure 1.5). Ils sont compacts, faciles à utiliser et souvent dotés de capteurs interchangeables pour détecter différents gaz.

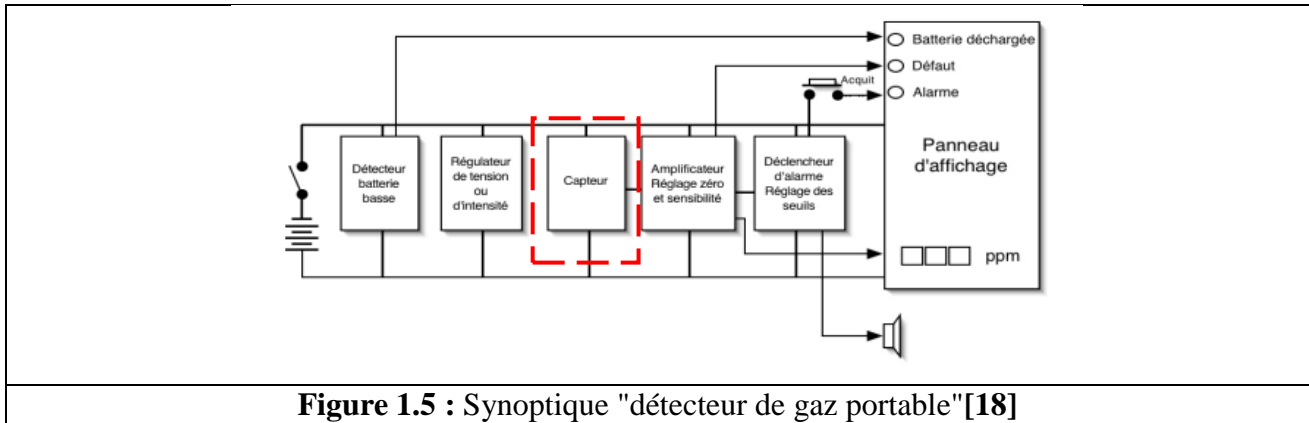


Figure 1.5 : Synoptique "détecteur de gaz portable"[18]

1.6.2 Détecteurs de gaz fixes

Ces détecteurs sont installés de manière permanente dans les installations industrielles pour surveiller en continu la présence de gaz et détecter les fuites (figure 1.6). Ils sont généralement connectés à un système de surveillance centralisé qui déclenche des alarmes et prend des mesures appropriées en cas de détection de fuites.

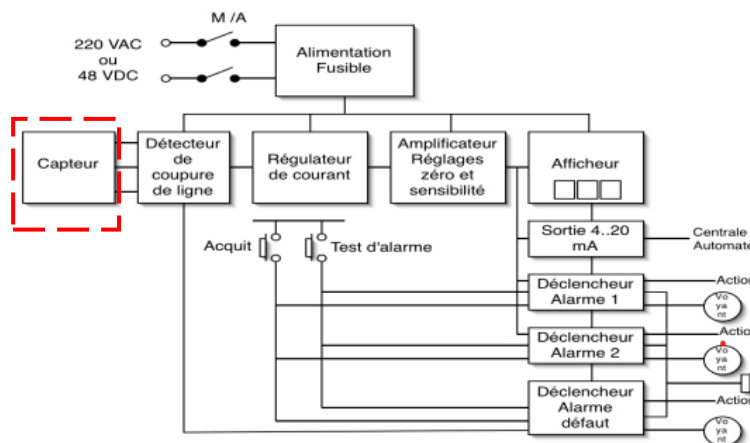


Figure 1.6 : Synoptique "détecteur de gaz fixe" [18]

2

1.6.3 La différence entre un détecteur de gaz à ultrasons et un détecteur de gaz infrarouge

Il existe différents capteurs de gaz disponibles sur le marché, mais deux des types les plus couramment utilisés sont les détecteurs de gaz à ultrasons et les détecteurs de gaz infrarouges. Bien que les deux types de détecteurs de gaz remplissent le même objectif fondamental, ils diffèrent dans leurs principes de fonctionnement et leurs capacités.

Tableau1.1 : La différence entre ultrason et infrarouge

Détecteurs de gaz à ultrasons	Détecteurs de gaz infrarouges
<i>Fonctionnent en émettant des ondes sonores ultrasonores et en analysant les motifs sonores qui leur sont renvoyés.</i>	<i>Détecter les gaz en mesurant la quantité de rayonnement infrarouge absorbée par un échantillon de gaz</i>
<i>Les détecteurs à ultrasons sont principalement utilisés pour la détection de fuites de gaz à haute pression, telles que celles dans des conduites ou des récipients sous pression. Ils peuvent détecter les fuites sur de longues distances, ce qui les rend adaptés aux grands environnements industriels.</i>	<i>Les détecteurs infrarouges sont couramment utilisés pour la détection de divers gaz, notamment les hydrocarbures, le dioxyde de carbone, le monoxyde de carbone, etc. Ils sont efficaces pour détecter les fuites de gaz dans un large éventail d'applications, des installations industrielles aux bâtiments commerciaux.</i>
<i>Les détecteurs à ultrasons ne sont généralement pas sélectifs pour des types de gaz spécifiques. Ils détectent principalement la présence de gaz en fonction des changements de réflexion des ondes sonores. Bien qu'ils puissent fournir une indication d'une fuite de gaz, ils n'identifient généralement pas le gaz spécifique détecté.</i>	<i>Les détecteurs infrarouges peuvent être très sélectifs pour des gaz spécifiques. Comme différents gaz absorbent le rayonnement infrarouge à différentes longueurs d'onde, les détecteurs peuvent être calibrés pour identifier et différencier les différents gaz. Cela permet une identification et une surveillance plus précises des gaz.</i>
<i>Les détecteurs à ultrasons ne sont pas affectés par des facteurs environnementaux tels que la température, l'humidité ou le vent. Ils peuvent être utilisés à l'extérieur sans interférence significative.</i>	<i>Les détecteurs infrarouges peuvent être influencés par des facteurs environnementaux, en particulier les changements de température et d'humidité. Des conditions météorologiques extrêmes ou des contaminants environnementaux peuvent affecter la précision des mesures.</i>
<i>Localisation et détection des fuites d'air comprimé, de gaz, de vapeur et de vide</i>	
<i>Le détecteur de gaz à ultrasons réagit à l'initiation d'une fuite de gaz</i>	<i>Le détecteur de gaz infrarouge ne réagit que lorsque le gaz s'accumule pour former un nuage.</i>

## 1.7 CONCLUSION

Dans ce chapitre nous nous sommes attachés à définir le site industriel, ses avantages et ses inconvénients, les sections industriels, et les types d'industrie. Nous avons également présenté les risques industriels qui y sont présents, notamment les fuites de gaz et comment les traiter. Nous avons aussi présenté les techniques et les moyens de détection des fuites de gaz, ainsi que le mode d'exploitation (c'est-à-dire détecteur portable ou fixe) et la différence entre les deux.

Dans le chapitre suivant sera traité la technique de détection de la fuite de gaz par ultrason ainsi que le détecteur qui lui est associé.



---

## *Chapitre 2*

---

# **DETECTION DES FUITES DE GAZ PAR ULTRASON**

---

**2.1 INTRODUCTION**

Les détecteurs de gaz sont nécessaires de toute urgence pour surveiller le comportement et l'évolution de ces gaz en temps réel, car ils peuvent prévenir les empoisonnements ou les incendies d'équipements et d'usines industriels. Il existe différents types de détecteurs de gaz avec différentes techniques, telles que le type à combustion catalytique, à photo-ionisation, à spectre d'absorption infrarouge, à électrolyte solide et les détecteurs à ultrasons. Les détecteurs de gaz à ultrasons peuvent également détecter des gaz bio-dangereux, qui menacent la vie humaine et la sécurité des biens. Alors que tous les types de capteurs de gaz présentent des avantages, les détecteurs de gaz à ultrasons se distinguent par leur supériorité en termes de résolution, de portée de détection et de longue durée de vie.

Dans ce chapitre nous allons présenter en premier lieu la physique à ultrasons à travers quantification des fuites de gaz et quantification du niveau de pression acoustique en deuxième lieu technologie des détecteurs ultrason à travers la technologie existante des détecteur et l'avantage de la détection ultrasons, principe de fonctionnement, pièces de détecteur de fuite de gaz à ultrasons, et mesure par ultrasons , et en dernier lieu une étude détaillée sur le détecteur de fuites gaz industriel OBSERVER-i.

**2.2. PHYSIQUE DES ULTRASONS****2.2.1 Quantification des fuites de gaz**

Il est important de noter que le calcul de la quantité d'une fuite de gaz peut être complexe et doit être effectué avec soin pour éviter des erreurs potentiellement dangereuses. Les professionnels de la sécurité industrielle sont formés pour effectuer ces calculs de manière précise et sûre.

Le calcul de la quantité d'une fuite de gaz dépend de plusieurs facteurs tels que:

- le type de gaz,
- la pression du gaz,
- le diamètre de la fuite,
- la distance de la source de fuite.

Les équations utilisées pour quantifier une fuite de gaz varient en fonction de ces facteurs. Cependant, une équation couramment utilisée pour calculer le taux de fuite de gaz est l'équation issue de la loi de Fick.

Pour les fuites de gaz à travers une paroi ou un matériau poreux la loi de Fick est souvent utilisée. Cette équation décrit le taux de diffusion d'un gaz à travers un matériau en fonction de la concentration et de la surface de diffusion.

$$Q = \frac{D \cdot A \cdot (P_1 - P_2)}{L} \quad (2.1)$$

Où :

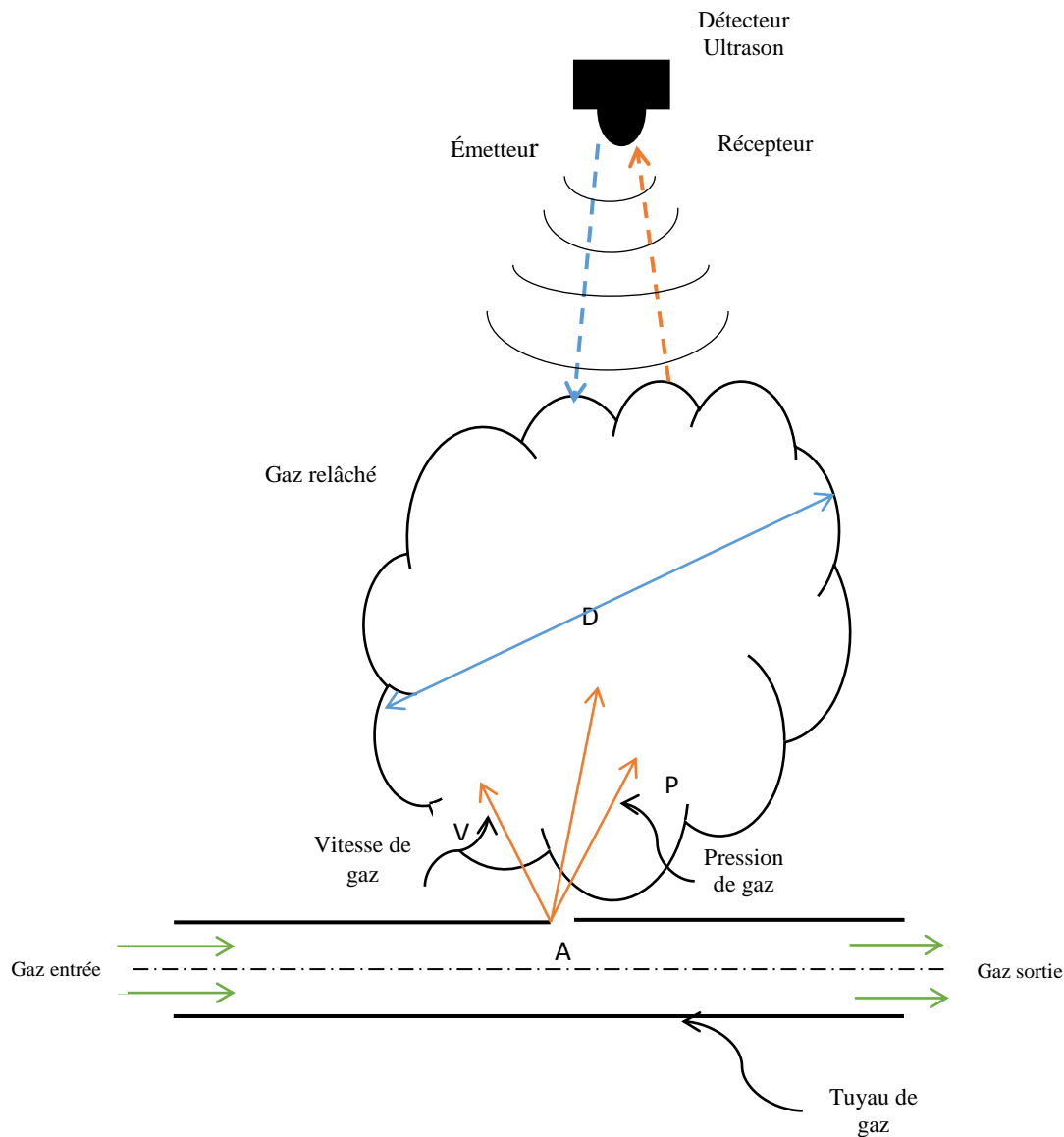
- Q : Débit de gaz ( $m^3/s$ )
- D : Coefficient de diffusion du gaz en ( $m^2/s$ )
- A: Surface de diffusion en ( $m^2$ )
- $P_1$  et  $P_2$ : Pressions aux extrémités de la fuite en (Pa)
- L : Longueur de la fuite en ( $m$ )

Pour les fuites de gaz à travers une ouverture dans une tuyauterie ou un équipement, d'autres équations peuvent être utilisées en fonction des conditions spécifiques de la fuite.

