

RAPPORT D'ÉTUDE  
N° DRA-16-156881-12282B

31/07/2018

**PROGRAMME EAT-DRA-73**

**GUIDE DE BONNES PRATIQUES POUR  
LA MAÎTRISE DE L'USAGE DES  
DÉTECTEURS DE GAZ PONCTUELS  
FIXES**

**INERIS**

*maîtriser le risque |  
pour un développement durable |*



## **Programme EAT-DRA-73**

# **Guide de bonnes pratiques pour la maîtrise de l'usage des détecteurs de gaz ponctuels fixes**

Direction des Risques Accidentels

Verneuil-en-Halatte (60)

Destinataire : Ministère de la Transition Écologique et Solidaire

Liste des personnes ayant participé à l'étude : DEBUY Véronique, ADJADJ Ahmed, LEPINE Nicolas

## PRÉAMBULE




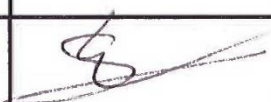
Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalents qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Étant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

	Rédaction	Vérification		Approbation
Nom	Ahmed ADJADJ	Valérie DE-DIANOUS	Frédéric MERLIER	Sylvain CHAUMETTE
Qualité	Ingénieur Quantification des Risques et performances des Barrières (QRIB) Direction des Risques Accidentels	Responsable d'unité Quantification des Risques et performances des Barrières (QRIB) Direction des Risques Accidentels	Délégué Appui à l'Administration Direction des Risques Accidentels	Responsable de pôle Analyse et Gestion Intégrée des Risques (AGIR) Direction des Risques Accidentels
Visa				

# TABLE DES MATIÈRES

<b>1</b>	<b>GLOSSAIRE .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>9</b>
2.1	Contexte.....	9
2.2	Objectifs et contenu du présent guide.....	10
2.3	Limites du guide.....	11
<b>3</b>	<b>PROCESSUS DE MAÎTRISE D'UN SYSTÈME DE DÉTECTION GAZ.....</b>	<b>13</b>
3.1	Présentation des principales étapes du cycle de vie d'un détecteur de gaz.....	14
3.1.1	Étape de spécification.....	15
3.1.2	Étape de réception (vérification de la conformité).....	15
3.1.3	Étape exploitation et maintenance.....	16
3.2	Processus de dimensionnement et de mise en œuvre d'un système de détection gaz.....	16
<b>4</b>	<b>PRÉSENTATION DES TECHNOLOGIES DE DÉTECTION PONCTUELLE FIXE</b>	<b>21</b>
4.1	Technologies de détection de gaz.....	21
4.2	Caractéristiques des technologies de détection.....	22
4.3	Paramétrage des détecteurs.....	25
4.3.1	Séquence de diagnostic non modifiable.....	25
4.3.2	Paramètres modifiables par l'utilisateur.....	25
<b>5</b>	<b>SPÉCIFICATION, INSTALLATION, EXPLOITATION ET MAINTENANCE DE DÉTECTEURS DE GAZ PONCTUELS FIXES .....</b>	<b>27</b>
5.1	Spécification / cahier des charges (cdc).....	27
5.1.1	Prise en compte de la gamme de mesure, du temps de réponse et du maillage dans le CdC.....	29
5.1.2	Prise en compte des contraintes environnementales, des interférents et des poisons.....	33
5.1.3	Prise en compte des interfaces (intégration dans le réseau).....	34
5.1.4	Prise en compte du niveau de fiabilité requis.....	35
5.2	Installation (bonnes pratiques d'installation des détecteurs).....	35
5.3	Recette / Acceptation sur site.....	38
5.3.1	Dossier technique.....	39
5.3.2	Vérification fonctionnelle de l'installation.....	40
5.4	Exploitation / maintenance.....	42
5.4.1	Généralités.....	42
5.4.2	Mise à jour et examen du Dossier Technique.....	45
5.4.3	Opérations d'inspection visuelle.....	45
5.4.4	Opérations de vérification du bon fonctionnement et de calibrage.....	46
5.4.5	Opérations de maintenance.....	51
<b>6</b>	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>53</b>
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>55</b>



# 1 GLOSSAIRE

**Barrière technique de sécurité** (ou mesure technique de sécurité ou mesure de maîtrise des risques) : ensemble d'éléments techniques nécessaires et suffisants pour assurer une fonction de sécurité.

**Calibrage** : ajustement de la réponse du détecteur (exactitude de la lecture, dérive du zéro, linéarité de la lecture, du temps de réponse) en utilisant un gaz étalon certifié selon les recommandations du fabricant et des règles élémentaires de base.

**Capteur de gaz (ou cellule)** : élément constitutif du détecteur de gaz ou du système de détection qui permet de transformer une grandeur physique (la concentration en gaz) en une information exploitable par l'appareil.

**Détecteur de gaz** : appareil de mesure dont la fonction principale est de détecter la présence de gaz dangereux et d'en avertir l'utilisateur. Lorsque le détecteur est constitué de plusieurs capteurs, on peut utiliser le terme de "système de détection gaz".

**Efficacité** : capacité à remplir la mission/fonction de sécurité qui lui est confiée pendant une durée donnée et dans son contexte d'utilisation. En général, cette efficacité s'exprime en pourcentage d'accomplissement de la fonction définie. Ce pourcentage peut varier pendant la durée de sollicitation de la barrière de sécurité.

**Fail safe (sécurité positive)** : Un équipement est dit « fail safe » lorsque les défaillances principales (rupture ligne, perte signal, dérive, court-circuit, blocage... et perte d'alimentations) conduisent l'équipement à se mettre en situation sécuritaire stable.

**Fonction de sécurité** : fonction ayant pour but la réduction de la probabilité d'occurrence et/ou des effets et conséquences d'un événement non souhaité dans un système. Les principales actions assurées par les fonctions de sécurité en matière d'accidents majeurs dans les installations classées sont : empêcher, éviter, détecter, contrôler, limiter. Les fonctions de sécurité identifiées peuvent être assurées à partir de barrières techniques et / ou humaines de sécurité, ou plus généralement par la combinaison des deux. Une même fonction peut être assurée par plusieurs barrières de sécurité.

**Gaz étalon** : gaz dont on connaît la concentration avec une grande exactitude pour réaliser la vérification des détecteurs de gaz. Les bouteilles de gaz étalons sont fournies avec leur certificat d'étalonnage.

**Gaz du Groupe I** : gaz dont les caractéristiques d'inflammation (EMI et IEMS) correspondent au gaz de référence Méthane (pour les exploitations minières)

**Gaz du Groupe II** : gaz dont les caractéristiques d'inflammation (EMI et IEMS) correspondent aux gaz de référence Propane (Grp. IIA), Ethylène (Grp. IIB) ou Hydrogène/Acétylène (Grp. IIC).

**Gaz de référence** : gaz à détecter.

**Gaz de substitution** : utilisation d'un autre gaz que le gaz de référence pour réaliser la vérification et le calibrage.

**Interférent** : gaz parasite qui réagit sur le détecteur de gaz en engendrant une sous-estimation ou une surestimation de la concentration du gaz à détecter. Ils peuvent provoquer des déclenchements intempestifs.

**Limite inférieure d'explosivité (LIE) :** concentration en volume au-dessous de laquelle un gaz ou une vapeur inflammable en présence d'air ne peut pas être enflammé.

**Limite supérieure d'explosivité (LSE) :** concentration en volume au-dessus de laquelle un gaz ou une vapeur inflammable en présence d'air ne peut pas être enflammé.

**Modification :** tout changement (matériel, logiciel ou organisationnel) non à l'identique

**Partie par billion (ppb) :** un taux de 1 ppb de gaz signifie qu'un cm<sup>3</sup> de gaz (ou de vapeur) est présent dans 1 milliard de cm<sup>3</sup> de mélange de gaz. La relation entre pourcentage et ppb est la suivante : 1 % = 10 000 000 ppb. Le ppb est utilisé pour caractériser des taux volumiques très faibles (1 ppb = 0,001 ppm).

**Partie par million (ppm) :** un taux de 1 ppm de gaz signifie qu'un cm<sup>3</sup> de gaz (ou de vapeur) est présent dans 1 million de cm<sup>3</sup> de mélange de gaz. La relation entre pourcentage et ppm est la suivante : 1 % = 10 000 ppm. Le ppm est utilisé pour caractériser des taux volumiques faibles.

**Poison :** produit ou substance (solvants, lubrifiants, etc.) qui contamine et endommage provisoirement, voire définitivement, les détecteurs de gaz.

**Safety Integrity Level (SIL) :** Niveau quantifié (de un à quatre) permettant de définir les exigences d'intégrité de sécurité des fonctions instrumentées de sécurité à allouer aux systèmes instrumentés de sécurité. Le niveau 4 d'intégrité de sécurité correspond au plus haut degré d'intégrité, le niveau 1 au plus bas. Les SIL sont définis dans les normes NF EN 61508 et 61511 pour les systèmes instrumentés de sécurité.

**Sélectivité :** un détecteur est dit sélectif s'il peut détecter le gaz cible et si le signal de détection est exclusivement produit par le gaz cible.

**Sensibilisation :** exposition au gaz de référence.

**Signal de mesure :** signal électrique produit par le capteur, pouvant être amplifié et conditionné sous un format analogique ou numérique.

**Taux volumique (v/v) :** rapport du volume d'un composant par le volume de mélange de gaz dans des conditions de température et de pression spécifiées.

**Temps de réponse (d'une barrière de sécurité) :** intervalle de temps entre la sollicitation et l'exécution de la mission/fonction de sécurité. Ce temps de réponse est inclus dans la cinétique de mise en œuvre d'une fonction de sécurité, cette dernière devant être en adéquation [significativement plus courte] avec la cinétique du phénomène qu'elle doit maîtriser.

**Temps de réponse x% (d'un détecteur de gaz) :** intervalle de temps entre le moment où une augmentation instantanée du titre volumique se produit à l'entrée du capteur et le moment où la réponse atteint une valeur définie de x % de l'indication finale.

**T90 :** intervalle de temps entre le moment où une variation instantanée du rapport volumique se produit à l'entrée du détecteur et le moment où la réponse atteint 90% de l'indication finale.

**Temps de déclenchement des alarmes :** intervalle de temps entre le moment où le détecteur est soumis à une variation de concentration de gaz et le moment où les alarmes réglées à des seuils déterminés se déclenchent (allumage d'un voyant et/ou l'activation d'un relais).



**Transmetteur** : système déporté qui intègre le capteur et une carte électronique de façon à traduire directement, au niveau du point de mesure, la grandeur à mesurer (la concentration en gaz) en un signal électrique (analogique ou numérique). Il peut également intégrer des contacts secs associés à des réglages de seuils d'alarme. On parle aussi de capteur-transmetteur.

**Valeur Limite d'Exposition Professionnelle (VLEP)** : concentration de polluant dans l'air à ne pas dépasser dans l'atmosphère des lieux de travail. Cette valeur peut être soit une valeur limite admise (VL) à caractère indicatif, soit une valeur réglementaire contraignante (VRC) ou indicative (VRI). Les VLCT et VME sont des VLEP.