### 2.2.2. Quantification du niveau de pression acoustique

L'étude de la pression acoustique ultrasonore générée par un dégagement de gaz sous haute pression à partir d'un orifice contrôlé sera considérée en prenant en compte les grandeurs suivantes [19] :

- Le débit massique du gaz,
- La masse molaire du gaz,
- le nombre de molécules qui fuient par seconde
- la température du gaz
- Le résultat est appliqué à un modèle acoustique qui estime le niveau de pression acoustique (SPL) à distance de l'endroit où le gaz fuit.



La figure 2.1 : Fuite de gaz à travers un orifice

La puissance d'un gaz libéré suite à une fuite est donnée par :

$$\begin{aligned} \dot{W}_g &= \vec{F} \cdot \vec{v} = (P \cdot A) \cdot \vec{v} \\ &= P \cdot A \cdot \frac{d\vec{s}}{dt} = P \cdot \frac{dV}{dt} = P \cdot \dot{V} \end{aligned} \tag{2.2}$$

Où ;

- P : pression de gaz
- $\vec{F}$  : La force expulsant le gaz, [N]
- $\vec{v}$  : vitesse du gaz à l'ouverture,  $\left[\frac{m}{s}\right]$
- $\vec{s}$  : longueur parcourue par les particules de gaz, [m]
- A : Surface de l'ouverture,  $[m^2]$

- $\dot{V}$ : Débit volumétrique de gaz,  $\left[\frac{m^3}{s}\right]$

En introduisant l'équation des gaz parfaits donnée par :

$$PM = \rho RT$$

L'équation (2.2) peut être écrite en termes de propriétés du gaz, tel que:

$$\begin{aligned} \dot{W}_g &= P \cdot \frac{dV}{dt} = P \cdot \frac{dM}{dt} \frac{1}{\rho} \\ &= \frac{RT}{M} \cdot \frac{dM}{dt} = \frac{PT}{M} \cdot \dot{m} \end{aligned} \quad (2.3)$$

Où,

- M : Masse molaire du gaz  $\left[\frac{g}{mole}\right]$
- $\rho$  : Densité de gaz,  $\left[\frac{Kg}{m^3}\right]$
- R: Constante des gaz parfaits:  $8,314472 \left[\frac{Joule}{mole.K}\right]$
- T : température du gaz,  $[K]$
- $\dot{m}$ : Débit massique de gaz,  $\left[\frac{Kg}{s}\right]$

Le niveau de pression acoustique, SPL, dû à une source d'alimentation acoustique,  $\dot{W}_g$  dans un environnement avec absorption acoustique peut être estimé par

$$SPL = 10 \log \left( \frac{\dot{W}}{10^{-12}} \right) + 10 \log \left( \frac{1}{2\pi r^2} + \frac{4}{R_m} \right) \quad (2.4)$$

Où ;

- r: distance du détecteur,  $[m]$
- $R_m$  : constante de l'ambiance dans le milieu (propriété d'absorption acoustique),  $[m]$

Pour un développement ultérieur, une fonction d'efficacité,  $\eta$  est introduite et qui relie la puissance acoustique à la puissance du gaz, tel que:

$$\dot{W}_s = \eta \times \dot{W}_g \text{ avec } 0 \leq \eta \leq 1 \quad (2.5)$$

Par conséquent, la relation (2.5) peut être écrite comme suit:

$$\begin{aligned} SPL &= 10 \log \left( \eta \cdot \dot{W}_g \cdot \left( \frac{1}{2\pi r^2} + \frac{4}{R} \right) \right) + 120 \\ &= 10 \log \left( \frac{\eta RT}{M} \dot{m} \cdot \left( \frac{1}{2\pi r^2} + \frac{4}{R} \right) \right) + 120 \end{aligned} \quad (2.6)$$

Dans ce qui suit le rapport  $\dot{m}/M$  est remplacé dans la relation (2.7) par le taux du nombre de molécules  $\dot{N}$

$$\begin{aligned} SPL &= 10 \log \left( \eta RT \frac{\dot{m}}{M} \cdot \frac{6,02 \times 10^{23}}{6,02 \times 10^{23}} \left( \frac{1}{2\pi r^2} + \frac{4}{R} \right) \right) + 120 \\ &= 10 \log \left( \mu T \cdot \frac{\dot{N}}{6,02 \times 10^{23}} \left( \frac{1}{2\pi r^2} + \frac{4}{R} \right) \right) + 120 = 10 \log \left( \mu T \dot{N} \cdot \left( \frac{1}{2\pi r^2} + \frac{4}{R} \right) \right) - 117.796 \end{aligned} \quad (2.7)$$

Où:

- $\dot{N}$  : Taux du nombre de molécules et la constante de pondération de gaz (comparé au rapport  $\frac{RT}{M} \dot{m}$  dans l'équation (2.4). sont définis

$$\mu = \eta R, \left[ \frac{\text{Joule}}{\text{mole.K}} \right]$$

**Remarque :**  $\dot{m}$  est obtenu partir de l'équation suivante :

$$\dot{m} = A \cdot P \sqrt{\frac{\gamma \cdot M}{R \cdot T} \cdot \left( \frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}} \quad (2.8)$$

Il convient de noter que l'utilisation du champ sonore  $\left( \frac{1}{2\pi r^2} + \frac{4}{R_m} \right)$ , dans l'équation. (2.8) peut conduire à une constante de chambre négative,  $\mathbf{R}_m$ , lorsqu'il est utilisé dans des champs d'ultrasons.

Une investigation numérique avec SPL mesuré devrait conduire à des estimations plus précises du champ sonore. Pour ce faire, séparez d'abord le champ sonore dans l'équation. (2.8) à partir d'autres variables connues et le remplacer par un champ sonore généralisé,  $\mathbf{f}(\mathbf{r})$ , où l'absorption du local et l'amortissement de l'air sont considérés comme un facteur important. Donc équation. (2.8) devient

$$\frac{10^{\left(\frac{SPL}{10} + 11,7796\right)}}{T \dot{N}} = \mu \cdot \mathbf{f}(\mathbf{r}) \quad (2.9)$$

A noté, que pour les applications à basse fréquence, le champ sonore généralisé,

$$\mathbf{f}(\mathbf{r}) = \left( \frac{1}{2\pi r^2} + \frac{4}{R_m} \right)$$

À partir de l'équation (2.7), le rapport de la fonction d'efficacité,  $\eta$ , dans l'équation (2.5) entre deux gaz peut être estimé par :

$$\frac{\eta_{gaz1}}{\eta_{gaz2}} = 10^{\left(\frac{SPL_{gaz1} - SPL_{gaz2}}{10}\right)} \frac{(\dot{N})_{gaz2}}{(\dot{N})_{gaz1}} \quad (2.10)$$

Où ;  $\dot{N}$  est le taux du nombre de molécules

$$\dot{N} = \frac{\dot{m}}{M} \cdot 6,02 \times 10^{23} \quad (2.11)$$

## **2.3. TECHNOLOGIE DES DETECTEURS US**

### **2.3.1 Technologie existante**

Les détecteurs de gaz conventionnels sont largement acceptés comme détecteurs de gaz standard dans l'industrie pétrolière et gazière. À titre indicatif, un système de détection de gaz est considéré comme adéquat si des détecteurs sont placés pour détecter la présence d'un nuage de gaz sphérique d'un diamètre de 5 m. La taille d'un tel nuage a été déterminée comme le seuil auquel des dommages structurels se produiraient si cela permet de déterminer simplement l'emplacement du détecteur et la quantité nécessaire pour protéger la zone d'installation.

La détection de gaz traditionnelle nécessite un contact physique direct entre le détecteur et le gaz ou l'interruption du trajet du faisceau rejeté. Le principal inconvénient de ces détecteurs de gaz est que la technique de mesure nécessite une accumulation de gaz. Dans un environnement terrestre ou même terrestre, cela n'est pas garanti car le nuage de gaz se dissipe rapidement dans les zones ouvertes. [20]

### **2.3.2. Avantages de la détection par ultrasons**

#### **2.3.2.1. Inconvénient des technologies traditionnelles**

Les technologies traditionnellement utilisées dans les installations fixes pour détecter les fuites de gaz d'hydrocarbures (comme par ex. les capteurs catalytiques/infrarouges et les barrières infrarouges) présentent une limite commune : pour permettre la détection d'une fuite, le gaz doit se trouver à proximité immédiate du détecteur ou dans une zone prédéfinie. Malheureusement, les conditions environnementales extérieures telles que le changement de sens du vent et une dispersion rapide du nuage de gaz s'échappant d'une installation extérieure peuvent entraîner l'échec de la détection du gaz pour la simple et bonne raison que le gaz n'atteint jamais le détecteur.

#### **2.3.2.2. Détection à ultrason**

Les opérateurs dans l'industrie pétrochimique sont constamment à la recherche de méthodes permettant de réduire les risques, d'éviter les pertes et d'assurer une production sûre et fiable. L'un des éléments-clés pour atteindre cet objectif et augmenter l'efficacité globale est de diminuer le temps de réponse du système de détection d'incendie et de gaz. Parmi les technologies adoptées, figurent la détection des fuites par ultrasons.

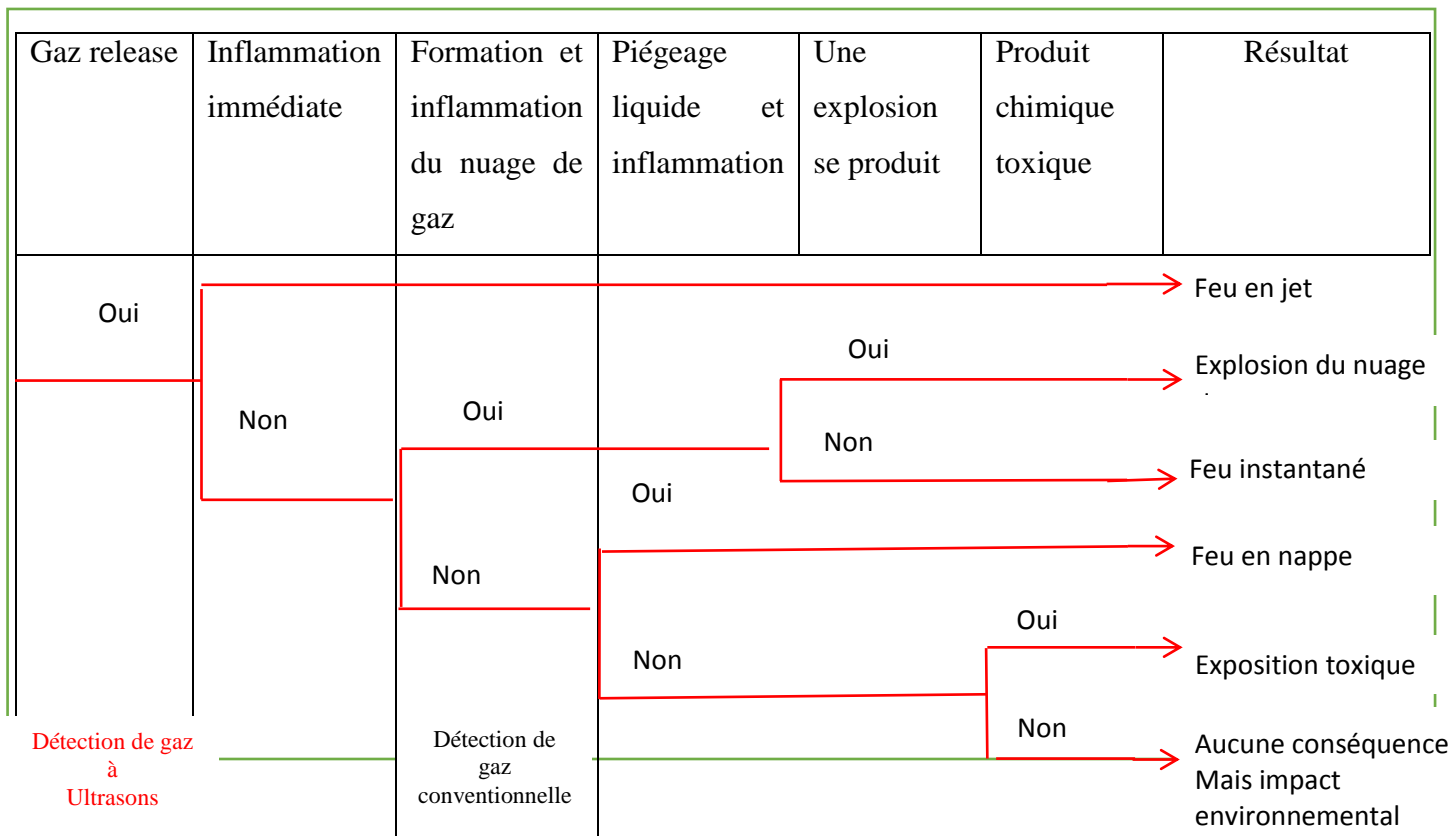
La détection des fuites de gaz par ultrasons est basée sur la technologie de microphone puissante ; ils détectent les fuites à l'extérieur en capturant spécifiquement l'hypersonique La fréquence à laquelle toutes les fuites de gaz sous pression sont émises.

Et la technologie unique de détection par ultrasons, pour le gaz le capteur de portée lui-même n'est pas nécessaire - il suffit le bruit de la fuite de gaz y parvient l'ajout d'un détecteur de fuite de gaz à ultrasons permet Temps de réponse plus rapides et coûts réduits fonctionner.

2.3.2.3. Arbre d'évènements d'une fuite de gaz

L'arbre d'évènements d'une fuite de gaz (figure 2.1) met en perspective les effets d'une fuite de gaz. Il est évident que le déploiement d'une technologie appropriée pour détecter les risques au stade le plus précoce (initiation), avant qu'ils n'aient le temps de se développer ou d'empirer, a une influence considérable sur la réduction des principaux risques d'accident.

Les systèmes de détection de gaz traditionnels doivent attendre que la fuite de gaz forme un nuage susceptible de s'enflammer et ne permettant pas forcément de prévenir les pertes en arrêtant l'installation à temps. Les détecteurs de fuite de gaz à ultrasons réagissent à l'initiation de la fuite de gaz à la vitesse du son, sans être influencés par les changements de sens du vent et la dilution du gaz.



La figure2.2 : Arbre d'évènements d'une fuite de gaz [22]



L'arbre d'évènements d'une fuite de gaz illustre la séquence d'évènements pouvant se produire au cours d'un dégagement gazeux. **La figure 2.2** montre que le détecteur de gaz à ultrasons réagit à l'initiation de la fuite de gaz tandis que les détecteurs conventionnels réagissent uniquement lorsque le gaz s'est accumulé pour former un nuage. [21]



**La figure.2.3** : Couverture de détection des fuites de gaz affectées par le vent [21]

### 2.3.3. Principe de fonctionnement d'un détecteur

Le principe de fonctionnement d'un détecteur de gaz à ultrasons repose sur la détection des variations acoustiques générées par la présence de gaz dans l'environnement. Voici les étapes générales du fonctionnement [22] [23] :

#### 2.3.3.1.Émission d'ondes ultrasonores

Dans un détecteur de gaz à ultrasons, l'émission des ondes ultrasonores est réalisée par un transducteur ultrasonore émetteur. Voici comment se déroule généralement l'émission des ondes ultrasonores :

##### 1. Transducteur émetteur

Le détecteur de gaz est équipé d'un transducteur ultrasonore émetteur qui convertit l'énergie électrique en vibrations mécaniques. Le transducteur est généralement composé d'un matériau piézoélectrique qui se déforme sous l'effet d'un signal électrique.

## 2. Signal électrique

Un signal électrique est appliqué au transducteur émetteur. Ce signal électrique génère des vibrations mécaniques dans le matériau piézoélectrique, provoquant ainsi l'émission d'ondes ultrasonores.

## 3. Ondes ultrasonores

Les vibrations mécaniques du transducteur émetteur produisent des ondes sonores à ultrasons qui se propagent dans l'air ou tout autre milieu présent dans l'environnement.

## 4. Fréquence et direction

Le détecteur peut être conçu pour émettre des ondes ultrasonores à une fréquence spécifique, généralement dans la plage des ultrasons, au-dessus de 20 kHz. La direction d'émission des ondes peut également être contrôlée, en fonction de la conception du transducteur.

## 5. Propagation des ondes

Les ondes ultrasonores émises se propagent dans l'environnement et rencontrent divers obstacles, y compris les gaz présents.

## 6. Interaction avec le gaz

Lorsque les ondes ultrasonores rencontrent une fuite de gaz, elles peuvent être affectées par les caractéristiques du gaz, telles que sa densité, sa pression ou sa composition. Cela peut entraîner des modifications acoustiques, telles que des turbulences ou des variations de vitesse de propagation des ondes.

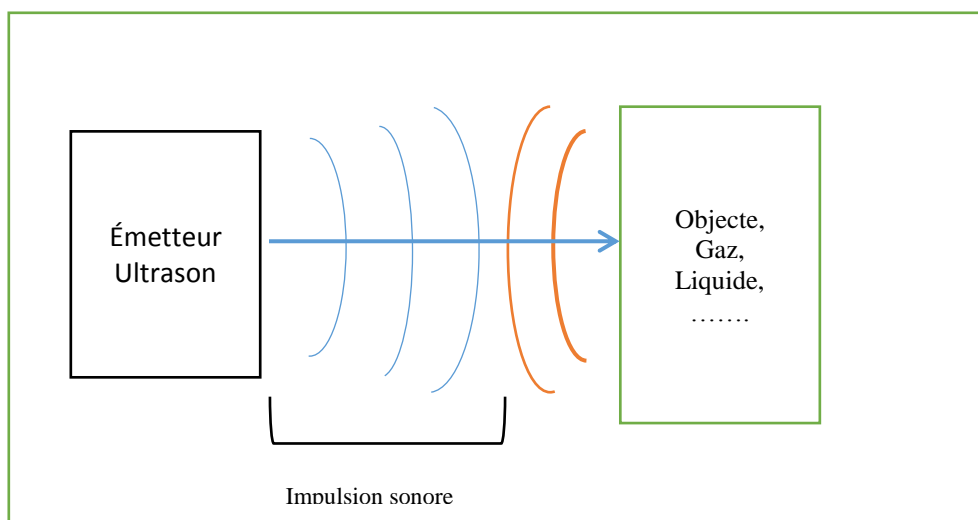


Figure 2.4 : Émission d'ondes ultrasonores

### 2.3.3.2. Réflexion et dispersion des ondes

Lorsqu'un détecteur de gaz à ultrasons émet des ondes ultrasonores et qu'elles rencontrent des fuites de gaz ou d'autres obstacles, plusieurs phénomènes peuvent se produire, tels que la réflexion et la dispersion des ondes. Voici une explication de ces phénomènes :

#### 1. Réflexion des ondes

Lorsque les ondes ultrasonores émises par le détecteur rencontrent une surface, comme une fuite de gaz ou une paroi, une partie de l'énergie des ondes peut être réfléchi. La réflexion se produit lorsque les ondes rencontrent une interface entre deux milieux avec des propriétés acoustiques différentes. La quantité d'onde réfléchi dépend des caractéristiques de la surface et des propriétés des milieux impliqués.

#### 2. Réflexion spéculaire

La réflexion spéculaire se produit lorsque les ondes ultrasonores sont réfléchies de manière cohérente, selon les lois de la réflexion, comme un miroir. Cela se produit lorsque la surface de réflexion est relativement lisse et régulière par rapport à la longueur d'onde des ondes ultrasonores.

#### 3. Réflexion diffuse

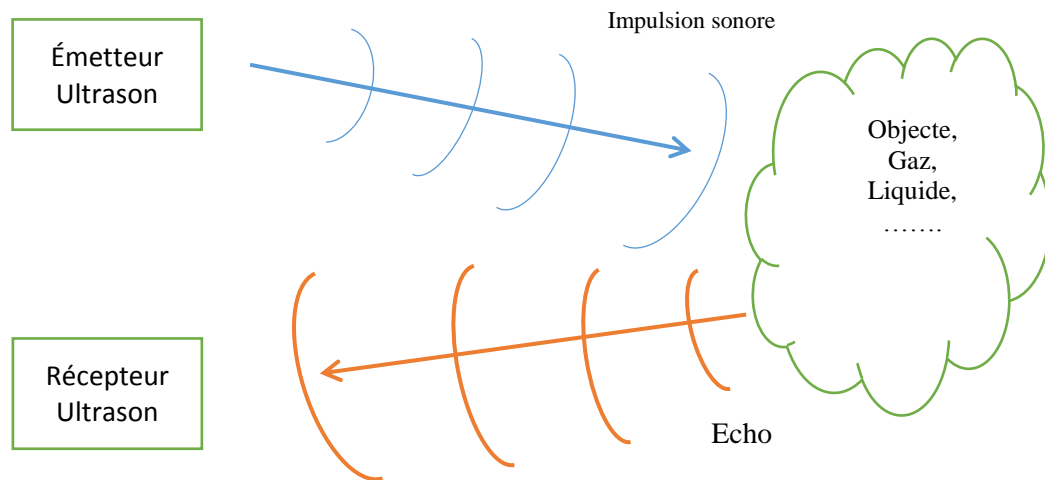
La réflexion diffuse se produit lorsque les ondes ultrasonores sont réfléchies de manière irrégulière dans différentes directions. Cela se produit lorsque la surface de réflexion est rugueuse ou présente des irrégularités par rapport à la longueur d'onde des ondes ultrasonores. La réflexion diffuse entraîne une dispersion des ondes dans différentes directions.

#### 4. Dispersion des ondes

Lorsque les ondes ultrasonores rencontrent des obstacles ou des irrégularités dans l'environnement, elles peuvent être dispersées dans différentes directions. La dispersion des ondes se produit lorsque les ondes sont diffractées ou réfractées en passant par des obstacles ou des variations de densité du milieu.

#### 5. Diffusion multiple

Dans certains cas, les ondes ultrasonores peuvent subir une diffusion multiple, où elles sont réfléchies et dispersées plusieurs fois à partir de différentes surfaces ou objets. Cela peut se produire lorsque les ondes rencontrent des obstacles multiples ou lorsque l'environnement présente des structures complexes.



**Figure 2.5** : Réflexion et dispersion des ondes

### 2.3.3.3. Analyse du signal

Un détecteur de fuite de gaz à ultrasons est un composant qui permet d'analyser les signaux captés par le capteur ultrasonique afin d'identifier les caractéristiques spécifiques des fuites de gaz et de les distinguer des autres sources de bruit ou d'interférences. Cela peut inclure l'utilisation d'algorithmes de traitement du signal, de seuils de détection, de comparaisons avec des signatures de fuite connues, ou d'autres techniques spécifiques à l'application.

Voici les principales fonctions d'un analyseur de signal dans un détecteur de fuite de gaz à ultrasons :

#### 1. Pré amplification

Le signal électrique faible généré par le capteur ultrasonique est amplifié à l'aide d'un préamplificateur. Cela permet d'augmenter l'amplitude du signal pour faciliter son traitement ultérieur.

#### 2. Filtrage

Le signal amplifié est ensuite envoyé à des filtres pour éliminer les fréquences indésirables et se concentrer sur la bande de fréquences spécifique des signaux ultrasoniques liés aux fuites de gaz. Les filtres peuvent être analogiques ou numériques, en fonction de la conception du circuit.

#### 3. Démodulation

Dans certains cas, le signal peut être modulé en amplitude ou en fréquence. Une étape de démodulation est alors utilisée pour extraire les informations utiles du signal. La démodulation peut être réalisée à l'aide de techniques telles que la détection d'enveloppe ou la détection de fréquence.

#### **4. Amplification et conditionnement du signal**

Après la démodulation, le signal est amplifié davantage et soumis à un conditionnement pour améliorer la qualité du signal et éliminer le bruit indésirable. Cela peut inclure l'utilisation de filtres supplémentaires, de circuits de suppression du bruit ou d'amplification sélective.

##### **2.3.3.4. Comparaison avec référence**

La comparaison avec une référence dans un détecteur de gaz à ultrasons consiste à mesurer les caractéristiques des signaux ultrasonores reçus et à les comparer à des valeurs de référence préalablement établies. Cette méthode permet de détecter les variations significatives dans les signaux qui indiquent la présence de gaz spécifiques. Voici comment cela fonctionne :

##### **1. Établissement de la référence**

Avant l'utilisation du détecteur, des mesures de référence sont effectuées dans des conditions contrôlées pour établir les caractéristiques typiques des signaux ultrasonores lorsque le gaz cible est absent. Ces mesures peuvent être effectuées dans un environnement sans gaz ou avec une concentration connue et sûre du gaz.

##### **2. Mesure en temps réel**

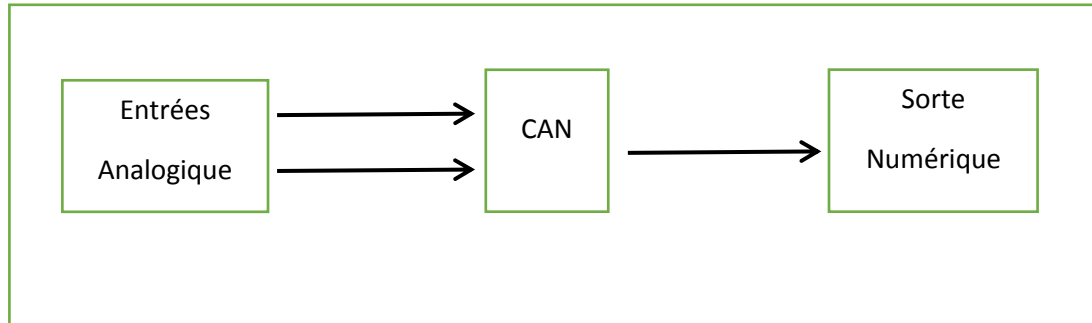
Une fois la référence établie, le détecteur de gaz à ultrasons commence à surveiller en temps réel l'environnement à détecter. Les signaux ultrasonores réfléchis par l'interface entre l'air et le gaz sont captés par le récepteur du détecteur.