**Valeur limite d'exposition à court terme (VLCT)** : concentration dans l'air que peut respirer une personne pendant un temps déterminé sans risque d'altération de sa santé (valeurs mesurées sur une durée de référence de 15 minutes, sauf indication contraire, et exprimées en ppm ou mg/m<sup>3</sup>). Les valeurs sont publiées par le Ministère chargé du Travail.

**Valeur moyenne d'exposition (VME)** : concentration maximale (exprimée en ppm ou mg/m<sup>3</sup>) à ne pas dépasser obtenue pendant 8 heures par jour et ceci 5 jours par semaine. Les valeurs sont publiées par le Ministère chargé du Travail.

#### **Liste des autres abréviations utilisées dans ce rapport :**

ANA	: Analogique
APSAD	: Assemblée Plénière de Sociétés d'Assurances Dommages
ARIA	: Analyse, Recherche et Information sur les Accidents
BARPI	: Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industriels
CdC	: Cahier des Charges
CEI	: Commission Électrotechnique Internationale
EN	: European Norm
FID	: Flame Ionisation Detector
FTA	: Flame Temperature Analyser
GMAO	: Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur
IEMS	: Interstice Expérimental Maximal de Sécurité
IHM	: Interface Homme Machine
IP	: Indice de Protection
EMI	: Énergie Minimale d'Inflammation
NF	: Norme Française
PID	: Photo Ionisation Detector
PV	: Procès-Verbal
SGS	: Système de Gestion de la Sécurité
REX	: Retour d'Expérience
TOR	: Tout ou Rien



## 2 INTRODUCTION

### 2.1 CONTEXTE

L'INERIS, depuis 2010, a mené un certain nombre d'études et de campagnes d'essais métrologiques <sup>1</sup> sur les détecteurs de gaz.

Ces études ont mis en évidence les enseignements suivants :

- la difficulté pour définir le positionnement et le nombre de détecteurs (maillage),
- l'influence des interférents qui dégradent l'efficacité des détecteurs de gaz,
- l'influence des poisons qui rendent inopérants les détecteurs de gaz,
- l'influence possible des conditions environnementales (température, humidité, poussière, etc.) sur l'efficacité et le temps de réponse des détecteurs de gaz,
- l'existence du problème d'endormissement en cas d'absence prolongée avec le gaz à détecter,
- la difficulté dans certains cas pour réaliser l'étalonnage / calibrage,
- l'existence du problème de saturation lié au fait que généralement les détecteurs de gaz sont calibrés pour la sécurité des travailleurs et non pour le risque industriel.

En parallèle, dans le cadre de l'analyse des accidents français répertoriés dans sa base de données ARIA, le BARPI a cherché à mettre évidence le rôle des capteurs dans les incidents ou accidents recensés. Ce travail s'est traduit par la publication de deux documents disponibles sur le site internet <http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/> :

1. Une étude intitulé « Accidentologie des automatismes industriels, partie 1/3 : le capteur » [1].
2. Une fiche thématique intitulé « Les défaillances capteurs » [2].

Le premier document précise que les détecteurs de phénomènes anormaux (gaz, flamme, etc.) sont impliqués dans 29% des accidents liés à des capteurs. Ils arrivent en deuxième position, après ceux mesurant des paramètres physiques (température, pression, etc.) avec 43%. Il précise également le rôle et l'importance des détecteurs de gaz dans la prévention et la réduction de la gravité des accidents majeurs. Leurs défaillances conduisent, en général, aux phénomènes ayant les effets les plus importants en cas de fuites.

En 2014, le ministère chargé de l'environnement a lancé une action nationale sur les détecteurs de gaz toxiques afin de compléter les enseignements tirés des études de l'INERIS et du REX du BARPI. Ces différents enseignements concernent la maîtrise par l'industriel des sujets suivants :

---

<sup>1</sup> Essais réalisés en laboratoire afin de vérifier le fonctionnement des détecteurs de gaz par rapport à leurs spécifications.

- la vérification/validation du choix des détecteurs appropriés,
- les interférents et les poisons pour les détecteurs,
- les phénomènes d'endormissement, de vieillissement et de saturation des détecteurs,
- les tests, les calibrages, la maintenance des détecteurs.

116 inspections ont été réalisées dans le cadre de cette action nationale. Ces inspections ont permis de noter que les prescriptions relatives aux détecteurs imposées dans les arrêtés préfectoraux sont globalement respectées. Quelques écarts récurrents ont néanmoins été constatés, notamment dans la définition du cahier des charges transmis aux prestataires chargés des contrôles.

Il n'y a cependant pas eu de constat de capteurs utilisés dans des situations inadaptées ou défectueux. En revanche, les inspections ont permis aux exploitants de prendre conscience du risque de « pollution » de leur capteur et par conséquent de leur adéquation avec leur environnement.

Ces inspections ont également montré que le contrôle et le suivi des capteurs est l'affaire de spécialistes. Ainsi, dans la majorité des cas rencontrés, les exploitants s'en remettent à leur prestataire. Les inspections ont donc permis aux exploitants de prendre conscience des enjeux et de mettre en place des mesures de suivi plus appropriées.

Les enseignements des travaux de l'INERIS, du retour d'expérience du BARPI et de l'action nationale ont démontré l'importance de choisir des détecteurs appropriés, en fonction d'un certain nombre de paramètres à prendre en compte (gaz et concentration à détecter, environnement (température, humidité), risque d'interférents, étalonnage, etc.).

## **2.2 OBJECTIFS ET CONTENU DU PRÉSENT GUIDE**

Ce guide de bonnes pratiques pour la maîtrise de l'usage des détecteurs de gaz ponctuels fixes consolide l'expérience et les connaissances de l'INERIS acquises à travers les travaux mentionnés au paragraphe précédent. Il intègre aussi les prescriptions des normes NF EN 60079-29-2[3] et NF EN 45544-4[4] relatives à la sélection, l'installation, l'utilisation et la maintenance des détecteurs de gaz.

Sa rédaction s'est également inspirée des textes faisant référence au niveau national pour la détection incendie et en particulier la règle APSAD R7[5] qui définit les exigences techniques minimales auxquelles doivent répondre les installations de détection d'incendie pour garantir leur efficacité dans les circonstances préalablement établies.

Ce guide a pour objectif de préconiser des règles générales pour la maîtrise des détecteurs de gaz ponctuels toxiques, inflammables ou inertes sur un site industriel afin de disposer d'un réseau de détecteurs de gaz ponctuels adaptés et opérationnels.

Il s'adresse aux industriels chargés de la gestion de leurs détecteurs fixes de gaz pour la maîtrise des risques de leurs installations et plus particulièrement les détecteurs de gaz faisant partie d'une mesure de maîtrise de risques instrumentée (MMRI). De plus, il apporte des informations aux inspecteurs des installations classées pour la réalisation d'inspections des détecteurs fixes de gaz présents sur des installations industrielles, basées sur la fiche d'inspection de l'action nationale[6].

Ce guide s'articule autour des étapes du cycle de vie d'un détecteur de gaz. Il est composé des parties suivantes :

- Chapitre 1 : Glossaire,
- Chapitre 2 : Introduction,
- Chapitre 3 : Processus de maitrise d'un système de détection de gaz,
- Chapitre 4 : Présentation des technologies de détections ponctuelles fixes,
- Chapitre 5 : Guide de spécification, d'installation, d'exploitation et de maintenance des détecteurs de gaz ponctuel fixes,
- Chapitre 6 : Conclusion,
- Chapitre 7 : Bibliographie.

Les préconisations techniques et organisationnelles fixées dans ce guide sont à proportionner aux enjeux et à adapter pour des installations anciennes (en particulier la complétude du dossier technique et le respect de certaines recommandations techniques).

De plus, tout ou partie des recommandations de ce guide peuvent être appliquées aux détecteurs de gaz fixes pour la mesure d'ambiance (protection des travailleurs).

### **2.3 LIMITES DU GUIDE**

Ce guide s'intéresse à la maîtrise des détecteurs de gaz sur un site industriel à travers les différentes étapes de leur cycle de vie : conception, installation, réception, entretien et maintenance.

Cependant, la maîtrise d'une fonction de détection de gaz dans sa globalité nécessite de considérer également les parties "traitement" et "action". Ces deux parties ne sont pas traitées dans ce guide.

La maîtrise d'une fonction de détection de gaz nécessite d'appréhender le fonctionnement proprement-dit des détecteurs de gaz et également leur implantation/maillage sur le terrain.

Ces deux aspects nécessitent de répondre à trois questions fondamentales :

1. Quelle(s) est(sont) la(les) technologie(s) de détection pertinentes/adaptées(s) ?
2. Combien de détecteurs de gaz sont nécessaires ?
3. Où faut-il installer les détecteurs de gaz ?

Pour la première question, ce guide présente les technologies de détections utilisées sur les sites industriels, leur domaine d'applications et des informations essentielles quant à leur utilisation. Pour des informations complémentaires et propres à une technologie de détection pour un gaz donnée, il faut se référer aux préconisations du fournisseur. Le référentiel INERIS Oméga 22[7] et les fiches barrières (<http://primarisk.ineris.fr/>) apportent également des préconisations d'utilisation. Le maillage (nombre et implantation précise des détecteurs (questions 2 et 3)) sera traité dans un guide spécifique sur le maillage, à paraître prochainement.

Ce guide ne traite pas non plus des questions relatives à la gestion des détecteurs en tant que déchet.

Toutes les dispositions prévues dans ce document s'appliquent sans préjudice des textes légaux.

### 3 PROCESSUS DE MAÎTRISE D'UN SYSTÈME DE DÉTECTION GAZ

La maîtrise de la performance d'un système de détection de gaz sur un site industriel repose sur la maîtrise de son cycle de vie qui se décompose en trois phases principales : conception, recette/acceptation et exploitation/maintenance, telle que précisées dans la Figure suivante.