##### **3. Comparaison des signaux**

Les signaux reçus sont comparés aux valeurs de référence établies précédemment. Les caractéristiques des signaux, telles que l'amplitude, la fréquence ou le temps de vol, sont évaluées et comparées aux valeurs de référence correspondantes.

### 2.3.3.5 Conversion analogique-numérique (CAN)

Si le signal est initialement sous forme analogique, l'analyseur de signal effectue une conversion analogique-numérique pour le convertir en données numériques compréhensibles par les circuits de traitement et d'analyse ultérieurs



**Figure 2.6 :** Conversion analogique-numérique (CAN)

### 2.3.3.6 Alarme ou indication

Lorsqu'une détection de gaz est confirmée, le détecteur peut déclencher une alarme sonore, visuelle ou transmettre des informations à un système de contrôle externe pour avertir de la présence de gaz dangereux.

### 2.3.4. Pièces de détecteur de fuite de gaz à ultrasons

Les détecteurs de fuite de gaz à ultrasons sont conçus pour détecter les fuites de gaz en utilisant des ondes sonores à haute fréquence. Ces appareils sont souvent utilisés dans les industries où la détection rapide de fuites de gaz est essentielle pour la sécurité.

Les principales pièces d'un détecteur de fuite de gaz à ultrasons peuvent varier selon le modèle et le fabricant, mais voici quelques composants couramment utilisés [21]:

#### 1. Transducteur ultrasonique

C'est le cœur du détecteur de fuite à ultrasons. Le transducteur émet des ondes sonores à haute fréquence dans la plage ultrasonique. Il peut également recevoir les ondes réfléchies par les fuites de gaz.

#### 2. Circuit électronique

Le circuit électronique du détecteur de fuite de gaz à ultrasons amplifie le signal reçu par le transducteur et le convertit en une forme exploitable pour l'utilisateur. Il peut également comporter des filtres pour éliminer les bruits indésirables.

### **3. Affichage**

Certains détecteurs de fuite de gaz à ultrasons sont équipés d'un affichage intégré qui indique la présence de fuites de gaz. Cela peut être sous la forme d'un écran LCD, de LED ou d'autres indicateurs visuels.

### **4. Sonde flexible**

Certains modèles de détecteurs de fuite de gaz à ultrasons peuvent être équipés d'une sonde flexible qui permet d'accéder aux zones difficiles d'accès pour la détection des fuites.

### **5. Batterie ou source d'alimentation**

Les détecteurs de fuite de gaz à ultrasons sont généralement alimentés par des piles ou des batteries rechargeables. Certains modèles peuvent également être alimentés par une source d'alimentation externe.

### **6. Boîtier**

Les composants du détecteur de fuite de gaz à ultrasons sont généralement logés dans un boîtier pour les protéger des éléments environnementaux et faciliter leur installation.

#### **2.3.5. Mesure par ultrasons**

Les fuites de gaz peuvent générer des ondes ultrasonores qu'il suffit de détecter et de mesurer. La technologie de microphone conventionnelle peut être utilisée, à condition qu'elle ait une plage dynamique suffisante pour capturer les fréquences ultrasonores. Un microphone convertit ces vibrations en un signal électrique proportionnel au niveau des ondes ultrasonores produites. Une autre technique utilise l'effet piézoélectrique.

Cette technique tire parti du fait que les cristaux peuvent résonner à des fréquences dans la gamme des ultrasons. Les ondes de pression ultrasonores créent des vibrations mécaniques dans le cristal, qui à leur tour génèrent une petite force électromotrice.

Ce signal est ensuite conditionné pour fournir une mesure des ondes ultrasonores présentes à la fréquence de résonance du cristal.

Cette masse résonnante est de nature à bande étroite et ne fournit donc que des mesures des niveaux ultrasonores à des fréquences spécifiques choisies

## 2.4. DETECTEUR DE FUITES DE GAZ A ULTRASONS OBSERVER-I

OBSERVER-i est le premier détecteur de fuites de gaz au monde équipé d'un réseau neuronal artificiel (RNA), une technologie de traitement du son en temps réel sur une large bande. Cette technologie est basée sur des études approfondies et un enregistrement réel des sons émis lors d'une fuite de gaz ainsi que du bruit de fond d'un vaste éventail de sources industrielles au fil des ans. L'algorithme RNA a été « défini » conformément à ces enregistrements afin de discriminer automatiquement un bruit de fond indésirable d'une fuite de gaz dangereuse. [24]



**La figure 2.7:** Détecteur de fuites de gaz à ultrasons OBSERVER-I [21]

### 2.4.1. Description générale et caractéristiques

Le Gasonic Observer-i détecte les fuites émanant des systèmes de gaz sous pression en captant l'ultrason transmis dans l'air, qui est produit par le gaz qui s'échappe de la fuite. Cette méthode de détection est omnidirectionnelle, fonctionne dans des conditions météorologiques extrêmes et convient idéalement pour surveiller rapidement les fuites sur les soupapes et les brides dans des systèmes d'é conduites complexes sur terre ou en mer.

Le principal avantage de l'utilisation des détecteurs de fuite de gaz à ultrasons est qu'ils n'ont pas besoin d'attendre l'accumulation du gaz, mais réagissent instantanément lorsqu'une fuite de gaz se produit, à des distances allant jusqu'à 28 mètres. Le Gasonic Observer-i convient à toutes les installations de gaz sous pression, de 2 BAR (29 psi) ou plus, dans lesquelles le gaz qui s'échappe en cas de fuite est à l'état gazeux.

Le Gasonic Observer-i peut être configuré pour fonctionner en mode Optimisé ou Classique. Dans le mode Classique, qui rappelle l'UGLD Observer-H antérieur, le déclenchement de l'alarme est basé sur le seuil SPL réglable par l'utilisateur. Le mode Classique permet d'adapter le Gasonic Observer-i pour en faire une installation Gasonic Observer ou Gasonic Observer-H. En mode



Optimisé, la méthode de détection repose sur l'algorithme ANN intelligent, capable de distinguer les fuites de gaz du bruit de fond.

Le Gassonic Observer-i est certifié selon les normes ATEX, IECEx, FM, CSA, HART et CEI 61508. Le boîtier du détecteur est en acier inoxydable AISI 316L moulé résistant aux acides et présente un indice de protection IP66 avec une classification NEMA. La performance du Gassonic Observer-i comme dispositif de sécurité n'est pas couverte par le certificat ATEX.

#### **2.4.1.1. Caractéristiques du système de détecteur Observer-i [25]**

**Type de détecteur :** Détecteur de fuites de gaz à ultrasons (acoustique)

**Méthode de rejet du bruit de fond :** Réseau de Neurones Artificiels (RNA) (ANN)

**Méthode de détection des fuites de gaz :** Réseau de Neurones Artificiels (RNA) (ANN)

**Fréquence de détection acoustique minimum (mode RNA) :** 12 kHz

**Limite de détection minimum :** 40 dB (u)

**Précision :** ±3 dB

**Test automatique :** Réalisé toutes les 15 minutes

**Exigence de pression minimum :** 2 bars (29 psi)

Rayon de couverture du détecteur (réf. Méthane)

- **Mode accentué (RNA) (à 0,1 kg/sec.)**

- Réglage FQHI (59 dB de niveau de sensibilité RNA) : 17 mètres (56ft.) par défaut
- Bruit de fond très élevé à moyen
- Réglage FQLO (54 dB de niveau de sensibilité RNA) : 28 mètres (92 ft.)
- Bruit de fond moyen à faible

- **Mode classique (à 0,1 kg/sec.)**

- Très élevé : 7 mètres pour 84 dB
- Élevé : 12 mètres pour 74 dB
- Moyen : 18 pour 64 dB
- Faible : 24 mètres pour 54 dB

**Temps de réponse :** < 1 s (vitesse du son)

#### **2.4.1.2. Caractéristiques électriques du détecteur à ultrasons Observer-i**

- **Alimentation :**

- 15–36 Vcc, 250 mA max.

- 24 Vcc, 170 mA nominal

Paramètres de relais (en option) : 8 A à 250 Vca

Sortie de courant (puits ou source)

**- Indications d'état :**

0 mA : démarrage, pas d'alimentation

1 mA : erreur d'impulsion acoustique

3 mA : inhibition du détecteur

**- Mode classique :**

4–20 mA, 40–120 dB (u)

**- Mode RNA :**

4–12 mA, 40–120 dB (u)

16 mA, avertissement

20 mA, alarme

**CEM/RFI**

- Directive CEM 2004/108/CE

- EN 61000-6-2, EN 61000-6-4

**Communication numérique :** HART, Modbus

**Propriétés requises pour les câbles :** Longueur de câble max. entre Observer-i et la source d'alimentation à 24 Vcc (20 ohms) 2,08 mm<sup>2</sup> (14 AWG) – 1809 m (5,928 ft)

**2.4.1.3. Caractéristiques environnemental du détecteur de fuites Observer-i**

- Plage de température de fonctionnement : –40°C à 60°C (–40°F à 140°F)
- Plage d'humidité de fonctionnement : 10 à 95 % HR, sans condensation
- 

**2.4.1.4. Caractéristiques mécaniques du détecteur de fuites à ultrasons Observer-i**

- Boîtier : Acier inoxydable AISI 316L
- Dimensions : 203 x 203 x 201 mm (7,99 x 7,99 x 7,91")
- Poids : 7,5 kg (16,6 lbs)
- Passages de câbles : M20 x 1,5 (adaptateur ¾" NPT supplémentaire disponible)
- Orifices de montage : 2 x vis de montage – M8 x 19 max.
- Indice de protection : IP66 / type 4X
- Configuration standard : OBSERVER i-1-1-1-1-1

**2.4.2. Réseau neuronal artificiel (ANN)**

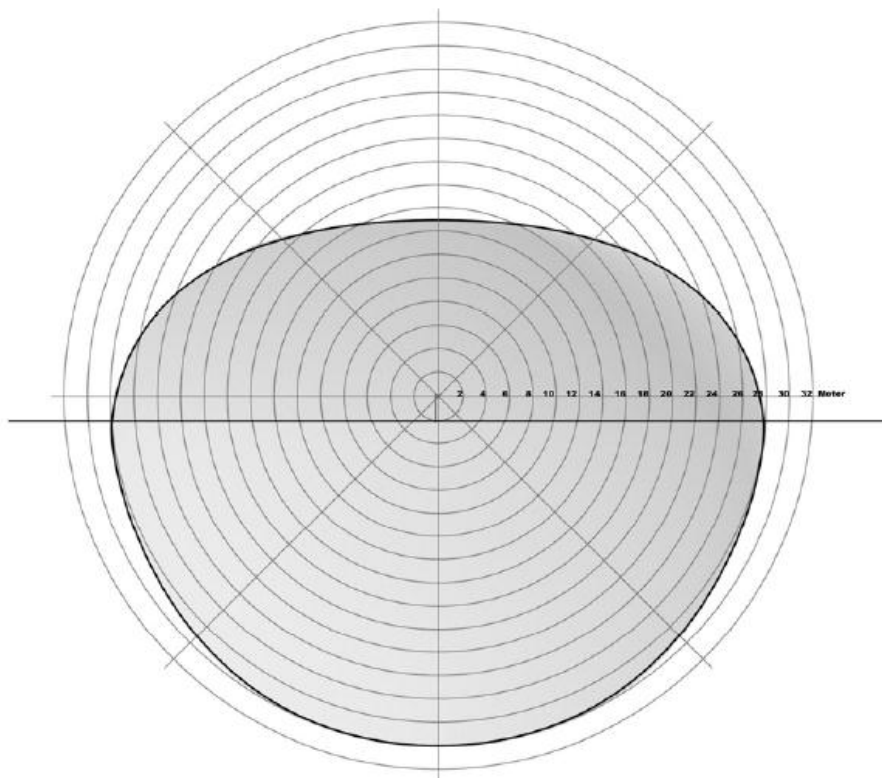
Un paramètre de performance essentiel des détecteurs de fuite de gaz à ultrasons est d'assurer une sensibilité acoustique élevée aux fuites de gaz réelles, tout en minimisant l'influence des sources de bruit de fond sans rapport avec les fuites de gaz. Par exemple, si nous avons vu le visage d'une personne dans sa jeunesse et entendu sa voix, nous sommes souvent capables de la

reconnaissance 20 ou 30 ans plus tard, même si la personne en question a changé avec le temps. Afin de garantir cette fonction très importante, le Gassonic Observer-i est le premier détecteur de fuite de gaz à ultrasons à faire appel à des algorithmes de réseau neuronal artificiel ANN (Artificial NeuralNetwork) multi-spectraux dans la conception du traitement des sons acoustiques avancés du détecteur pour distinguer les fuites de gaz réelles des fausses alarmes.

### 2.4.3. Zone surveillée par le Gassonic Observer-i

Le Gassonic Observer-i est configuré en mode Optimisé ou Classique avec des niveaux de déclenchement SPL aussi bas que 44 dB et est capable de détecter des fuites de gaz de 0,1 kg/sec à des distances alignées dans l'axe allant jusqu'à 30 mètres. La zone de détection illustrée dans la figure 1 est basée sur des fuites de gaz réelles et représente la couverture maximale du Gassonic Observer-i sans obstacle physique solide entre le détecteur et la fuite. En cas d'augmentation des niveaux de déclenchement SPL réglables par l'utilisateur, la zone de couverture est réduite de manière équivalente. En mode Optimisé, l'algorithme ANN rend inutiles les niveaux de déclenchement SPL, tout en filtrant les fausses alertes causées par les bruits de fond, ce qui étend la couverture de détection des fuites dans les zones très bruyantes.

Veillez consulter votre représentant local pour plus d'informations sur la zone de couverture ou vous référer à notre manuel technique UGLD pour des informations supplémentaires.



**Figure 2.8** : caractéristiques de couverture du détecteur (vue de côté) [21]

#### 2.4.4. Sorties du détecteur

L'UGLD Gassonic Observer-i dispose des capacités de sortie suivantes :

5. Interface boucle de courant 4-20 mA pour sortie analogique – collecteur ou source (réglage par défaut = source)
6. Relais d'alarme pour indiquer une alarme de fuite de gaz potentielle
7. Relais d'erreur pour indiquer un défaut du détecteur
8. Interface HART 6.0 fonctionnant via une interface boucle de courant 4-20 mA
9. Interface série Modbus fonctionnant sur deux fils séparés, RS-485 half-duplex

#### 2.4.5. Montage

Deux boulons M8 en acier inoxydable (non fournis), fixés sur la partie supérieure du détecteur à 88 mm de distance l'un de l'autre, sont utilisés pour fixer le Gassonic Observer-i dans sa position de fonctionnement. Ces boulons ne peuvent pénétrer dans la partie supérieure du détecteur que sur 14 mm au maximum. Le détecteur peut être monté sur un pylône autoporteur ou un mur à l'aide du support de montage Gassonic 80601-1. Ce support est un accessoire en option et est fourni avec deux boulons en U de montage M8 pouvant être ajustés autour d'un pylône de 63 mm maximum. Il est possible de monter directement le détecteur sur des poutres de charpente non vibrantes ou des chemins de câbles. Le microphone doit être orienté vers le bas et, s'il est nécessaire de faire basculer le détecteur, l'angle d'inclinaison ne doit pas dépasser 45°. En cas de montage du détecteur à moins d'un demi-mètre d'une structure solide, comme par exemple un mur ou une grande cuve, la source sonore de test acoustique doit être tournée dans la direction opposée à cette structure. La source sonore doit être tournée vers un espace libre aussi large que possible.

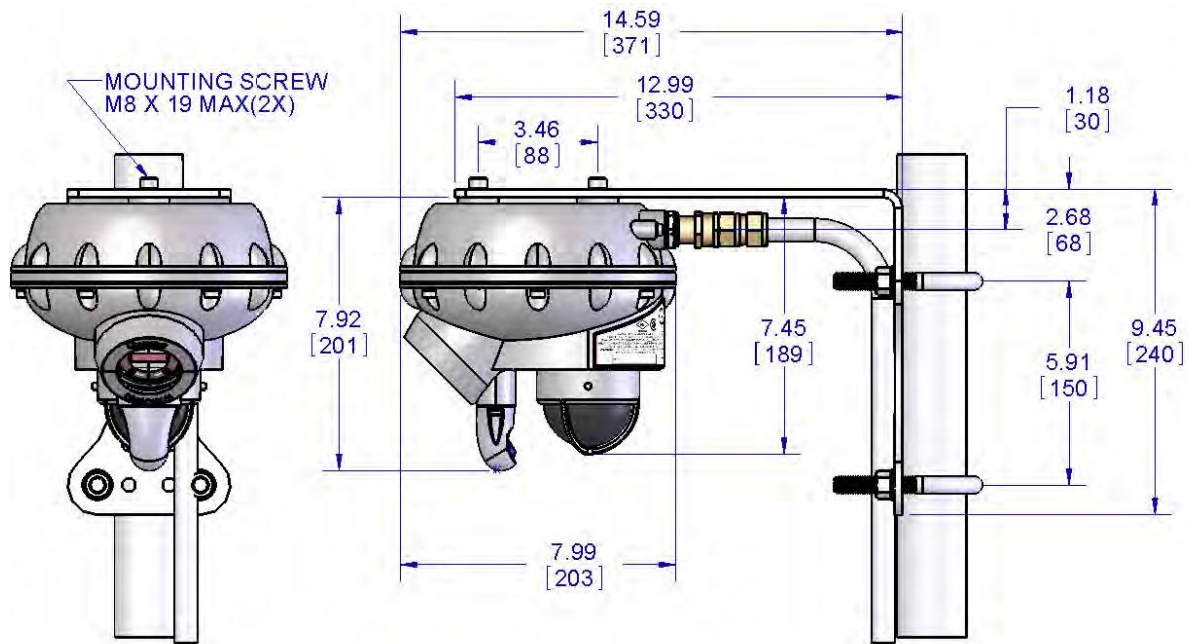


Figure 2.9 : schéma de montage [25]

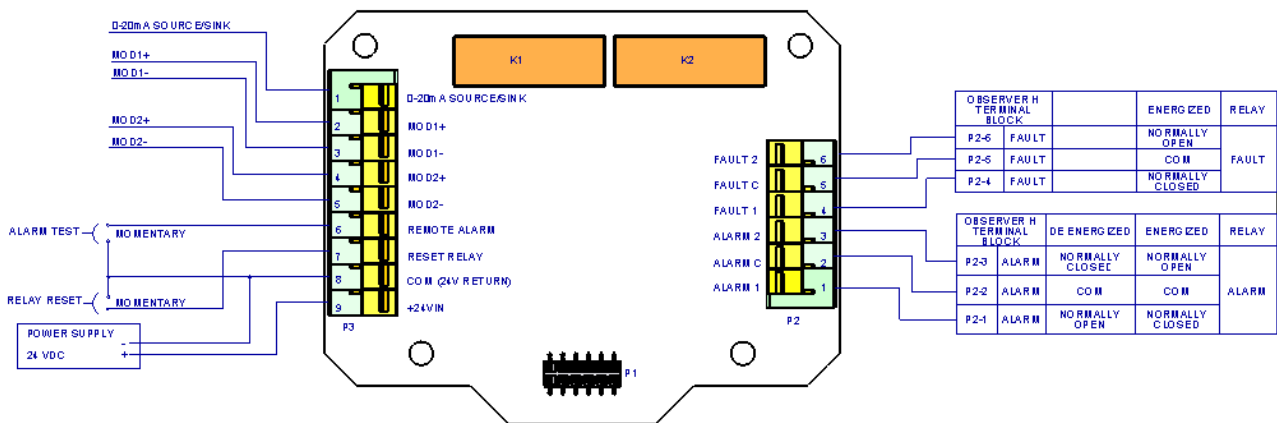


Figure 2.10 : schéma de câblage [25]

## 2.4.6. Fonctionnement et configuration

### 2.4.6.1. Fonctionnement normal

#### 1°. Mise sous tension

Le Gassonic Observer-i initialise son microprocesseur, effectue des tests internes et passe au mode de fonctionnement normal en l'espace de quelques secondes. Pendant la mise sous tension, le courant de la sortie analogique est réglé sur 0,0 mA ; la révision du logiciel et « TEST » sont affichés successivement.

## 2°. Normal

Le SPL en temps réel est affiché à l'écran. La valeur de sortie analogique 4-20 mA correspondante est réglée en fonction du mode de détection, Classique ou Optimisé.

## 3°. Alarme

Selon le mode de détection (Classique ou Optimisé), l'écran indique « A » ou « C » devant la valeur SPL. Le relais d'alarme\* est activé.

## 4°. Erreur

Le type d'erreur est indiqué à l'écran et le relais d'erreur est activé. Le relais d'erreur est activé par défaut.

## 5°. Test automatique

Le test acoustique automatique est réalisé à intervalles réguliers et, pendant son exécution, l'écran affiche une valeur SPL fixe enregistrée immédiatement avant le début d'un test.

Les relais d'alarme et d'erreur ont une configuration unipolaire à deux directions.

### 2.4.6.2. Configuration

Il existe trois manières différentes de réaliser la configuration. L'écran/aimant est une entrée de l'utilisateur qui ne nécessite qu'un aimant comme outil externe. Il convient le mieux aux systèmes simples. HART est une méthode qui requiert un modem HART et le logiciel correspondant. Il convient le mieux dans les systèmes comportant déjà un câblage et où des informations de contrôle sont souhaitées. Modbus requiert une paire de câbles séparée et un convertisseur RS-485 vers API. I convient le mieux aux grands systèmes.

## 1°. Modes de détection

Le Gasonic Observer-i prend en charge deux modes de détection :

- **Mode Classique** : la détection d'une fuite de gaz repose uniquement sur le déclenchement de l'alarme SPL
- **Mode Optimisé** : la détection d'une fuite de gaz repose sur l'algorithme ANN et le niveau de sensibilité ANN

Voir la section 4.4. Pour la sélection des modes de détection.

**2°. Déclenchement de l'alarme SPL**

Dans le mode Classique, le déclenchement de l'alarme SPL doit être réglé sur une valeur supérieure d'au moins 6 dB au bruit de fond. En cas d'utilisation du relais d'alarme, le niveau de déclenchement doit être défini en interne à l'aide d'un niveau de déclenchement réglable par tranches de 5 dB entre 44 et 99 dB. En cas d'utilisation de la sortie analogique, le niveau de déclenchement doit être défini dans le système de détection d'incendie et de gaz. Le réglage par défaut est de 79 dB.

**3°. Niveau de sensibilité ANN**

Dans le mode Optimisé, le réglage dB interne est appelé le niveau de sensibilité ANN. Le niveau de sensibilité ANN est le niveau SPL (dB) auquel l'ANN commence à fonctionner. Par exemple, si l'ANN est réglé sur 64 dB, tous les bruits acoustiques reçus par le Gassonic Observer-i à un niveau sonore inférieur à 64 dB ne sont PAS considérés comme positifs par l'ANN. Lorsque le SPL dépasse 64 dB, l'ANN considère une fuite de gaz comme un résultat positif et déclenche une alarme. Il est recommandé de maintenir la sensibilité ANN à un niveau aussi faible que possible pour améliorer la plage de détection et exploiter le plein potentiel de la technologie ANN. La sensibilité ANN est définie en interne par tranches de 5 dB entre 44 et 99 dB, en appliquant l'aimant sur l'écran. Le réglage par défaut est de 54 dB.

**4°. Relais d'alarme activé/désactivé**

Le relais d'alarme peut être normalement activé ou normalement désactivé. Dans n'importe quel état activé, le système unipolaire à deux directions permet d'ouvrir ou de fermer un contact pour une alarme. L'état normalement activé est une méthode à sécurité intégrée. Si une alarme ou une panne de courant se produit, une condition d'alarme est indiquée. Le réglage par défaut est normalement désactivé.

**5°. Relais d'alarme verrouillé/non verrouillé**

Le relais d'alarme peut être verrouillé pour maintenir la condition d'alarme, même si la fuite de gaz disparaît. Cette fonction du relais peut être configurée en appliquant un aimant sur l'écran, mais aussi via les interfaces HART ou Modbus. Le réglage par défaut est non verrouillé.

**6°. Modbus**

Modbus est un canal de communication en série optionnel, qui sert à obtenir des informations de contrôle. Le Gassonic Observer-i a deux canaux Modbus indépendants. Le second canal Modbus peut être configuré en tant qu'interface HART optionnelle.

**7°. Méthodes de sortie**

Le Gassonic Observer-i dispose de 4 méthodes de sortie principales :

- Sortie de relais d'alarme

Peut-être configurée comme normalement activée/désactivée

- Sortie de relais d'erreurs

Toujours configurée comme normalement activée

- Sortie analogique 4-20 mA

Peut-être configurée comme source ou collecteur

- Communication numérique en série

Configurable comme Modbus double ou Modbus unique et HART (en option)

L'utilisateur doit déterminer la méthode de sortie appropriée.

**2.4.7. Interface utilisateur et magnétique**

L'interface utilisateur se compose d'une fenêtre d'affichage LED à quatre chiffres et de quatre interrupteurs magnétiques permettant à un opérateur local de confirmer ou de changer les réglages sans ouvrir l'appareil. Lorsque l'interface utilisateur est utilisée, le Gassonic Observer-i passe au mode de configuration. Le mode de configuration comporte les tests suivants : sortie analogique = 3,5 mA (Activer HART), 3,0 mA (Désactiver HART).

Le schéma du menu utilisateur du Gassonic Observer-i est représenté sur la page suivante





### 2.4.8. Pièces de rechange

Pour commander des pièces de rechange et/ou accessoires, contacter le représentant Gassonic le plus proche ou directement la société Gassonic et fournir les informations suivantes :

- Référence de la pièce de rechange ou de l'accessoire
- Description de la pièce de rechange ou de l'accessoire
- Quantité de pièces de rechange ou d'accessoire

**Tableau 2.1:** pièces de rechange

Description	Référence
Vis Allen M6x20	928-381
Rondelle de blocage	928-651
Joint torique	925-5108
Microphone	805773-1
Kit de source sonore	80554-3
Bâton magnétique	80499-1
Support de montage et matériel	80601-1
Pare-brise	80333-1
Support de pare-brise	805708-1
Clé à cliquet 12 mm (pour installer et démonter le microphone)	954-024
Vis de carte de relais	805541-2
Séparateur de carte de relais de 10 mm	928-459
Vis M4 x 16 mm de montage de carte de relais	928-393

**2.5. CONCLUSION**

Dans ce chapitre après avoir présenté en premier lieu la physique à ultrasons à travers quantification des fuites de gaz et quantification du niveau de pression acoustique en deuxième lieu technologie des détecteurs ultrason à travers la technologie existante des détecteur et l'avantage de la détection ultrasons, principe de fonctionnement, pièces de détecteur de fuite de gaz à ultrasons, et mesure par ultrasons , et en dernier lieu une étude détaillée sur le détecteur de fuites gaz industriel OBSERVER-i.