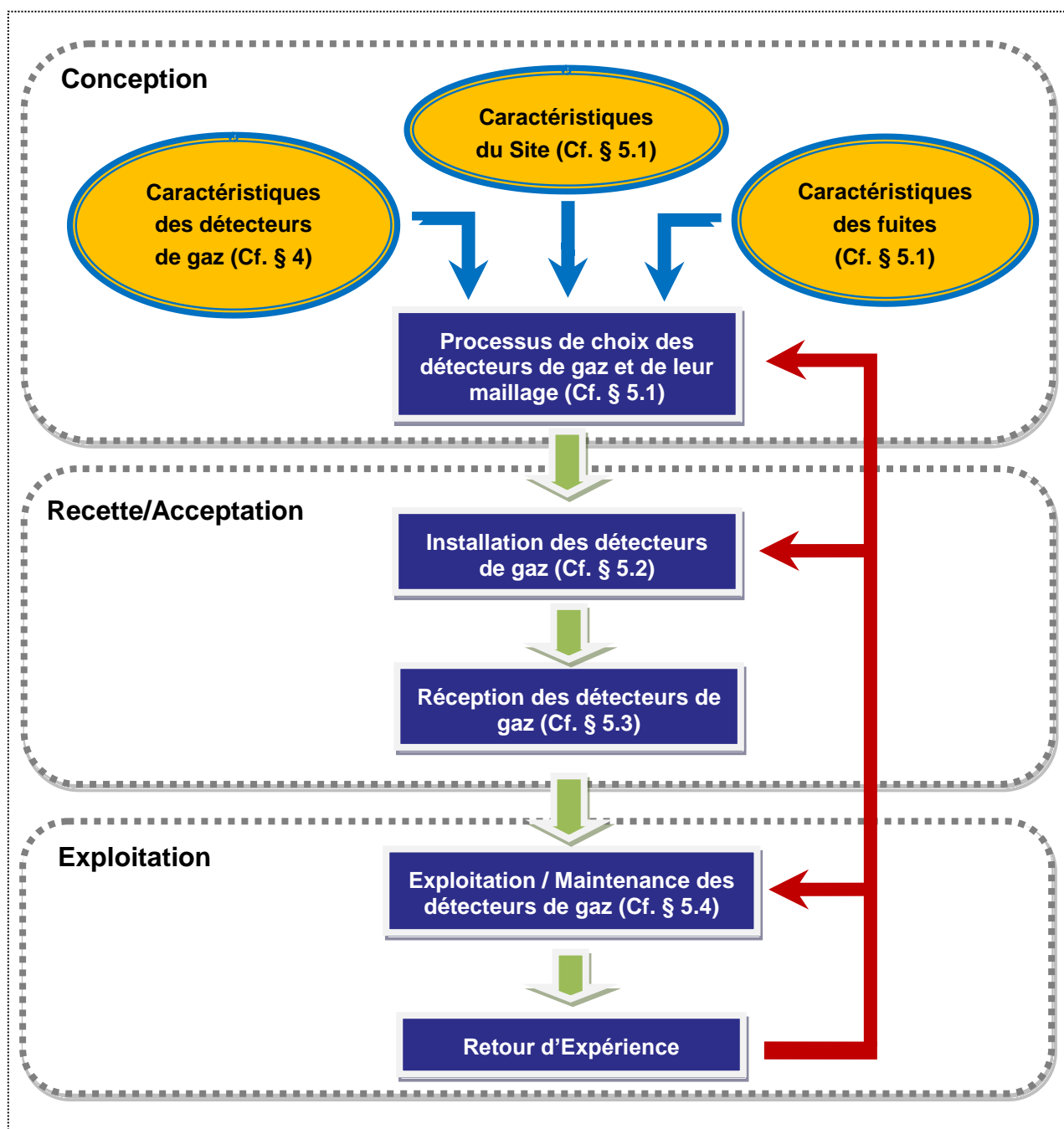


Figure 1 : Processus de maîtrise d'un système de détection gaz

La performance d'un système de détection de gaz est donc liée :

1. d'une part, à la maîtrise du processus de choix des détecteurs de gaz et du maillage associé (qui correspond à la conception),
2. d'autre part, à la maîtrise de l'installation, de l'exploitation et de la maintenance des détecteurs de gaz.

La conception nécessite de prendre en considération des données liées aux caractéristiques du site, aux caractéristiques des fuites à détecter, aux caractéristiques des détecteurs de gaz, .... Elle reposera sur la réalisation d'une analyse de risques spécifique.

Le paragraphe 3.1 présente les attentes et objectifs des principales étapes du cycle de vie d'un détecteur de gaz.

Le paragraphe 3.2 présente le questionnement à dérouler dans le cadre d'un processus de dimensionnement d'un système de détection de fuite de gaz, ainsi que le lien entre les différentes questions et les trois étapes clés du cycle de vie (Spécification, Réception et Exploitation / Maintenance).

### **3.1 PRÉSENTATION DES PRINCIPALES ÉTAPES DU CYCLE DE VIE D'UN DÉTECTEUR DE GAZ**

La maîtrise des détecteurs de gaz sur un site industriel repose sur la maîtrise de leur cycle de vie qui se décompose en trois phases principales : spécification, réception et exploitation/maintenance

Les enseignements tirés des expérimentations de l'INERIS, du REX BARPI et de l'action nationale mettent en évidence des facteurs clés à considérer (inhérents au détecteur, aux conditions environnementales ou à l'organisation) pour assurer la performance des détecteurs de gaz. En particulier :

- la technologie de détection, la gamme de mesure et le temps de réponse,
- les interférents et l'empoisonnement,
- les phénomènes d'endormissement et de vieillissement,
- le phénomène de saturation,
- les tests, les calibrages et la maintenance des détecteurs.

La matrice suivante montre les relations qui existent entre la maîtrise de ces différents facteurs et les principales étapes du cycle de vie d'un détecteur de gaz.



		Facteurs impactant la performance d'un détecteur de gaz				
		Technologie, Gamme de mesure et temps de réponse	Environnement, Interférents et Empoisonnement	Endormissement et Vieillessement	Saturation	Test, Calibrage et Maintenance
Étapes du cycle de vie	Spécification	X	X		X	
	Réception	X	X			
	Exploitation Maintenance	X	X	X	X	X

Tableau 1 : Liens entre les facteurs impactant la performance d'un détecteur de gaz et le cycle de vie

Les objectifs et attendus des principales étapes du cycle de vie sont rappelés dans les paragraphes suivants.

### 3.1.1 ÉTAPE DE SPÉCIFICATION

Cette étape consiste à définir les spécifications fonctionnelles (d'intégrité et de performance) des détecteurs de gaz. Elles doivent contenir :

- les scénarios accidentels redoutés précisant la nature de la (ou des) substance(s) à détecter, le type de fuite et leurs caractéristiques, les modélisations potentielles, etc...,
- la description de la fonction de sécurité,
- les types de mesure et point de déclenchement (gamme de mesure et seuils de déclenchement),
- les conditions environnementales (vents dominants, température, humidité, poussière, etc.),
- les interférents et sources d'empoisonnement possibles,
- les conditions de l'installation (topographie, encombrement, etc.),
- le temps de réponse requis,
- etc...

L'objectif est pour l'industriel de clairement définir son besoin afin que le fournisseur puisse proposer la solution adaptée.

Ces spécifications sont définies sur la base du cahier des charges (CdC) et elles peuvent également constituer le cahier des charges lui-même. Elles doivent être rédigées par l'industriel et complétées par le fournisseur sur la base d'une analyse des risques.

### 3.1.2 ÉTAPE DE RÉCEPTION (VÉRIFICATION DE LA CONFORMITÉ)

Cette étape consiste à vérifier que les détecteurs de gaz installés répondent aux spécifications du CdC.

À la livraison des détecteurs puis après leur installation, des vérifications doivent donc être réalisées afin de s'assurer que ces détecteurs répondent bien au besoin. Cette phase de vérification comporte trois étapes clefs :

1. à la livraison : vérification de la conformité des détecteurs au CdC. Il faut s'assurer que les détecteurs fournis répondent bien au besoin et correspondent à ceux commandés.
2. à l'installation : vérification de l'installation. Il faut s'assurer que les détecteurs sont installés aux bons endroits et sont bien câblés. Cette vérification se fait sur la base des éléments du dossier technique (avec localisation des détecteurs, guides de montage, etc ... Cf. 5.3.1).
3. test/étalonnage : tests du bon fonctionnement global et étalonnage des détecteurs. Il faut s'assurer, sur la base de différents tests (correspondant au plan de tests) et des étalonnages, que les détecteurs fonctionnent conformément au besoin.

Cette étape peut être réalisée sur la base d'une procédure de réception validée par le fournisseur et le client.

Cette étape se formalise par des documents traçant toutes les vérifications et tests effectués (correspondant au plan de validation : procédure et rapport de "FAT", procédure et rapport de commissioning ou "SAT", Cf. 5.3.1) et doit aboutir à la délivrance d'un procès-verbal (PV) de réception et d'autorisation de mise en service.

### **3.1.3 ÉTAPE EXPLOITATION ET MAINTENANCE**

Cette étape consiste à exploiter et maintenir les détecteurs de gaz de sorte que leur performance (validée après installation) soit maintenue dans le temps.

Les détecteurs de gaz dérivent dans le temps et leur fonctionnement peut être altéré par des paramètres extérieurs. Il est donc indispensable de vérifier périodiquement leur bon fonctionnement et de réaliser les opérations de vérification et de maintenance adéquates.

Cette étape se formalise par une inspection visuelle et une vérification du fonctionnement avec gaz de test réalisées périodiquement selon une procédure validée. Les résultats sont tracés dans un rapport, Si nécessaire (dérive du capteur) un étalonnage est réalisé selon une procédure validée avec traçage dans un rapport ou remplacement éventuel du détecteur défaillant.

Ces opérations peuvent être réalisés au même moment ou non et peuvent également aboutir à des opérations de maintenances correctives supplémentaires en fonction des constats.

Cette étape se matérialise par des procédures de tests, de vérification et d'étalonnage, ainsi que par le matériel et outillage nécessaires (Cf. § 5.4).

## **3.2 PROCESSUS DE DIMENSIONNEMENT ET DE MISE EN ŒUVRE D'UN SYSTÈME DE DÉTECTION GAZ**

Pour dimensionner un système de détection quel qu'il soit, il est indispensable de prendre en compte la spécificité du/des scénarios de fuite dont on veut se protéger ainsi que la spécificité du site sur lequel elles pourraient survenir.

Le dimensionnement vis-à-vis notamment des critères efficacité et temps de réponse peut reposer sur plusieurs scénarios :

- Une fuite majeure (rupture guillotine), dimensionnante vis-à-vis d'un temps de réponse requis.
- Une petite fuite, dimensionnante vis-à-vis des seuils de déclenchement.
- Des scénarios intermédiaires pourront également être définis avec des tailles de brèche et/ou des orientations de fuite variables, en lien avec les objectifs de maîtrise des risques.

Une optimisation est donc à rechercher sur l'ensemble de ces critères pour définir un cahier des charges. En tout état de causes, dès lors que la technologie le permet, il convient de ne pas se limiter aux scénarios d'accidents majeurs.

De fait, il faut considérer les aspects suivants pour bien dimensionner un système de détection de fuite :

- Q1. Identifier clairement les scénarios de fuite pour lesquels la détection de fuite sera mise en place et les caractériser.
- Q2. Traduire les modélisations des scénarios en termes de spécifications pour le système de détection de fuite.
- Q3. Prise en compte de l'environnement et du procédé dans le fonctionnement du système de détection de fuite.
- Q4. Fonctionnement proprement dit du système de détection de fuite.
- Q5. Adéquation de l'implantation du système de détection de fuite par rapport aux scénarios.
- Q6. Traitement du signal reçu avant action.
- Q7. Post traitement pour action.
- Q8. Action déclenchée en cas de dépassement des seuils.
- Q9. Vérification que la durée de mise en œuvre est compatible avec l'objectif.
- Q10. Modes communs, causes communes de défaillance et niveau de confiance.
- Q11. Réception, exploitation, maintien en condition opérationnelle, gestion de l'obsolescence.

Les objectifs de ces 11 questions du processus de dimensionnement d'un système de détection de fuite sont précisés dans le tableau suivant.

<b>Q1 – Identification et caractérisation des scénarios de fuite (Cf. § 5.1)</b>
L'objectif est d'identifier les scénarios de fuite dont on cherche à atténuer les effets, afin de caractériser le plus finement possible le nuage formé près des fuites (liquide ou diphasique) ou plus loin (gazeux ou brouillard). Il peut s'agir par exemple de scénarios de fuite qui conduisent à des effets jugés inacceptables pour les travailleurs et/ou riverains du site.
<b>Q2 – Traduction de la modélisation des scénarios en spécifications pour le dispositif de détection (Cf. § 5.1)</b>

Le fournisseur du système de détection de fuite n'est pas nécessairement en mesure de traduire les enseignements des résultats de la modélisation des scénarios de fuite en spécifications (position des détecteurs, seuils de déclenchement, temps de détection) pour son dispositif de détection.

Pourtant, ce traitement est nécessaire pour pouvoir montrer ultérieurement l'adéquation entre les performances du système de détection de fuite et les spécifications attendues. À partir de ces informations, le fournisseur pourra paramétrer le dispositif de détection afin d'assurer sa fonction de sécurité.

### **Q3 – Prise en compte de l'environnement et du procédé dans le fonctionnement du dispositif (Cf. § 5.1)**

Il s'agit ici d'identifier les perturbations possibles de la détection du fait de l'environnement au sens large : la température, l'humidité, le vent, la poussière, le procédé (gaz interférents, poisons, ...), les encombrements, les zones mortes, .... Il faudra aussi prendre en considération les impacts éventuels associés à des agressions (vibration, chocs, ...).

L'objectif de cette question repose notamment sur le bon positionnement du curseur entre la détection des fuites et le déclenchement minimal de fausses alarmes.

### **Q4 – Fonctionnement proprement dit du dispositif (Cf. § 5.1)**

Il est important de consacrer un chapitre à la description du dispositif, son principe de fonctionnement, ses limites d'utilisation, ... et bien évidemment, si l'information est disponible, fournir du REX sur son implantation.

### **Q5 – Adéquation de l'implantation du dispositif par rapport aux scénarios (Cf. § 5.1)**

La démonstration doit être faite que l'implantation permet de détecter l'ensemble des scénarios de fuite identifiés en Q1 quelles que soient les conditions environnementales.

### **Q6 – Traitement du signal reçu avant action (Cf. § 5.1)**

Un signal est généré qu'il convient de transformer avant de l'utiliser pour déclencher une action ou non. Il est important de savoir comment ce signal est transformé et de connaître ses caractéristiques.

### **Q7 – Post-traitement pour action (Cf. § 5.1)**

Une fois le signal transformé, il est nécessaire de décrire précisément le processus qui conduit à une action ou pas, en d'autres termes de préciser les critères de déclenchement.

Il serait pertinent de présenter le processus et de bien mettre en évidence les critères de déclenchement (par exemple : logigramme de sécurité).

Ces critères doivent être définis en fonction des éléments de réponse de Q3.

### **Q8 – Actions déclenchées en cas de dépassement des seuils (Cf. § 5.1)**

Pour les actionneurs, il reste à démontrer, pour chaque implantation de la fuite, que les équipements actionnés sont en nombre suffisant, bien positionnés, efficaces et actionnables dans un délai compatible.

**Q9 – Vérification que la durée de mise en œuvre est compatible avec l’objectif (Cf. § 5.3)**

Une fois les exigences précédentes satisfaites, il est nécessaire de démontrer que la durée de mise en œuvre de la chaîne complète depuis le début de la fuite jusqu’à son arrêt est inférieure au temps nécessaire à la formation d’un nuage présentant un risque inacceptable.

**Q10 – Modes communs / causes communes de défaillance et NC**

Une étude qualitative des causes communes et modes communs de défaillance et/ou des mesures prises pour les limiter nous semble importante afin de démontrer que ceux-ci ne viennent pas dégrader le niveau de confiance global de la fonction de sécurité.

**Q11 – Réception, exploitation, Maintien en condition opérationnelle, gestion de l’obsolescence (Cf. § 5.4)**

La mise en œuvre du système de détection de fuite ne peut être réalisée et modifiée que par du personnel compétent.

Cet aspect doit être pris en compte par l’industriel pour définir sa politique de maintenance (contrats de soutien du fournisseur, stocks de pièces de rechanges, formations spécifiques, ...). De plus, les industriels devront assurer un suivi formalisé de ce système pour avoir un retour d’expérience.

Tableau 2 : Objectif des différentes questions du processus de dimensionnement

Le tableau suivant précise qui est en charge (entre l’exploitant et le fournisseur) de traiter les différentes questions du processus de dimensionnement et de mise œuvre d’un dispositif de détection de fuite :

		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11
Spécification	Définition du cahier des charges EXPLOITANT	X	X	X								
	Définition des spécifications EXPLOITANT ET FOURNISSEUR	X	X	X	X		X	X	X		X	
	Description du système de détection FOURNISSEUR				X		X				X	
Réception	Démonstration de l’adéquation du système de détection FOURNISSEUR ET EXPLOITANT		X			X		X	X	X	X	
	Implantation et réglage du système de détection EXPLOITANT ET FOURNISSEUR		X			X	X	X	X	X		
	Réception sur site						X	X	X	X	X	X

	EXPLOITANT											
Exploitation Maintenance	Exploitation du système de détection EXPLOITANT											X
	Maintenance du système de détection EXPLOITANT ET FOURNISSEUR											X

Tableau 3 : Interaction entre les intervenants et les différentes questions du processus de dimensionnement et de mise en œuvre

## 4 PRÉSENTATION DES TECHNOLOGIES DE DÉTECTION PONCTUELLE FIXE

### 4.1 TECHNOLOGIES DE DÉTECTION DE GAZ

Un détecteur de gaz est un appareil de mesure qui détecte la présence de gaz dangereux et avertit l'utilisateur du risque potentiel lors de l'occurrence de fuites.

Un détecteur de gaz ponctuel fixe est constitué d'un capteur, qui est l'élément sensible du détecteur, permettant de transformer la présence de gaz en un signal électrique, et d'un transmetteur, qui traite le signal électrique issu du capteur. Aujourd'hui, les transmetteurs permettent de régler les seuils d'alarme directement sur l'appareil. Ils embarquent un afficheur ainsi que des relais d'alarme en plus de la sortie analogique 4-20 mA. Certains transmetteurs fournissent un signal numérique. Ces détecteurs nécessitent ensuite d'être reliés à des actionneurs via un système de traitement (une centrale gaz ou un automate) pour remplir la fonction complète à laquelle ils sont associés. Ils peuvent également être connectés à une centrale d'acquisition, notamment dans le cas où une zone est surveillée par plusieurs détecteurs.

La figure suivante présente le synoptique pour les détecteurs de gaz fixes.

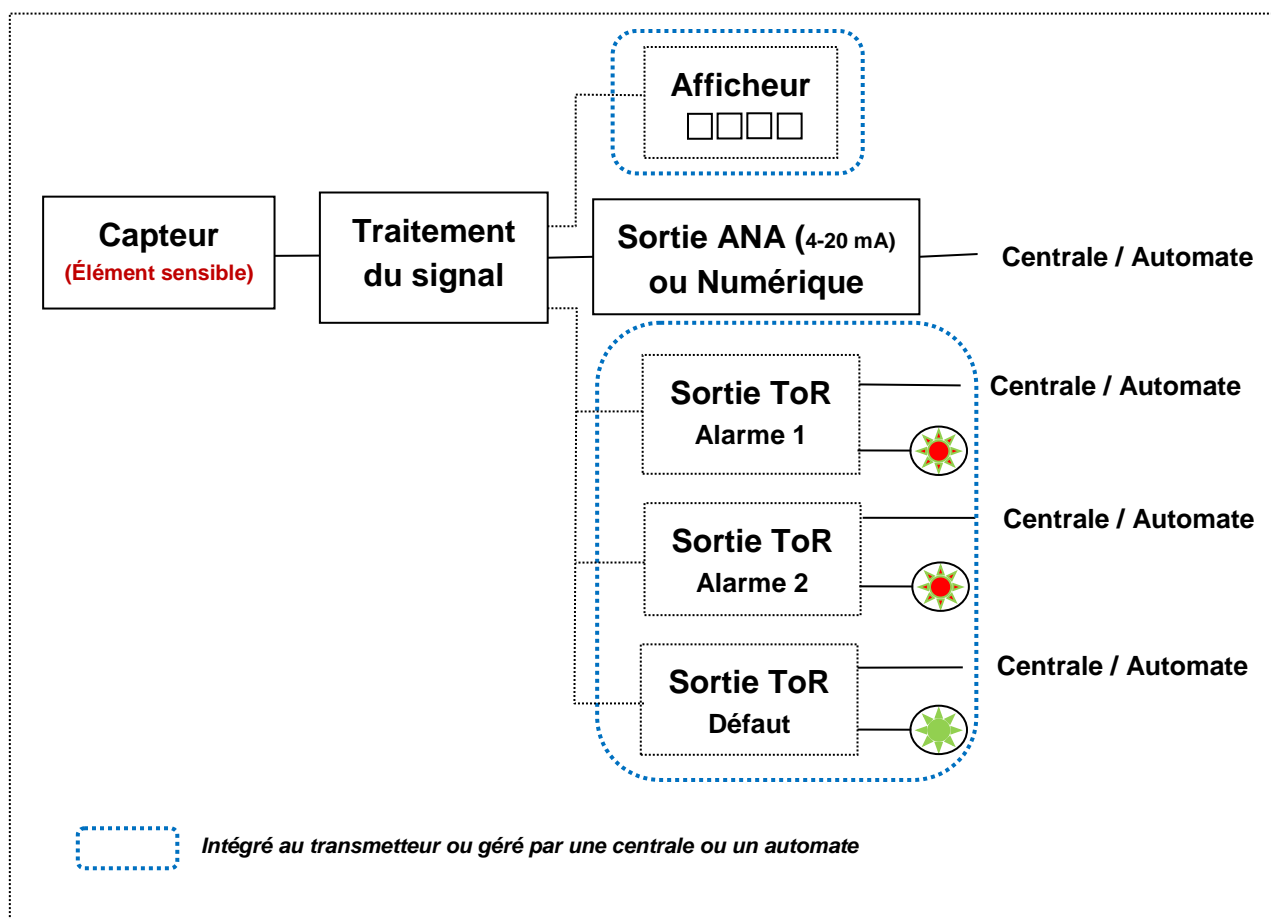


Figure 2 : Synoptique général d'un détecteur de gaz fixe

De façon générale, les appareils sur lesquels les seuils d'alarme sont réglables possèdent 2 seuils :

classiquement 25 % de la LIE et 50 % de la LIE pour les détecteurs de gaz inflammables (explosimétrie) ;

- pour les gaz toxiques les valeurs dépendent de la toxicité du gaz et du contexte.