La détection de fuites de gaz par ultrasons Gasonic Observer-i est un moyen très efficace d'établir la présence de fuites de gaz qui est couramment utilisé en chimie, Centrale électrique et de nombreuses applications pétrolières et gazières. Il présente un taux de réponse rapide, n'est pas affecté par les bruits audibles et fonctionne particulièrement bien dans des zones ouvertes et ventilées où d'autres méthodes de détection de gaz peuvent ne pas être indépendantes de la ventilation.

---

# *Chapitre 3*

---

## **ETUDE DE CAS**

### *Spe-Tiaret*

---

### **3.1 INTRODUCTION**

La détection précoce et précise des fuites de gaz est cruciale pour prévenir les accidents, protéger les travailleurs et minimiser les risques environnementaux. Alors dans ce chapitre, nous décrirons le site industriel SPE et aussi mettra en évidence l'importance de l'installation d'un détecteur ultrasonore pour la détection des fuites de gaz dans un site industriel. En comprenant les différentes étapes nécessaires à l'implémentation efficace de ce système, il devient possible de renforcer la sécurité des travailleurs, de protéger l'environnement et de réduire les risques liés aux fuites de gaz dans le contexte industriel.

### **3.2 PRESENTATION DU SITE INDUSTRIEL**

En vue de procéder à une étude de cas , pour l'implantation d'un système de surveillance de fuite de gaz sur un site industriel , notre choix s'est porté sur le site de la société de production de l'électricité de Tiaret.

#### **3.2.1Présentation de SPE TIARET**

##### **3.2.1.1 Historique de l'unité SPE de Tiaret**

La SPE TIARET est une unité de production d'énergie électrique. Elle est divisée en deux centrales FIAT et ALSTHOM d'une production combinée de 450MW. Elle commence la production avec la centrale FIAT. La centrale FIAT est composée de 04 tranches TG20B2, chacune d'une puissance de 30MW. Le premier couplage a été réalisé par la compagnie Jeumont Sheinder en date du 03/08/1978. Le deuxième groupe a été couplé en date du 05/08/1978. Le troisième groupe a été couplé en date du 08/09/1978, et le quatrième groupe a été couplé en date du 04/11/1978. Les alternateurs de ces quatre groupes sont de marque Jeumont Sheinder et les turbines sont de marque FIAT.

Fin 1988, la SPE Tiaret s'est dotée d'une centrale de la société française ALSTHOM. La centrale ALSTHOM se compose de 03 groupes de TG9001E, chacun avec une puissance de 100MW. La jonction du groupe 5 a été effectué le 14/12/1988, celle du groupe 6 le 11/02/1989 et celle du groupe 7 le 05/09/1989[26].

### 3.2.1.2 Situation géographique

La centrale située au sud de la wilaya de Tiaret, elle est délimitée [27]:

Du Nord par une ferme d'elvage

Du Sud par la centrale de distribution d'électricité GRTE

D'Ouest par la route nationale N°23.

D'Est par des terrains agricole.

Elle est implantée à 7Km du centre-ville de Tiaret. La superficie globale est de 39929 m<sup>2</sup> dont 13964 m<sup>2</sup> surface bâtie répartie comme suite :

Centrale FIAT : bâtie est de 6074 m<sup>2</sup>, Centrale ALSTHOM : bâtie est de 7890 m<sup>2</sup>

Longueur : 298,66 m, Largeur : 132,6 m



**Figure 3.1** : Vue de la zone d'étude [28]

### **3.3 RISQUES INTERNE**

#### **3.3.1 Risque d'incendie**

La centrale équipée de trois turbines à gaz fonctionnant à l'aide de gaz à haute pression gasoil et d'air à très haute débit d'où risque majeur d'incendie. Les locaux présentant des risques d'incendie sont: les groupes, les postes de gaz et les cellules moyennes et haute tension équipant les locaux de commande centralisées et les bacs stockage gasoil les fuites de gaz, les fuites de gaz chauds à partir des chambres de combustion des disjoncteurs mal manipulés les fuites d'huile fuites de gasoil dans les packages et locaux. Il est très difficile de quantifier les probabilités des risques car pour cela il faut imaginer tous les scénarios possibles de négligence coupable, d'attentats ou d'intrusion.

La probabilité qu'un incendie se produise à la centrale et assez faible du fait des moyens très sophistiqués de détection de fuite de gaz et des températures trop élevées dans les locaux et packages, des méthodes de travail et le savoir-faire de nos agents très aguerris au manipulations des appareils sous haute pression ou haute tension et des mesures draconiennes instaurées par Sonelgaz en matière de sécurité.

#### **3.3.2 Risque d'explosion**

Les canalisations de gaz à haute pression ou la transformatrice haute tension présentent des forts risques d'explosion. Les Postes de gaz situé au sein de la centrale, la transformatrice haute tension située à la centrale présentent les plus forts risques d'explosion. Les fuites de gaz situé trop pris du sol (présence des mégots, passage de véhicule, utilisation d'outils non réglementaire), fuites d'huiles non décelées dans les cuves à huile des transformateurs, absence des chambres de coupure dans les disjoncteurs. Les fuites d'huile des transformateurs, si elles ne sont décelées rapidement par nos agents, provoqueraient le fonctionnement des protections avec alarmes sonores et visuelles ; les travaux sur les cellules haute tension et les disjoncteurs ne sont confiés qu'aux agents habilités par Sonelgaz de ce fait les probabilités d'explosion sont réduites au maximum.

#### **3.3.3 Risque d'acte malveillant**

N'importe qu'elle installation de la centrale sujette à un acte malveillant affecte partiellement ou totalement les capacités de production. Les actes de sabotage peuvent subvenir de l'intérieur ou de l'extérieur. Aussi, des mesures de prévention aussi complètes que possible (fouilles à l'entrée et à la sortie, système de télésurveillance sont instaurées. Un acte volontaire provoquant simplement l'une des causes d'incendie ou d'explosion énumérées ci-dessus aurait de graves conséquences sur les équipements et le personnel de la centrale.

### **3.3.4 Evaluation des conséquences**

#### **3.3.4.1 Effets de dangers sur l'installation**

Au cas hypothétique où il se produirait un événement fâcheux d'origine technique ou criminelle, l'impact serait considérable sur les installations et même sur le personnel ceci entraînerait à coup sur la détérioration partielle ou totale de nos moyens de production ainsi que la perte de nombreuse vie humaine. Nos installations étant à la pointe de la technologie des travaux de réparation seraient excessivement coûteuses avec de très longs délais de réalisation.

#### **3.3.4.2 Impact sur le milieu naturel**

Vu la situation de la centrale dans une zone industrielle, l'impact de l'incendie sur le milieu naturel réside dans la pollution de l'environnement par les fumée et les projections des huiles etc.

#### **1°. Au plan économique**

Détérioration de nos moyens de production et la réparation qui serait coûteuse et rait prendre des longs délais de réalisation ainsi qu'un manque à gagner journalier. Cette perte d'énergie représente la consommation de presque toute la ville et région de TIARET qui plongera cette dernière dans le noir ainsi que la mise à l'arrêt des industries qui dépendent de cette énergie électrique.

#### **2°. Au plan social**

Pertes de nombreuses vies humaines parmi le personnel de la centrale atteinte à leur intégrité physique et morale ainsi que les frais des indemnisations que doit déboursier l'entreprise envers les personnes atteintes.

#### **3°. Sur la population**

Pertes de nombreuses vies humaines ainsi que les dégâts qui peuvent être occasionnels sur les habitations limitrophes à la centrale et panique générale au sein de la population.



### 3.3.5 Zone de risque

La centrale de TIARET est composée de 04 zones géographiques :

- **Zone A** : Contient les zones de risques suivants : Salle de batterie ; Salle machines ; Turbines à gaz ; Transformateurs principales ; Transformateurs secondaires Bâtiment de commande ; Refroidisseur d'huile ; Stockage gasoil de secoure. Le **tableau 3.1** expose les différents risques et leur impact associés à cette zone. Le **tableau 3.2** expose la localisation et classement des risques associés à la zone A

**Tableau 3.1** : Zone A (risques associés)

Zones	Zones de risques	Risques	Origine des risques	Impact sur l'environnement
A	(35)	Incendie	Salle de batterie	<i>Personnel Pollution de l'air Rejet des eaux contaminées</i>
	(38)	Incendie	Salle machines	<i>Personnel Pollution de l'air Rejet des eaux contaminées</i>
	(01)	Incendie/Explosion	Turbines à gaz	<i>Personnel Pollution de l'air Rejet des eaux contaminées</i>
	(31)	Incendie/Explosion	Transformateurs principales	<i>Personnel Pollution de l'air Rejet des eaux contaminées</i>
	(32)	Incendie/Explosion	Transformateurs secondaires	<i>Personnel Pollution de l'air Rejet des eaux contaminées</i>
	(11)	Incendie	Bâtiment de commande	<i>Personnel Pollution de l'air Rejet des eaux contaminées</i>
	(29)	Incendie	Stockage gasoil de secours	<i>Personnel Pollution de l'air Rejet des eaux contaminées</i>

Tableau3.2 : Zone A (Localisation et classement des risques)

Zone	Zone de risque	Activité	Risques				
			Matière premier mises en œuvre	Incendie	Explosion	Diffusion de produits toxiques	Pollution
A	(35)	Stockage d'électricité	Acide des batteries H2SO4G aze H2	×		×	×
	(38)	Maintenance	Métaux, huile	×			×
	(01)	Production d'énergie électrique	Gaz naturel	×	×	×	×
	(31)	Régulation et transformation d'électricité	Electricité	×	×	×	×
	(32)	Régulation et transformation d'électricité	Electricité	×	×	×	×
	(11)	Gestion et contrôle processus	Electricité	×			
	(29)	Stockage	Gasoil				×

- **Zone B** : Contient les zones de risques suivants : Transformateur principale ; Turbines à gaz; Cellules TP contre la foudre ; Poste de commandes ; Transformateur T.A.M 11.5K/K380; Transformateur T.L/11 ?5KV/KV6 : Transformateur T.s.86 KV/380V ; Station de compression. Le **tableau 3.3** expose les différents risques et leur impact associés à cette zone. Le **tableau 3.4** expose la localisation et classement des risques associés à la zone B

Tableau3.3 : Zone B (risques associés)

Zones	Zones de risques	Risques	Origine des risques	Impact sur l'environnement
<b>B</b>	(06)	Incendie/Explosion	Transformateurs principales	<i>Personnel Pollution de l'air Rejet des eaux contaminées</i>
	(35)	Incendie/Explosion	Turbines à gaz	<i>Personnel Pollution de l'air Rejet des eaux contaminées</i>
	(01)	Incendie	Poste de commande	<i>Personnel Pollution de l'air Rejet des eaux contaminées</i>
	(31)	Incendie/Explosion	Transformateurs T.A.M 11.5 K/K380	<i>Personnel Pollution de l'air Rejet des eaux contaminées</i>
	(32)	Incendie/Explosion	Transformateur T.L/11 ?5KV/KV6	<i>Personnel Pollution de l'air Rejet des eaux contaminées</i>
	(11)	Incendie/Explosion	Transformateur T.s.86 KV/380V	<i>Personnel Pollution de l'air Rejet des eaux contaminées</i>
	(45)	Explosion	Station de compression	<i>Personnel Pollution de l'air Rejet des eaux contaminées</i>

Tableau3.4 : Zone B (Localisation et classement des risques)

Zone	Zone de risque	Activité	Risques				
			Matière premier mises en œuvre	Incendie	Explosion	Diffusion de produits toxiques	Pollution
B	(06)	Régulation et transformation d'électricité	Electricité	×	×	×	×
	(35)	Production d'énergie électrique	Gaz naturel	×	×	×	×
	(01)	Gestion et contrôle processus	Electricité	×			
	(31)	Régulation du gaz	Gaz naturel	×	×	×	×
	(32)	Régulation et transformation d'électricité	Electricité	×	×	×	×
	(11)	Régulation et transformation d'électricité	Electricité	×	×	×	×
	(45)	Régulation et transformation d'électricité	Electricité	×	×	×	×

- **Zone C** : Contient les zones de risques suivants : Poste gaz ; Chaudières Salles des pompes ; Stockage des huiles ; Stockage des huiles ASKARELS ; Compartiment onduleurs. Le **tableau 3.5** expose les différents risques et leur impact associés à cette zone. Le **tableau 3.6** expose la localisation et classement des risques associés à la zone A

Tableau3.5 : Zone C (risques associés)

Zones	Zones de risques	Risques	Origine des risques	Impact sur l'environnement
C	(20)	Incendie/Explosion	Poste gaz	Personnel Pollution de l'air Rejet des eaux contaminées
	(41)	Incendie/Explosion	Chaudières	Personnel Pollution de l'air Rejet des eaux contaminées
	(27)	Incendie	Salles des pompes	Personnel Pollution de l'air Rejet des eaux contaminées
	(09)	Incendie	Stockage des huiles	Personnel Pollution de l'air Rejet des eaux contaminées
	(14)	Incendie	Stockage des huiles ASKARELS	Personnel Pollution de l'air Rejet des eaux contaminées
	(16)	Incendie	Compartiment onduleurs	Personnel Pollution de l'air Rejet des eaux contaminées