Les technologies de détection ponctuelle utilisées pour la détection de gaz et recensées dans les normes sont (par ordre alphabétique) :

- Analyseur de température de flamme (FTA pour Flame Temperature Analyser),
- **Catalytique,**
- Chimiluminescence,
- **Colorimétrique,**
- **Conductivité thermique (ou catharométrique),**
- **Électrochimique,**
- **Infrarouge,**
- Ionisation de flamme (FID pour Flame Ionisation Detector),
- Paramagnétique (pour la détection d'oxygène),
- **Photo-ionisation (PID pour Photo Ionisation Detector),**
- Photométrie visible ultra-violette,
- **Semi-conducteur,**
- Spectrométrie à mobilité ionique,
- Spectrométrie de masse,
- Sonde zircone.

Les détecteurs de gaz ponctuels fixes, utilisés le plus couramment dans l'industrie sont ceux qui sont en gras et soulignés dans la liste précédente. Ils sont décrits plus précisément au paragraphe suivant.

Le principe de fonctionnement et les conditions d'utilisation de ces technologies sont présentés dans le rapport INERIS Oméga 22[7] et les normes NF EN 60079-29-2[3] et NF EN 45544-4[4].

## 4.2 CARACTÉRISTIQUES DES TECHNOLOGIES DE DÉTECTION

Le tableau suivant donne des caractéristiques des technologies de détection des détecteurs de gaz ponctuels fixes, couramment utilisés dans l'industrie. **Il est important de noter que les développements de capteurs et d'instruments sont permanents et les technologies évoluent régulièrement. Il convient de vérifier les paramètres de fonctionnement avec le fabricant ou le fournisseur et donc d'utiliser ces informations comme lignes directrices.**



Technologie	Domaines d'applications				Temps de réponse (t <sub>90</sub> )	Interférences	Empoisonnement
	Applications	Gaz	Gamme de mesures	Limitations (environnement, vieillissement, durée de vie)			
Catalytique	Détection de tous les gaz inflammables, mais avec des écarts dans la sensibilité  Peut uniquement être utilisé pour la détection des mélanges gaz/air jusqu'à la LIE.	Toxique et Inflammable	0 – 100% LIE 0 – 20 % LIE 0 - 5000 ppm pour l'ammoniac uniquement	Ne fonctionne que si l'oxygène est suffisamment présent (10 % v/v min.)  Pour prévenir les fausses alarmes, il est recommandé que le niveau d'alarme ne soit pas établi en dessous de 5% de LIE.  Après exposition à des concentrations de gaz dépassant l'étendue de mesure, le capteur peut nécessiter un temps de recouvrement de plusieurs heures ou peut avoir des dérives irréversibles de sa lecture de zéro et de sa sensibilité.	Dépend du gaz à mesurer : en général, plus la masse moléculaire et la taille de la molécule du gaz sont élevées, plus long est le temps de réponse.  De quelques secondes à des minutes selon le gaz et la température.	Le principe de mesure n'est généralement pas sélectif  Si l'atmosphère à surveiller contient un gaz ou des gaz qui diluent l'air (gaz inerte), par exemple l'azote ou le dioxyde de carbone, le capteur catalytique peut donner une réponse faible voire même une réponse nulle.	Empoisonnement possible par certaines substances avec inhibition permanente ou temporaire selon la nature du contaminant, telles que : – les silicones (par exemple, joints, imperméabilisants, adhésifs, agent de démoulage, huiles et graisses spéciales, ...); – le plomb tétraéthyle (par exemple, pétrole, ...); – les composés sulfurés (par exemple, dioxyde de soufre, hydrogène sulfuré); – les composés halogénés (par exemple, certains hydrocarbures halogénés); – les composés organo-phosphorés (par exemple, les herbicides, insecticides et les esters de phosphate dans les fluides hydrauliques ininflammables). Un capteur appelé « résistant aux poisons » pourra tolérer des doses plus importantes de contaminants que des capteurs traditionnels avant d'être empoisonné ou inhibé.
Colorimétrique	Utilisable pour détecter : - les amines (NH <sub>3</sub> , diméthylamine,...), - les isocyanates (TDI, MDI, HDI), - les hydrures inorganiques, - les hydrazines (hydrazine, MMH, UDMH) - les acides minéraux (HF, HCl, HBr, NO <sub>2</sub> ...), - les comburants (Br <sub>2</sub> , Cl <sub>2</sub> , F <sub>2</sub> , ...), - Phosgène, HCN, SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> ...	Toxique	De quelques ppb (v/v) à une centaine de ppm (v/v)	Pour la plupart des substances, au moins 20 % d'humidité relative est nécessaire.  Les bandes de papier ont généralement une durée de vie limitée (2 semaines à 3 mois). Leur stockage est compris entre 3 mois et 1 an et pour certaines bandes de papier, elles doivent être stockées à des températures inférieures à 0°C.	De l'ordre de la dizaine de secondes à la minute.	L'H <sub>2</sub> S peut interférer sur la mesure des hydrures (Arsine, Phosphine, ...) et HCN	Certains produits chimiques peuvent agir comme des agents de blanchiment et peuvent détruire le changement de couleur.  L'exposition à la lumière et à des corps gras peut faire perdre une partie de sa sensibilité à la bande de papier.
Électrochimique	Ils sont communément utilisés pour la mesure de concentrations de gaz toxiques à des concentrations de quelques ppb (v/v) à des milliers de ppm. Il existe aussi des cellules CO jusqu'à 4%v/v pour des applications de mesures à l'émission.  Ils sont adaptés à la mesure des concentrations d'hydrogène jusqu'à quelques milliers de ppm et de l'oxygène jusqu'à 25 % v/v.  Il existe aussi des capteurs pour l'oxygène jusqu'à 100 % v/v.	Toxique et Inflammable	De quelques ppm (v/v) à un millier de ppm (v/v)	En fonction du capteur, l'oxygène peut être nécessaire pour la réaction électrochimique.  La durée de vie dépend de la consommation de l'électrolyte. Dans des conditions favorables, la durée peut être de 1 à 5 ans selon les cellules.  Un fonctionnement prolongé en humidité très faible peut assécher l'électrolyte (variable selon le type d'électrolyte : liquide ou gel)  Après exposition à des concentrations de gaz dépassant l'étendue de mesure, le capteur peut nécessiter un temps de recouvrement de plusieurs minutes à quelques heures.	De quelques secondes à des minutes selon le gaz et la température.	Les cellules électrochimiques peuvent répondre à d'autres gaz (oxydants ou réducteurs) avec une variation de signal positive ou négative.	La durée de vie du capteur peut être réduite par des concentrations élevées de solvants organiques qui réagissent avec l'électrolyte.  Certains détecteurs d'oxygène peuvent perdre leur sensibilité suite à de fortes concentrations de CO <sub>2</sub> .
Infrarouge	Détecte les gaz possédant des bandes d'absorption dans la zone infrarouge du spectre lumineux électromagnétique.  Les capteurs infrarouges ne consomment pas le gaz et ils ne nécessitent pas d'oxygène pour leur fonctionnement.  La durée de vie des capteurs est	Toxique et Inflammable	Gaz inflammables jusqu'à 100 % LIE CO <sub>2</sub> de 0-1%v/v à 0-50%v/v	Ne détecte pas l'hydrogène.  NB. : Les capteurs infrarouges à chemin ouvert sont sensibles aux désalignements provoqués par les chocs ou vibrations.	De quelques secondes à des dizaines de secondes  L'ajout de capot de protection, filtre anti insecte, ... augmente de manière significative le temps de réponse.	La sélectivité dépend de la longueur d'onde de détection.  Les interférences avec des gaz tels que le dioxyde de carbone peuvent conduire à des erreurs.  Des contaminants solides (par ex. : poussière) ou liquides qui absorbent l'énergie infrarouge	Il n'y a pas d'effet d'empoisonnement connu.

Technologie	Domaines d'applications				Temps de réponse (t <sub>90</sub> )	Interférences	Empoisonnement
	Applications	Gaz	Gamme de mesures	Limitations (environnement, vieillissement, durée de vie)			
	longue en l'absence de corrosion, de contamination ou de dommage mécanique.  Immunité aux effets d'empoisonnement					provoquent des interférences ou des pertes de sensibilité.  Des variations de la concentration de la vapeur d'eau peuvent provoquer des interférences ou des pertes de sensibilité.	
Photo-ionisation (PID pour Photo Ionisation Detector)	Ce type de détecteur est peu utilisé en détection fixe. Ils sont souvent utilisés pour des mesures d'hygiène, et pour effectuer des cartographies de COV sur les sites industriels.  Il est adapté à la détection des gaz dont le potentiel d'ionisation (PI) de la molécule est inférieur à l'énergie de la lampe UV (9,8, 10, 10,6 ou 11,7 eV).	Toxique et Inflammable	Mesure des concentrations de gaz allant de 100 ppb (v/v) à quelques milliers de ppm (v/v).	Les gaz ne sont pas tous détectés. Par exemple, le méthane (PI=12,61 eV), l'hydrogène (PI=15,43 eV) et le monoxyde de carbone (PI = 14,01 eV) ne sont pas détectables avec des PID.  La plupart des capteurs ont une lampe UV d'énergie 10,6 eV. Les lampes d'énergie supérieure ont tendance à avoir des durées de vie réduites.  Convient uniquement pour les gaz inflammables aux faibles pourcentages de LIE.	Le temps de réponse dépend du produit détecté, il varie de quelques secondes à des dizaines de secondes.	Le principe de mesure n'est pas sélectif. Il détecte toutes les substances qui ont un potentiel d'ionisation (IP) inférieur à l'énergie de la lampe UV.  Des matériaux condensés, des matériaux solides, des traces de doigt, etc. sur la lampe ou la fenêtre de la cellule peuvent altérer l'intensité d'ultraviolet et donc la sensibilité.	Généralement, il n'y a pas d'effet d'empoisonnement connu.  La mesure de certains composés comme les hydrocarbures lourds (ex dodecane), peuvent conduire à des dépôts sur la lampe UV. En conséquence, un nettoyage régulier de la lampe UV est recommandé.
Semi-conducteur	Ils peuvent être utilisés pour la détection des gaz sur une large étendue de concentrations, y compris les concentrations très faibles, cependant ils n'ont pas une réponse linéaire.	Toxique et Inflammable	La gamme de mesure dépend du traitement du signal implémenté : <ul style="list-style-type: none"> <li>soit la gamme 0-100% LIE,</li> <li>soit la gamme 0-100 % v/v, soit la gamme ppm.</li> </ul>	Ils nécessitent la présence d'oxygène pour fonctionner.  Des variations de la concentration d'oxygène, de la température, de l'humidité ou de la vitesse de l'air peuvent avoir une influence considérable sur la sensibilité.  Ils peuvent avoir des dérives de zéro et de sensibilité en quelques semaines.  Les capteurs neufs ou éteints pendant une longue période peuvent nécessiter un temps de rodage long (jusqu'à des semaines) pour stabiliser le zéro et la sensibilité avant l'étalonnage. Ce préconditionnement peut être effectué par le constructeur.  Après exposition à des concentrations de gaz dépassant l'étendue de mesure, le capteur peut nécessiter un temps de recouvrement de plusieurs heures ou peut avoir des dérives irréversibles de sa lecture de zéro et de sa sensibilité.	Les temps de réponse dépendent des propriétés de fabrication de l'élément sensible, de la concentration du gaz à mesurer.  Le temps de réponse de ces appareils est très variable, de quelques dizaines de secondes à plusieurs minutes.	Le principe de mesure n'est pas sélectif et les gaz peuvent induire un signal négatif (ex NO <sub>2</sub> ) ou positif.	La sensibilité peut être fortement affectée par des poisons, tels que : <ul style="list-style-type: none"> <li>les composés basiques ou acides, les silicones ;</li> <li>le plomb tétraéthyle ;</li> <li>les composés soufrés ;</li> <li>les cyanures ;</li> <li>les composés halogénés.</li> </ul>
Conductivité thermique (ou technologie catharométrique)	Ce type de capteur est adapté à la surveillance des gaz dont la conductivité thermique diffère largement de celle de l'environnement de référence (habituellement l'air) comme l'hydrogène, l'hélium et le néon, gaz d'inertage CO <sub>2</sub> /N <sub>2</sub>  Il ne nécessite pas d'oxygène.	Inerte et Inflammable	0 -100% v/v	Les capteurs ne sont pas sélectifs individuellement pour les gaz. Ils répondent pour tous les gaz, inflammables ou non (avec des coefficients de réponse différents).  Un mélange de gaz à haute et basse conductivité peut annuler la conductivité du mélange et conduire à l'absence de réponse.  Mesure beaucoup moins précise qu'un détecteur catalytique dans la gamme 0-100% LIE.		Des interférences ou des erreurs peuvent résulter d'une exposition ou d'une utilisation du matériel à des gaz pour lesquels il n'est pas étalonné.  La vapeur d'eau est un interférent spécifique.	Il n'y a pas d'effet d'empoisonnement connu.

Tableau 4 : Caractéristiques des technologies de détection des détecteurs de gaz ponctuels fixes couramment utilisés dans l'industrie

### 4.3 PARAMÉTRAGE DES DÉTECTEURS

Les détecteurs de gaz (avec électronique embarquée) peuvent être paramétrables par l'utilisateur. De façon générale, les paramètres modifiables par l'utilisateur sont :

- les seuils d'alarme/de déclenchement,
- la temporisation,
- le délai de désactivation,
- l'intervalle (ou périodicité) d'étalonnage.

Certains détecteurs peuvent également être dotés de séquences de diagnostic pour les problèmes d'électronique et/ou de cellules. Ces diagnostics sont normalement non modifiables par l'utilisateur.

#### 4.3.1 SÉQUENCE DE DIAGNOSTIC NON MODIFIABLE

Les diagnostics embarqués dans les détecteurs de gaz permettent de vérifier si la cellule est présente, sèche, en court-circuit...etc. Ils permettent également de détecter des problèmes d'alimentation, de communication, d'électronique et signalent les valeurs hors-échelle.

Généralement, certains diagnostics sont exécutés automatiquement à la mise en marche ou lorsqu'une cellule est remplacée et d'autres suivant une périodicité fixée dans le détecteur (voir fiche technique).

En cas de détection de défaut, un code d'erreur s'affiche sur le détecteur et un signal en sortie du détecteur est renvoyé (signal qui peut être repris pour un affichage en salle de contrôle ou autre).

**Ces séquences de diagnostic ne dispensent pas d'effectuer les vérifications régulières de bon fonctionnement et d'étalonnage.**

#### 4.3.2 PARAMÈTRES MODIFIABLES PAR L'UTILISATEUR

##### 4.3.2.1 LES SEUILS D'ALARME/DE DÉCLENCHEMENT

Les seuils d'alarmes/de déclenchement correspondent aux seuils de sécurité définis au regard de la fonction de sécurité à assurer. Ils doivent être clairement définis par l'utilisateur du détecteur et seront :

- soit réglés en usine par le fournisseur,
- soit réglés sur site par l'installateur ou par l'utilisateur.

Il est donc important que l'utilisateur vérifie, sur site, la réaction adéquate du détecteur à ces seuils de sécurité.

##### 4.3.2.2 TEMPORISATION

La temporisation est un paramètre que l'utilisateur peut ajuster afin de laisser un certain temps entre le moment où le détecteur détecte la présence de gaz et le moment où il transmet un signal de dépassement de seuil. Cette fonctionnalité est, en général, utilisée pour prendre en compte des contraintes de conduite de procédé.

Généralement, la temporisation est réglée à zéro par défaut. Vis-à-vis de l'objectif de maîtrise des risques recherché, il est préférable de ne pas ajouter une temporisation dans le fonctionnement d'un détecteur de gaz, car au niveau d'une fonction de sécurité, il est important de pouvoir détecter le plus rapidement possible tout risque de situation dangereuse.

**Lorsque l'utilisateur modifie ce paramètre, ce temps supplémentaire de réaction du détecteur est à rajouter au temps de détection.**

#### 4.3.2.3 DÉLAI DE DÉSACTIVATION

Un détecteur de gaz peut être désactivé (sortie désactivée) pendant un certain temps pour permettre de réaliser les opérations de test et de réglage. Pendant ce temps de désactivation, le détecteur n'est plus en mode de surveillance et il ne sera pas capable de détecter la présence de gaz en cas de fuite.

Lorsqu'un délai de désactivation est défini, il est important pour l'industriel, d'une part, de s'assurer que le détecteur est bien revenu en mode de surveillance après ce délai, et d'autre part, de s'assurer que la sécurité est toujours assurée pendant ce temps d'indisponibilité du détecteur (redondance, mesures compensatoires, etc.).

La désactivation / réactivation manuelle pour les opérations de test, d'étalonnage et de maintenance doivent se faire selon une procédure validée.

#### 4.3.2.4 INTERVALLE DE CALIBRAGE

L'intervalle de calibrage (périodicité de test) peut être réglé dans le détecteur afin d'avertir que l'échéance de vérification a été dépassée. Cette période est, généralement, réglée par défaut par le fabricant (voir fiche technique du détecteur) et peut être modifiée par l'utilisateur.

Généralement, trois options sont disponibles pour indiquer que l'échéance d'étalonnage a été dépassée :

- aucun avertissement,
- avertissement sur l'affichage du détecteur uniquement,
- avertissement sur l'affichage du détecteur et renvoi d'un signal en sortie du détecteur (signal qui peut être repris pour un affichage en salle de contrôle ou autre).

Selon la norme IEC 60079-29-2, les périodicités de tests / calibrage ne devraient pas être supérieures aux préconisations du fabricant.

## 5 SPÉCIFICATION, INSTALLATION, EXPLOITATION ET MAINTENANCE DE DÉTECTEURS DE GAZ PONCTUELS FIXES

Cette partie a pour objectif de préciser les éléments à prendre en compte pour la spécification, l'installation, l'exploitation et la maintenance d'un détecteurs de gaz ponctuel fixe ainsi que pour l'évaluation de la performance de ce dispositif une fois que celui-ci est installé.

Elle est destinée :

- d'une part, aux exploitants industriels et aux fournisseurs pour assurer la maîtrise des détecteurs de gaz sur site,
- d'autre part, aux inspecteurs des installations classées pour vérifier la performance des détecteurs.

Elle permet aux industriels d'assurer la gestion de leurs détecteurs fixes de gaz pour la maîtrise des risques de leurs installations et d'apporter des informations aux inspecteurs des installations classées pour la réalisation d'inspections des détecteurs fixes de gaz, basées sur la fiche d'inspection de l'action nationale [6].

Elle apporte les informations essentielles à prendre en compte dans chacune des trois étapes clefs du cycle de vie pour la maîtrise des détecteurs de gaz.

### 5.1 SPÉCIFICATION / CAHIER DES CHARGES (CDC)

La performance d'un dispositif de sécurité est liée, en premier lieu, à son efficacité, c'est-à-dire à sa capacité à remplir la fonction de sécurité qui lui est confiée. Cette fonction correspond à un besoin qui doit être clairement identifié et exprimé, en le formalisant de préférence sous la forme d'un cahier des charges ou par un document de spécifications. L'objectif est pour l'industriel de clairement définir son besoin afin que le fournisseur puisse proposer la solution adaptée.

L'objectif de ce paragraphe est de définir les informations à préciser dans ces documents d'expression du besoin (cahier des charges et/ou spécifications). **Ces documents servent également de base pour établir le processus de vérification et de validation avant la mise en service du système de détection de fuite et pour définir sa politique d'entretien de maintenance et tests.**

La spécification d'un système de détection de gaz repose sur la fonction de sécurité qu'il doit réaliser vis-à-vis des scénarios de fuite considérés. Pour le système global, celle-ci concernera la définition du maillage adapté. Cet aspect n'est pas traité dans ce guide et fera l'objet d'un guide spécifique, à paraître prochainement. Ici, ne sont précisés que les éléments de spécification pour le choix des détecteurs de gaz.

La spécification doit donc, au minimum, prendre en compte les scénarios de fuite et les facteurs suivants :

- le ou les gaz à détecter,
- les scénarios de fuite à considérer et la description des fonctions de sécurité à réaliser,
- les concentrations à détecter,

- les limites de fonctionnement et les contraintes environnementales (Température, Humidité Relative, vent, poussières, chocs, CEM, ATEX, ...),
- les substances présentes pouvant être perturbateurs (interférent, poison),
- les contraintes d'implantation,
- le temps de détection,
- les alimentations possibles (tension alternative ou continue), nécessité d'une alimentation de secours (Cf. 5.1.3),
- les contraintes potentielles vis-à-vis de la fréquence des contrôles (test, étalonnage, maintenance),
- les risques d'alarmes non justifiées,
- ....

La réponse du fournisseur permet de compléter la spécification avec les informations concernant :

- la gamme de mesure par rapport aux concentrations à détecter,
- la sélectivité par rapport aux gaz ou vapeurs cibles et la sensibilité aux gaz perturbateurs,
- le temps de réponse,
- le temps de récupération,
- le comportement sur défauts,
- les exigences de formation pour le fonctionnement, l'entretien et l'étalonnage corrects,
- L'indice de protection (IP) approprié à l'environnement (résistance aux agents (poussières, liquides, gaz) présents dans l'ambiance et résistance mécanique aux chocs),
- la stabilité à long terme (dérive de la mesure dans le temps),
- la certification ATEX UE de type,
- etc...

La spécification peut également préciser :

- l'implantation (maillage),
- les exigences relatives à la sécurité fonctionnelle, si applicable,
- la conformité avec les règlements nationaux qui nécessitent la satisfaction des exigences de performances des normes :
  - ✓ NF EN 60079-29-1[11] pour l'inflammable,
  - ✓ NF EN 45544-1[8], NF EN 45544-2[9] et NF EN 45544-3[10] pour le toxique,
  - ✓ NF EN 50104 pour l'oxygène[17].
- etc...

Il est important de rappeler que des informations importantes sur les caractéristiques de performance d'un détecteur de gaz peuvent être obtenues à partir de diverses sources, notamment :

- le manuel d'instructions de l'appareillage,
- les fabricants et fournisseurs,
- les publications techniques et de recherche,
- les rapports d'essais.