Tableau3.6 : Zone C (Localisation et classement des risques)

Zone	Zone de risque	Activité	Risques				
			Matière premier mises en œuvre	Incendie	Explosion	Diffusion de produits toxiques	Pollution
C	(20)	Filtration et réglage	Gaz naturel	×	×	×	×
	(41)	Réchauffement du gaz	Gaz naturel	×	×	×	×
	(27)	Pompage d'eau	Eau	×			×
	(09)	Stockage	Huiles industriel	×		×	×
	(14)	Stockage	Huiles ASKARELES	×		×	×

- **Zone D** : Contient les zones de risques suivants : Poste gaz ; Chaudière Station de pompage anti incendie ; Stockage des huiles ; Stockage des huiles ASKARELS Compartiment onduleurs ; Cuves condensat Le **tableau 3.7** expose les différents risques et leur impact associés à cette zone. Le **tableau 3.8** expose la localisation et classement des risques associés à la zone A

Les risques probables de survenance sont : l'incendie, l'explosion et la pollution

Tableau 3.7 : Zone D (risques associés)

Zones	Zones de risques	Risques	Origine des risques	Impact sur l'environnement
<b>D</b>	(42)	Incendie/Explosion	Poste gaz	Personnel Pollution de l'air Rejet des eaux contaminées
	(41)	Incendie/Explosion	Chaudière	Personnel Pollution de l'air Rejet des eaux contaminées
	(27)	Incendie	Station de pompage anti incendie	Personnel Pollution de l'air Rejet des eaux contaminées
	(43)	Incendie/Explosion	Cuves condensa	Personnel Pollution de l'air Rejet des eaux contaminées

Tableau3.8 : Zone D (Localisation et classement des risques)

Zone	Zone de risque	Activité	Risques				
			Matière premier mises en œuvre	Incendie	Explosion	Diffusion de produits toxiques	Pollution
<b>D</b>	(16)	Stockage	Electricité	×		×	×
	(42)	Filtration et réglage	Gaz naturel	×	×	×	×
	(41)	Réchauffement du gaz	Gaz naturel	×	×	×	×
	(27)	Pompage d'eau	Eau/gasoil	×		×	×
	(43)	Condensation	Vapeurs	×	×	×	×

### 3.4 ZONES TURBINES A GAZ (ALSTHOM)

#### 3.4.1 Description de la zone

- Une zone de turbine à gaz est une partie d'une centrale électrique ou d'une installation industrielle où se trouvent les turbines à gaz.
- Elle est située dans la centrale Alstom qui contient de trois turbines.
- La salle est un parallélépipède avec une hauteur de ....
- La zone de turbine à gaz est généralement un espace clos et sécurisé qui abrite les turbines à gaz elles-mêmes, ainsi que les équipements auxiliaires nécessaires à leur fonctionnement.
- Tant que la turbine n'est pas couverte par un package, on doit installer le détecteur ultrasonore au niveau du toit du bâtiment.

### 3.4.2 Risques de gaz associés

#### 1° Risques de gaz naturel

Le gaz naturel présente certains risques potentiels dans la zone de turbine à gaz, tel que :

- **Fuites de gaz** : Les fuites de gaz naturel peuvent être dangereuses, car le gaz est hautement inflammable. En cas de fuite, le gaz peut s'accumuler dans un espace clos, créant un risque d'explosion ou d'incendie.
- **Explosions** : Si une fuite de gaz naturel n'est pas détectée à temps et qu'elle s'accumule dans un espace confiné, une étincelle ou une source d'ignition peut provoquer une explosion.
- **Intoxication au monoxyde de carbone** : Une mauvaise ventilation ou un dysfonctionnement des appareils peut entraîner une accumulation de monoxyde de carbone à l'intérieur des bâtiments, ce qui présente un risque d'intoxication pour les personnes.

Il est important de noter que de nombreuses précautions et réglementations sont mises en place pour minimiser ces risques. Les systèmes de détection de gaz, les dispositifs de sécurité et les normes de construction sont utilisés pour prévenir les fuites et les accidents liés au gaz naturel. L'industrie du gaz naturel est également réglementée pour réduire les impacts environnementaux.

#### 2° Risques du dioxyde de carbone CO<sub>2</sub>

Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) est un gaz naturellement présent dans l'atmosphère. Bien que le CO<sub>2</sub> soit essentiel à la vie sur Terre, il présente également des risques lorsqu'il est présent en concentration élevée ou dans des environnements confinés, tel que :

- **Asphyxie** : Le CO<sub>2</sub> est plus lourd que l'air et peut s'accumuler dans les zones confinées, comme la zone de turbine à gaz, les caves, les espaces souterrains. Lorsque la concentration de CO<sub>2</sub> dépasse les niveaux normaux, il peut remplacer l'oxygène, entraînant une diminution de la teneur en oxygène de l'air respirable. Une exposition prolongée à une concentration élevée de CO<sub>2</sub> peut entraîner une asphyxie et mettre la vie en danger.
- **Effets sur la santé** : Une exposition à des concentrations élevées de CO<sub>2</sub> peut provoquer des symptômes tels que des maux de tête, des vertiges, des nausées, une augmentation de la fréquence respiratoire et une diminution de la capacité de concentration. Ces effets peuvent varier en fonction de la durée et de l'intensité de l'exposition.
- **Risques dans les espaces confinés** : Les environnements confinés, tels que les réservoirs, les espaces de travail restreints, peuvent être particulièrement dangereux en présence de CO<sub>2</sub>. En cas de fuite ou d'accumulation de CO<sub>2</sub>, il peut être difficile de détecter le gaz et d'évacuer rapidement les personnes, ce qui augmente le risque d'asphyxie.
- **Impact sur l'environnement** : Le CO<sub>2</sub> est considéré comme un gaz à effet de serre, contribuant au changement climatique.

### 3.4.3 Etude d'implantation d'un détecteur US de gaz

La mise en œuvre d'un détecteur ultrasonore pour la détection des fuites de gaz dans la zone turbine à gaz est une mesure importante pour assurer la sécurité des travailleurs et des équipements. Pour l'installation des détecteurs, une étude approfondie est nécessaire afin de déterminer :

- les lieux ou les endroits appropriés pour leur implantation.
- le type de détecteurs à utiliser.
- le nombre de détecteurs nécessaires
- et les mesures de sécurité.

Ainsi, l'étude d'implantation d'un détecteur US pour fuite de gaz au niveau de la zone turbine à gaz, comprends les étapes suivantes :

#### 3.4.3.1 : Évaluation des risques

Avant d'installer des détecteurs de gaz, il est important d'effectuer une évaluation des risques pour identifier les zones à risques et déterminer les types de gaz qui sont potentiellement présents. En fonction des résultats de l'évaluation des risques, il est important de planifier l'emplacement des détecteurs de gaz. Les détecteurs doivent être placés dans les zones où le risque de fuite de gaz est le plus élevé, par exemple près des équipements de traitement de gaz, des pipelines ou des cuves de stockage.

##### 1°. Rôle de l'évaluation des risques

La phase d'évaluation des risques permet d'obtenir la liste classée par ordre de priorité des risques. L'évaluation des risques permet de déterminer quand un risque est supportable et peut donc être accepté par le propriétaire du risque. A cet effet, un seuil de tolérance de risque est souvent indiqué dans le paysage des risques. Les risques qui sont situés au-delà de ce seuil ne doivent pas être tolérés; par contre, ceux qui sont situés sous ce seuil sont acceptables La phase d'évaluation des risques constitue un processus formel permettant d'identifier et de classer par ordre de priorité les risques portant sur l'ensemble de l'entreprise.

##### 2°. Critères d'évaluation

L'évaluation du risque réel se fait à travers la considération de quatre (04) critères permettant l'évaluation d'un risque qui permettent de quantifier le risque :

**G:** gravité du dommage corporel

**F:** fréquence de survenance

**E:** taux d'exposition

**N:** niveau de protection



On définit:

Le risque initial:

$$Ri = (F \times E) \times G$$

Ou bien

$$Ri = P \times G$$

On définit, le risque réel:

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

Où : **P** représente la probabilité d'occurrence du dommage (**F** x **E**)

### 3°. Grille de cotation

**Tableau3.9** : cotation de la gravité

(G)	
Gravité	Cotation
Faible : accident de travail sans arrêts de travail	1
Moyenne : accident de travail ou maladie avec arrêts de travail ou hospitalisation	2
Grave: accident de travail ou maladie professionnel avec poste aménagé ou IPP	3
Très grave: accident de travail ou maladie professionnel mortelle	4

**Tableau3.10** : Cotation de la fréquence et exposition

(E)			
Taux d'exposition	Cotation	Fréquence	Cotation
Faible : entre 5 et 20 min	1	<b>Rarement fréquent</b> : l'accès à la zone dangereuse peut se produire 1 fois par ans ou moins d'une fois	1
Moyen : entre 1h et 2h	2	<b>Peu fréquent</b> : l'accès à la zone dangereuse peut se produire 1 ou 2 fois par mois	2
Elevé : plus de 4h et 6h	3	<b>Fréquent</b> : l'accès à la zone dangereuse peut se produire plusieurs 1 ou 2 fois par semaine	3
Très élevé : plus de 6h (continu)	4	<b>Très fréquent</b> : l'accès à la zone dangereuse est chaque jours	4

### 3.4.3.2 : Sélectionner le détecteur selon le type de gaz

Le choix du détecteur dépendra du type de gaz qui est potentiellement présent dans l'environnement industriel. Il existe différents types de détecteurs de gaz, notamment les détecteurs de gaz toxiques, inflammables ou corrosifs. Il est important de choisir un détecteur qui soit adapté au type de gaz présent dans l'environnement.

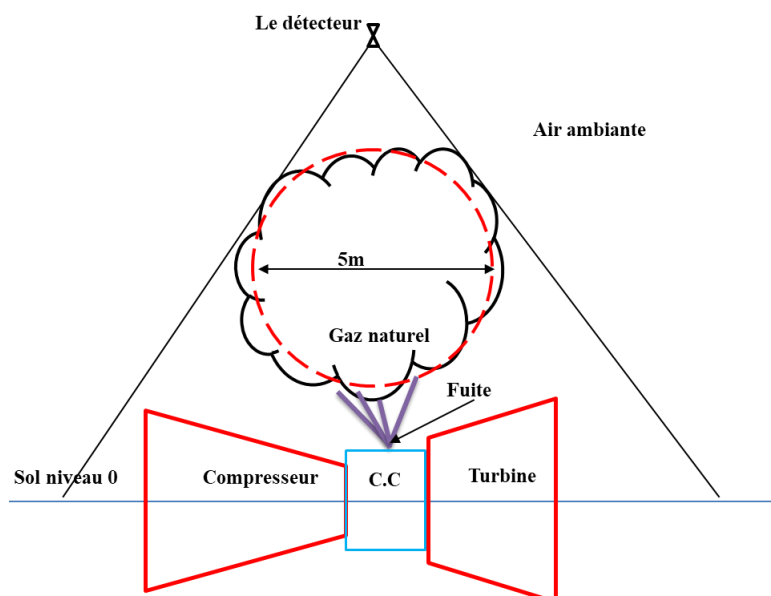
**Tableau 3.11** : Les détecteurs ultrason

	La marque	Le modèle
1	MSA	Observer-i Gasonic
2	MSA France	Ultrasonique IS-5
3	Emerson FR	Emerson FR
4	Fluke	II 900
5		GDU-Incus

Parmi ces détecteurs, nous avons choisi le premier modèle (Observer-i Gasonic ) pour notre étude d'installation dans la zone de turbine à gaz.

### 3.4.3.3 : Choisir le détecteur selon le moyen

Il existe différents types de détecteurs ultrasonores pour la détection de fuites de gaz, chacun ayant des caractéristiques différentes approprié pour la zone à surveiller. Des détecteurs ultrasonores de type fixe sont choisis en raison de leur capacité à détecter les fuites de gaz à une distance allant jusqu'à 28 mètres. Les détecteurs sont également équipés de la technologie de filtrage du bruit. La **figure 3.2** montre les paramètres à considérer lors de la mise en œuvre d'un détecteur de fuite de gaz à ultrason.



**Figure3.2** : Mise en situation d'un détecteur ultrasonique dans une locale turbine à gaz.

### 3.4.3.4 : Déterminer la fréquence de vérification

La fréquence à laquelle les détecteurs doivent être vérifiés dépend de facteurs tels que le type de gaz, la pression et la température. La fréquence de vérification doit être déterminée en fonction des spécifications du fabricant.

### 3.4.3.5 : Déterminer les mesures de sécurité à prendre

Il est important de prendre des mesures, qui peuvent être causés par des sources de bruit ou des conditions météorologiques défavorables. Les mesures de sécurité peuvent inclure la vérification de la température et de l'humidité, ainsi que l'utilisation de filtres pour éliminer les sources de bruit.

### 3.4.3.6 : Installation

Le choix de l'emplacement de l'installation est crucial pour garantir l'efficacité du détecteur de fuite de gaz. Les détecteurs doivent être installés près des appareils à gaz, des conduites de gaz et des zones où les fuites sont susceptibles de se produire. Les détecteurs de fuite de gaz peuvent nécessiter une alimentation électrique, une connexion à un système d'alarme et une calibration avant utilisation. Il est important de suivre les instructions du fabricant pour une installation appropriée.