Pour les informations propres à une technologie de détection pour un gaz donnée, il faut se référer aux préconisations du fournisseur. Le référentiel INERIS Oméga 22[7] et les fiches barrières (<http://primarisk.ineris.fr/>) apportent également des préconisations d'utilisation.

### **5.1.1 PRISE EN COMPTE DE LA GAMME DE MESURE, DU TEMPS DE RÉPONSE ET DU MAILLAGE DANS LE CdC**

#### **5.1.1.1 DÉTERMINATION DE LA GAMME DE MESURE ET DES SEUILS EN FONCTION DES SCÉNARIOS DE FUITES CONSIDÉRÉS**

Les détecteurs de gaz sont installés et étalonnés pour assurer la protection des travailleurs (contrôle d'ambiance de travail et/ou protection en cas de fuites importantes) ou pour la protection de l'environnement en cas de fuites majeures. Pour le risque toxique, dans le cadre du contrôle de l'ambiance de travail, ils sont étalonnés sur la base des VLEP et VME qui correspondent à des concentrations assez faibles (de l'ordre de quelques dizaines de ppm voire moins). La gamme de mesure des détecteurs correspond également à ce niveau de concentration. Les gammes de mesures sont variables suivant les gaz : de 0-5 ppm à 0-5000 ppm.

Pour le risque d'inflammation, ils sont étalonnés sur la base de la valeur de la LIE avec des gammes de mesure pouvant aller de 0 à 100% LIE.

Des seuils d'alarme et/ou de mises en sécurité par asservissement des actions de sécurité sont à définir en fonction du risque et des objectifs de sécurité (par exemple : 25% LIE, 50% LIE, x ppm en fonction de la toxicité du gaz).

En cas de fuite accidentelle d'un gaz toxique, les concentrations mises en jeu seront très importantes et non adaptées aux gammes de mesures définies sur la base des VLE/VME. Il y a alors saturation des détecteurs.

Ces saturations par suite d'une surexposition retarderont le retour à un fonctionnement normal du détecteur ou le rendront totalement inopérant. Elles conduisent normalement à une mise en défaut du détecteur de gaz.

Il est donc important de prendre en compte ces considérations, en particulier par une analyse des scénarios de fuites considérés (modélisation de dispersion et définition des concentrations mises en jeu) afin de définir l'emplacement optimal des détecteurs, les seuils de détection et donc les gammes de mesure appropriées.

La saturation des détecteurs de gaz en cas de fuites majeures doit également faire l'objet d'une gestion adaptée vis-à-vis du traitement adéquat du signal transmis par le détecteur (distinction entre un signal défaut lié à une saturation suite à une fuite et un signal défaut lié à problème technique du détecteur).

**Il est donc important pour l'industriel que les spécifications permettent :**

- **de préciser les valeurs de concentration à détecter en fonction du risque (% LIE ou X ppm),**
- **de savoir comment se comporte le détecteur en présence de fortes concentrations et quel type d'information il fournit,**
- **de savoir comment doit être gérée l'information « saturation » du détecteur par le système de sécurité (centrale, automate, etc...),**
- **de connaître le temps de récupération du détecteur.**

#### 5.1.1.2 DÉTERMINATION DU "TEMPS DE RÉPONSE"

Le temps de réponse d'une barrière de sécurité, constituée par un détecteur de gaz, un système de traitement et des actionneurs, est l'intervalle de temps entre le moment où le détecteur est soumis à une variation de concentration de gaz et le moment où la fonction de sécurité assurée par cette barrière est réalisée dans son intégralité [13]. Ces durées de mise en sécurité dépendent donc du temps de déclenchement d'alarme du détecteur de gaz et des temps de mises en œuvre des actions de sécurité (fermeture d'une vanne, etc...).

Pour un détecteur de gaz, le temps de réponse est le temps entre le moment où le capteur est mis en présence d'une concentration de gaz et le moment où l'indication de la mesure de concentration donnée par le détecteur atteint un certain pourcentage de l'indication finale correspondant à cette concentration. Ce pourcentage est souvent pris égal à 90% (T90) ou bien 50% (T50). Pour rappel :

- La norme NF EN 60079-29-1[11] exige, pour les détecteurs inflammables, que les temps de réponse T50 et T90 ne dépassent pas respectivement 10 s et 30 s pour les gaz du Groupe I et 20 s et 60 s pour les gaz du Groupe II.
- La norme NF 50104[17] EN exige, pour les détecteurs d'oxygène, que les temps de réponse T20 et T90 ne dépassent pas respectivement 10 s et 45 s.
- Les normes NF EN 45544-2[9] et NF EN 45544-3[10] exigent que les temps de réponse des détecteurs toxiques T50 et T90 ne dépassent pas respectivement 60 s et 150 s. **Ces normes précisent également que, pour les applications critiques (exemple : avertissement de dangers graves pour la santé), le temps de réponse doit être le plus court possible.**

**Le temps de réponse est généralement déterminé par les constructeurs en mode dynamique (c'est-à-dire en injectant un débit de gaz constant via la coiffe d'étalonnage). Par contre, en mode mesure statique (par diffusion), le temps de réponse, dans la gamme de mesure de l'appareil, peut être très différent (sensiblement plus long).**

Les temps de réponse et de déclenchement d'alarme d'un détecteur de gaz dépendent :

- de la vitesse avec laquelle le gaz s'établit autour ou à la surface de l'élément sensible qui dépend de l'implantation/maillage des détecteurs et des conditions de rejet ;



- de la concentration du gaz qui s'établit par diffusion dans l'environnement et au niveau de l'élément sensible ;
- de la réactivité de l'élément sensible exposé à l'atmosphère à surveiller et de présence de différentes membranes de protection (filtres, grille, film anti-condensation) qui génèrent un délai de diffusion des gaz pour des faibles concentrations. Il est rappelé qu'un phénomène d'endormissement, en particulier pour les technologies semi-conducteurs et électrochimiques, est possible si les capteurs ne sont pas soumis périodiquement à une atmosphère de gaz (via les tests périodiques) ce qui tend à augmenter le temps de réponse (Cf. Tableau 5 et Figure 4) ;
- de la temporisation du détecteur (si pertinent, Cf. paragraphe 4.3.2.2).

**Les temps de déclenchement des alarmes ne sont pas des données indiquées par les constructeurs.**

Lors d'une fuite accidentelle majeure, la concentration de gaz pourra être localement très grande (de l'ordre de quelques dizaines ou de centaines de milliers de ppm voire beaucoup plus) et dépassera alors largement la gamme de mesure du détecteur. Dans ce cas, le temps de déclenchement des détecteurs sera beaucoup plus rapide pour atteindre un seuil donné (voir Figure suivante).

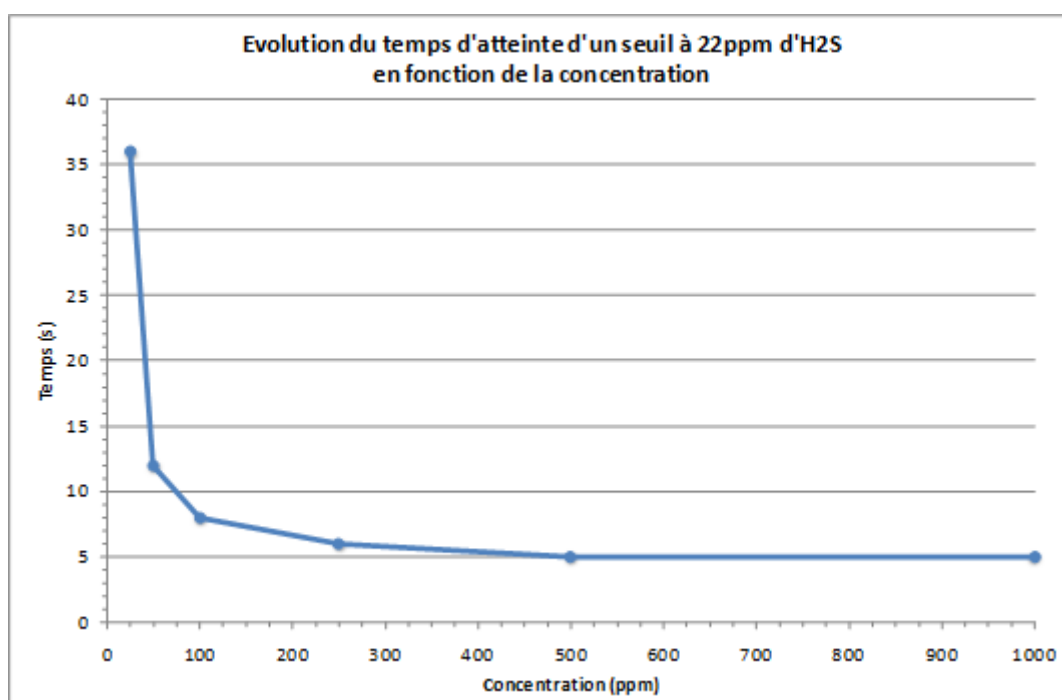


Figure 3 : Exemple d'évolution du temps pour atteindre un seuil à 22 ppm d'H2S en fonction de la concentration injectée sur un détecteur électrochimique de gamme 0-50 ppm

**Le temps de déclenchement des alarmes, pour un seuil donné, varie en fonction de la concentration en gaz présente au niveau du détecteur. D'une façon générale, plus la concentration augmente, plus le temps de déclenchement diminue, jusqu'à atteindre une durée minimum.**

Il est donc essentiel de relever le temps de déclenchement des détecteurs lors des opérations de vérification. À titre d'exemple des temps de réponse de détecteurs pour certains gaz sont présentés dans les fiches barrières (<http://primarisk.ineris.fr/>).

De manière similaire qu'au temps de réponse (T50 et T90), les temps de récupération (T50 et T10) sont les temps pour revenir à des concentrations de 50 % et 10 % de l'indication finale lorsque que le détecteur n'est plus soumis au gaz. Ils sont en général précisés dans le manuel d'instructions et leurs valeurs maximum sont spécifiées dans les normes. Ainsi :

- Pour les détecteurs inflammables, la norme NF EN 60079-29-1[11] exige que les temps de récupération T50 et T10 ne dépassent pas respectivement :
  - ✓ 10 s et 30 s pour la gamme 0-100% Méthane ou 30 s et 90 s pour la gamme 0-5% Méthane pour les gaz du Groupe I,
  - ✓ 20 s et 60 s pour les gaz du Groupe II.
- Pour les détecteurs de gaz toxique, les normes NF EN 45544-2[9] et NF EN 45544-3[10] exigent que les temps de récupération T50 et T10 ne doivent pas dépasser respectivement 60 s et 300 s.