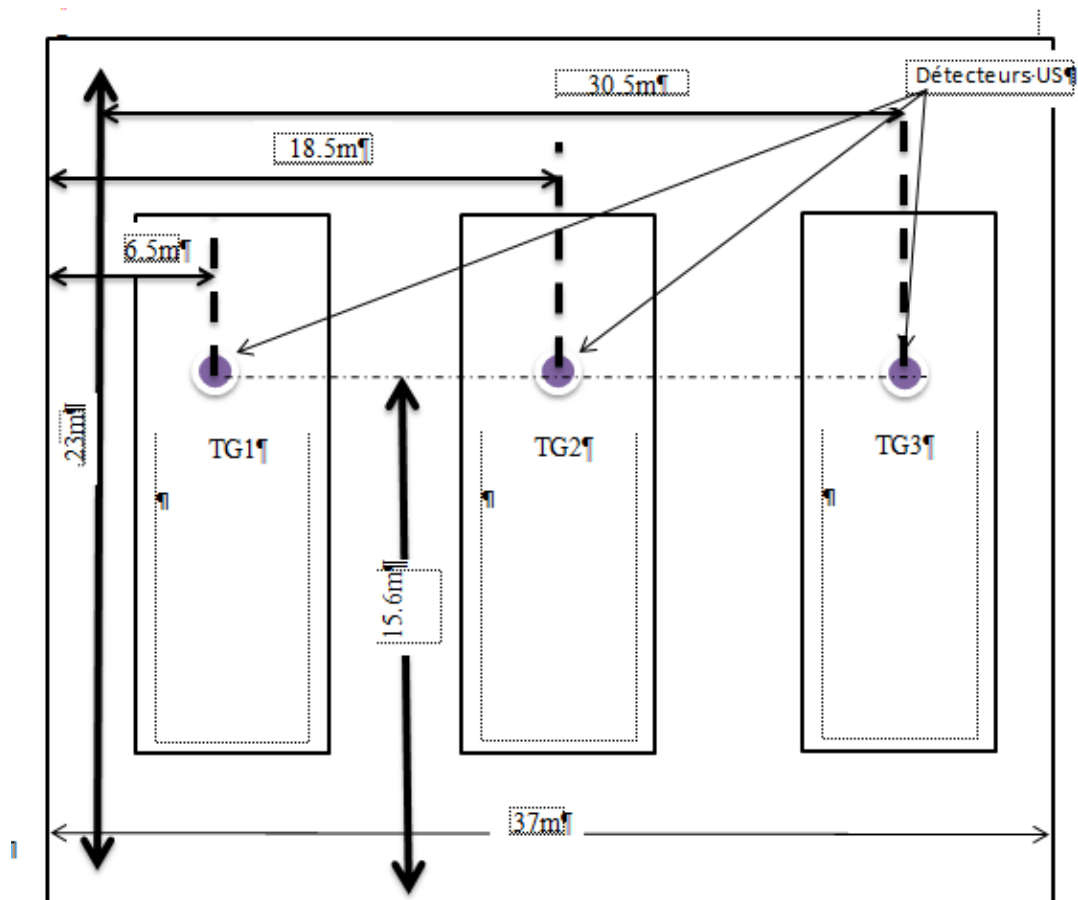


Figure 3.3 L'installation d'un détecteur US dans une zone turbine à gaz.

**3.4.3.7 : Calibrage des détecteurs**

Avant la mise en service des détecteurs de gaz, il est important de les calibrer pour s'assurer qu'ils fonctionnent correctement. Le calibrage doit être effectué régulièrement pour garantir que les détecteurs fonctionnent toujours de manière fiable.

**3.4.3.8 : Formation des employés**

Les employés qui travaillent avec des détecteurs de gaz doivent être formés à leur utilisation et à leur fonctionnement, y compris comment interpréter les alertes et les alarmes.

Il est important de noter que l'installation de détecteurs de gaz doit être effectuée par des professionnels qualifiés et formés à l'utilisation de ces équipements.

**3.4.3.9 : Tester les détecteurs**

Une fois que les détecteurs sont installés, ils doivent être testés pour s'assurer qu'ils fonctionnent correctement et qu'ils sont capables de détecter les fuites de gaz.

L'installation de détecteurs ultrasonores pour la détection de fuites de gaz dans un site industriel est une mesure importante pour assurer la sécurité des travailleurs et des équipements. Une étude approfondie doit être effectuée pour déterminer les zones appropriées pour l'installation des détecteurs, le type de détecteurs à utiliser, le nombre de détecteurs nécessaires et les mesures de sécurité à prendre pour éviter les faux positifs.

**3.5 CONCLUSION**

L'installation d'un détecteur ultrason dans une zone turbine à gaz met en évidence l'importance de la surveillance pour éviter les pannes coûteuses et assurer un fonctionnement sûr et efficace. Le détecteur ultrason est choisi en raison de sa sensibilité élevée et de sa capacité à détecter les signaux acoustiques. L'emplacement stratégique du détecteur est crucial. L'installation nécessite une expertise technique pour garantir un bon alignement et minimiser les interférences. La configuration et la calibration précises du détecteur sont essentielles pour définir les seuils de détection et les paramètres adaptés. Une surveillance continue permet de collecter des données en temps réel et d'analyser les tendances pour prendre des mesures préventives. En résumé, l'installation d'un détecteur ultrason dans une zone turbine à gaz permet une surveillance précise et précoce, contribuant ainsi à maintenir la performance et la sécurité de la turbine.

---

---

# **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'étudiantes l'intégration progressive dans notre future cadre de travail.

Parmi les tâches allouées à la fonction maintenance figure la mission de surveiller et d'assurer le fonctionnement et la sécurité des installations industrielles et être en mesure de fournir un service de qualité aux différents unités de production.

La problématique qui a été posé dans notre travail étant liée à la possibilité de détection de fuite de gaz par ultrasons sur la turbine à gaz située à ALSTHOM dans le site SPE, une étude de portant sur l'installation d'un détecteur ultrason dans une zone turbine à gaz et la détermination de son emplacement dans le local des machines a été envisagée.

Au terme de cette étude, on peut dire et juger que les objectifs fixés et tracés dans notre plan de travail ont été atteints étant donné qu'on a pu proposer un schéma d'installation d'un détecteur à ultra son dans la zone turbines à gaz et en particulier à proximité de la turbine à gaz d'Alstom

Il est à noter que le manque de données pratiques ainsi que l'indisponibilité du détecteur, met les résultats obtenus sujet à une comparaison réelle et à une vérification. Dans le but une surveillance continue et collectez des données en temps réel et analysez les tendances pour prendre des mesures préventives Surveillance précoce et précise contribue à maintenir les performances et la sécurité de la turbine et de l'installation dans son ensemble,

## RÉFÉRENCES

[1]	<b>LINDE GAZ ALGERIE</b> , "Risques liées au gaz", <a href="https://www.linde.dz/fr/securite-qualite/risques-gaz/index.html">https://www.linde.dz/fr/securite-qualite/risques-gaz/index.html</a> , consulté le 20 Mars 2023.
[2]	<b>E. STANLAY ET R. MOROSE</b> . "La petite industrie moderne et le développement", Edition France empire. PARIS. 1975.
[3]	<b>M. CHARIF, N. BENCHAI</b> B, "Zone industrielle et développement local : quelle articulation ?", <a href="https://www.asjp.cerist.dz/en/article/6453">https://www.asjp.cerist.dz/en/article/6453</a> , 2011
[4]	<a href="https://www.economie.gouv.fr/entreprises/zones-dactivites-et-dactivites">https://www.economie.gouv.fr/entreprises/zones-dactivites-et-dactivites</a>
[5]	<b>ISO</b> , Norme ISO 14 001," Systèmes de management environnemental — Exigences et lignes directrices pour son utilisation", 2015
[6]	<b>ISO</b> , Normes ISO 9001" Systèmes de management de la qualité-Exigences", 2015
[7]	<b>ISO</b> , Norme ISO 45 001," Systèmes de management de la santé et de la sécurité au travail-Exigences et lignes directrices pour leur utilisation",2018
[8]	<b>CHAGUETMIF</b> , " <i>Urbanisation autour des sites industriels à haut risque- cas de Skikda</i> ", mémoire de magister, université de Constantine, 2011
[9]	[ <b>Leplat.J</b> , "Question autour de la notion de risque, Les risque professionnels : évolutions des approches", 2003
[10]	<b>JEAN-GREGOIRE BERNARD, SUZANNE RIVARD, BENOIT AUBERT</b> , Évaluation du risque d’implantation de progiciel, Rapport de projet, Kabaena Septembre 2002
[11]	<b>DEBBACHI S, MOUMENI A</b> , « <i>Analyse et évaluation des risques industriels au niveau de la société de production d’électricité SPE-Tiaret</i> », master, université de Tiaret, 2017
[12]	<b>TOTAL ENERGIE</b> , <a href="https://www.totalenergies.fr/particuliers/gaz/gaz-le-guide/panne-de-gaz">https://www.totalenergies.fr/particuliers/gaz/gaz-le-guide/panne-de-gaz</a>
[13]	<a href="https://www.techno-science.net">https://www.techno-science.net</a>
[14]	<b>HAFSI L</b> , Application de la technique EMD pour l’analyse des données des signaux de fuite dans les réseaux de distribution d’eau, master, UNIVERSITÉ MOHAMED BOUDIAF - M’SILA, 2016).
[15]	<b>HALOUANE Mourad</b> , production du gaz de synthèse via le reformage sec du méthane en présence de catalyseurs supportés, magister, univ - mouloud Mammeri tizi- ouzo, 2011, page 18)
[16]	<a href="https://www.safetygas.com/detecteur-gaz-explosifs-hydrocarbures-gd10p">https://www.safetygas.com/detecteur-gaz-explosifs-hydrocarbures-gd10p</a>
[17]	<a href="https://www.gazdetect.com/">https://www.gazdetect.com/</a> .
[18]	<b>Véronique Debuy, Sabine Kasprzycki, Nicolas Lépine, et Sébastien Bouchet</b> , - Principes et techniques pour la détection des gaz, rapport d’étude Ω 22.Paris, 26 Janvier 2003

[19]	<b>Fecarotta, C. -Janowski, A.</b> ,why ultrasonic gas leak detection?,
[20]	<b>HELEN CORBETT</b> , Ultrason leak detection.1999
[21]	<a href="https://www.hellopro.fr/documentation/pdf_prod/8/6/0/127542_1467d42127c03acb4cd45fd9733a3a7b.pdf">https://www.hellopro.fr/documentation/pdf_prod/8/6/0/127542_1467d42127c03acb4cd45fd9733a3a7b.pdf</a>
[22]	<a href="https://www.youtu.be/1D83JYS9qj?4">https://www.youtu.be/1D83JYS9qj?4</a>

[23]	<a href="https://www.youtu.be/So0lSaTYU2c4">https://www.youtu.be/So0lSaTYU2c4</a>
[24]	Gassonic Observer-i Manual_FR- liver
[25]	Détecteur de fuite de gaz à ultrason Observer-i-SafetyGas.html
[26]	<b>DEBBACHI S, MOUMENIA</b> , analyse et évaluation des risques industriels au niveau de la société de production d'électricité SPE-Tiaret, mémoire de master, université de Tiaret, 2017
[27]	<b>TIARET - SPE</b> , "Plan d'intervention interne – PII, Centrale TG
[28]	Google earth http : Google



---

## الملخص

يهدف هذا العمل المتواضع إلى دراسة تركيب كاشف تسرب الغاز، الذي يعتمد على الموجات فوق الصوتية، والذي تم دراسة إرصاده في منطقة التوربينات الغازية، داخل شركة الإنتاج الكهربائي بتيارت. يعتمد توظيف هذا الكاشف بإرسال موجات فوق الصوتية في حالة حدوث تسرب للغاز، تنكسر الموجة وتنعكس لإعطاء إشارة تحذير. الكاشف بالموجات فوق الصوتية له ميزات وخصائص فعالة للغاية للكشف السريع، ويستخدم لتجنب المخاطر الصناعية والانفجارات.

الكلمات المفتاحية: كاشف بالموجات فوق الصوتية، تسرب غاز، مخاطر صناعية.

## Abstract

The aim of the present work is to study the installation of a gas leak detector, which based on ultrasound. The ultrasound detector will be install in the gas turbine zone of SPE Sonelgaz -Tiaret. The ultrasonic detector works by sending acoustic waves through the air to the localization gas leak and the waves refracted and reflected to give a warning signal. An ultrasonic detector has very effective features and characteristics for quick detection, used to avoid hazards and explosions.

Keywords: Ultrasonic detector, Gas leak, Industrial risk.

## Résumé

Le présent travail vise à étudier l'installation d'un détecteur de fuite de gaz, basé sur les ultrasons et qui sera installé dans la zone des turbines à gaz de la SPE SONELGAZ -Tiaret. Le détecteur à des ultrasons envoie des ondes acoustiques à travers l'air ambiant et en cas de fuite de gaz, l'onde est réfractée et réfléchie pour donner un signal d'alarme. Un détecteur à ultrasons a des fonctionnalités et des caractéristiques très efficaces pour une détection rapide, utilisées pour éviter les dangers et les explosions.

Mots clé : Détecteur ultrason, Fuite de gaz, Risque industriel.

---