**Vis-à-vis de la notion de temps de réponse, il est important de rappeler que les temps de réponse sont très variables selon la technologie de détection et qu'il faut prendre en considération les aspects suivants :**

- 1. Les temps de réponses fournis par les constructeurs sont déterminés en laboratoire en mode dynamique (c'est-à-dire en diffusant, via la coiffe de calibrage, un débit de gaz constant) ou en mode statique (c'est-à-dire par diffusion dans une ambiance de gaz) avec ou sans les accessoires éventuels. Cela peut conduire à des valeurs de temps de réponse différentes. Il est donc nécessaire de vérifier dans quelles conditions ont été mesurés les temps de réponse dans la notice d'utilisation du détecteur de gaz.**
- 2. Les temps de réponses mesurés sur site lors des tests sont déterminés en mode dynamique et doivent être sensiblement identiques à ceux fournis par les constructeurs si le protocole de test est identique.**
- 3. Par contre lors d'une sollicitation en cas de fuite, le temps de réponse sera différent car d'une part le mode de diffusion du gaz est différent (diffusion en mode statique), et d'autre part, les caractéristiques du gaz (concentration, débit, pression, température, ...) dépendront de la fuite.**

**Il est donc important de préciser dans les spécifications du système de détection gaz, les exigences de temps de réponses (temps de détection) en lien avec les objectifs de maîtrise de risques.**

#### 5.1.1.3 DÉFINITION DU NOMBRE DE DÉTECTEURS ET DE L'EMPLACEMENT EN FONCTION DES SCÉNARIOS DE FUITES CONSIDÉRÉS (MALLAGE)

L'efficacité et le temps de réponse de la détection lors d'une fuite de gaz avec des détecteurs ponctuels fixes dépendent de :

1. leur quantité,
2. leur emplacement.

Ces deux paramètres permettent de définir le maillage approprié pour assurer la fonction détection et ils dépendent des scénarios de fuite considérés (points de fuite, dispersion, concentrations) et de l'environnement du site (encombrement, obstacle, circulation de l'air...).

La sélection de la quantité et la localisation des têtes de détecteur ou des points d'échantillonnage doivent être faites en considérant un large éventail de facteurs incluant les standards de l'industrie et les exigences réglementaires, l'environnement local et la sécurité (scénarios de fuite considérés).

**Cet aspect n'est pas traité dans ce guide et fera l'objet d'un guide spécifique à paraître prochainement.**

### **5.1.2 PRISE EN COMPTE DES CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES, DES INTERFÉRENTS ET DES POISONS**

Les résultats des essais menés par l'INERIS ont montré que le fonctionnement de la plupart des détecteurs de gaz peut être perturbé par la présence d'autres gaz ou par des paramètres tels que « température » ou « humidité ».

Ainsi, un détecteur de gaz peut être faussé de façon positive (la sensibilité augmente) ou de façon négative (la sensibilité diminue) en présence de certaines substances dites interférentes. Un détecteur à photo-ionisation voit sa sensibilité diminuée avec la température et l'humidité de l'air. Il suffit d'exposer un capteur catalytique quelques dizaines de minutes à de l'air contenant quelques ppm d'un composé siliconé volatil pour qu'il soit totalement désactivé.

Divers produits dits poisons (solvants et lubrifiants) peuvent donc contaminer les détecteurs et les endommager provisoirement, voire définitivement (Cf. Tableau 4).

Avant d'utiliser ces produits (pour l'entretien des détecteurs ou à proximité des détecteurs), il faut consulter les mises en garde du fabricant. **Lorsqu'un détecteur a été contaminé par un poison, il peut retrouver son fonctionnement normal après une décontamination suivie d'un étalonnage et d'un nouveau test de fonctionnalité.**

**Une attention particulière doit donc être portée sur les conditions environnementales et les substances potentiellement présentes dans les milieux de travail ou générées par le procédé. La recherche des composés « perturbateurs » sur un site est une étape très importante pour la spécification et le choix d'un détecteur de gaz.**

Pour le choix des détecteurs de gaz, il est important de spécifier les conditions environnementales, surtout en ce qui concerne la météo et l'environnement industriel réel (température, humidité, interférent et poison potentiels) où ils seront utilisés.

Généralement, les conditions d'utilisation pour un détecteur sont documentées par le fabricant dans les manuels d'instruction. Ces documents, ainsi que toute autre documentation complémentaire, sont une source d'informations très importante pour la spécification.

A titre d'exemple, pour les capteurs électrochimiques, la sélectivité au gaz cible s'obtient par une optimisation électrochimique, c'est-à-dire le choix du catalyseur et de l'électrolyte, ou par l'intégration de filtres dans la cellule absorbant physiquement ou réagissant chimiquement avec certaines molécules de gaz interférentes.

Il est essentiel de consulter le manuel du produit afin de connaître les effets des différents gaz interférents sur la réponse de la cellule.

**Pour la spécification, il est donc important que l'utilisateur interroge les fournisseurs sur ces points en prenant en compte l'application envisagée. Une analyse des substances pouvant induire un effet négatif sur la réponse des détecteurs, y compris les substances non documentées par les fabricants, doit précéder le choix des détecteurs.**

Certaines substances pouvant être considérées comme source d'interférent ou de poison sont précisées dans les fiches BADORIS (<http://primarisk.ineris.fr/>).

L'effet d'empoisonnement dépend du poison lui-même, du gaz à mesurer et de la conception du capteur. Les recommandations du constructeur doivent être respectées pour savoir quels contaminants peuvent empoisonner le capteur et comment il peut être protégé.

**Lorsqu'il reste un doute sur la présence de ces substances (interférent et poison), il faudra augmenter la fréquence des contrôles de sensibilité.**

### **5.1.3 PRISE EN COMPTE DES INTERFACES (INTÉGRATION DANS LE RÉSEAU)**

Les capteurs doivent être connectés à leurs unités de commande respectives, comme spécifié par le constructeur (en observant la résistance maximale de boucle, la taille minimale des fils, l'isolation, etc.) et utiliser un système de câble, de fils et de conduits adaptés et approuvés pour l'application, le classement ATEX de l'emplacement et une protection mécanique correcte.

Le type de transmission des données en filaire (TOR, ANA, numérique) ou sans fil (radio...) et leur gestion doit être précisé (affichage au niveau de la centrale de détection, report en salle de contrôle, ...).

La source d'alimentation principale doit être réalisée au moyen d'une dérivation issue directement du tableau principal. Cette dérivation doit être sélectivement protégée, correctement étiquetée, réservée à l'usage exclusif du système de détection de gaz, et d'éventuels autres équipements du système de détection de gaz.

L'énergie nécessaire au fonctionnement du système de détection gaz doit être fournie par un matériel conforme aux normes en vigueur.

Il faut s'assurer que l'équipement d'alimentation électrique est dimensionné pour le traitement du nombre de détecteurs de gaz nécessaires et il est préférable d'avoir une alimentation de secours, en cas de coupure électrique de l'installation industrielle. Les détecteurs de gaz doivent rester alimentés pour assurer leur fonction de sécurité en cas de présence de gaz dans de telles situations. La capacité de la source de secours doit être telle que le fonctionnement des composants alimentés soit assuré pendant une durée compatible avec les exigences de sécurité.

Le système de détection gaz doit être conçu de manière à limiter les conséquences d'un défaut survenant sur les câbles et les raccordements. Un défaut (coupure, court-circuit, mise à la terre) sur une liaison (circuits de détection de gaz et câbles d'alimentation électrique) ne doit pas faire perdre la totalité du système de détection gaz. Les liaisons doivent être soit surveillées, soit protégées mécaniquement. Il est en outre nécessaire de prendre en compte les conséquences des défauts du système de détection gaz sur les équipements de mise en sécurité commandés (équipements d'alerte, moyens d'isolement automatiques, moyens d'abattage automatique...).

L'utilisation de liaisons sans fil doit prendre en considération les conséquences d'une défaillance (perte de la liaison, interférences, retard de réception, ...). Elle ne doit pas engendrer la perte du système de détection ou selon les cas engendrer des déclenchements intempestifs des systèmes de mise de sécurité.

Il convient également de spécifier le report des informations suivantes au niveau de l'IHM (salle de conduite ou autre) :

- le déclenchement des alarmes (premier et deuxième seuil),
- les alarmes défauts détecteurs,
- la perte d'alimentation,
- les informations émanant des systèmes de mise en sécurité asservis.

À noter qu'aux signalisations de défaut doivent correspondre des consignes précises en adéquation avec les exigences de sécurité.

#### **5.1.4 PRISE EN COMPTE DU NIVEAU DE FIABILITÉ REQUIS**

Des exigences de fiabilité, de disponibilité et de maintenabilité doivent être spécifiées dans le CdC afin d'une part d'assurer la fonction de sécurité attendue avec le niveau d'intégrité requis et d'autre part de limiter le risque de déclenchement intempestif par une logique d'alarmer et de déclenchement adaptée.

Le niveau d'intégrité requis dépendra des objectifs de maîtrise de risque associés aux scénarios de fuite considérés.

**Outre les dispositions définies dans ce guide, le choix et l'installation des détecteurs de gaz doivent être réalisés selon les règles de l'art afin que le niveau de fiabilité soit le meilleur possible.**

#### **5.2 INSTALLATION (BONNES PRATIQUES D'INSTALLATION DES DÉTECTEURS)**

En plus des dispositions suivantes, l'installation électrique, pour les parties basse et très basse tension, doit être conforme à la norme NF C 15-100[14]. Son exécution doit être réalisée selon les règles de l'art afin que le niveau de fiabilité soit le meilleur possible.

Pour le bon fonctionnement d'un système fixe de détection de gaz, chaque détecteur doit être placé correctement conformément à son application individuelle. En règle générale, pour l'installation, il est essentiel de respecter les préconisations des notices d'utilisation du constructeur.

Pour rappel, voici quelques règles de bonnes installations des détecteurs à prendre en compte :

- Il est important que les détecteurs soient installés selon l'orientation spécifiée par le constructeur (par exemple la cellule est orientée vers le bas pour les détecteurs catalytiques).
- Il est important de positionner les détecteurs de manière optimale. Cela dépend de nombreux paramètres tels que :
  - les propriétés du gaz ou des vapeurs (masse molaire, densité<sup>3</sup>...),
  - la vitesse initiale du gaz au point de fuite, le taux de dilution ou l'accumulation au point de mesure,
  - le lieu de la fuite : à l'intérieur d'un bâtiment ou à l'extérieur,
  - les mouvements d'air dans lequel le gaz se répand (vents dominants, mouvement de convection, taux de ventilation...) ou la présence de zones mortes,
  - la topographie du site (encombrement, obstacles, accessibilité...).
- Il convient que les capteurs et les points d'échantillonnages soient accessibles pour permettre un étalonnage régulier, la maintenance et les inspections de sécurité électriques. Il doit être possible d'accéder et de placer tous les accessoires ou matériels d'essai nécessaires pour ces opérations au point de détection.
- Des accessoires complémentaires peuvent être nécessaires pour assurer une meilleure détection (collecteur de gaz, dispositif d'introduction de gaz à distance, filtre...).
- Il convient que tous les capteurs, les lignes d'échantillonnages et les matériels soient montés dans des emplacements qui assurent la conformité aux spécifications de température de fonctionnement du constructeur. En général, il convient d'éviter de placer les détecteurs de gaz directement au-dessus de sources de chaleur telles que des fours ou des chaudières et il y a lieu de choisir une hauteur appropriée loin de la source de chaleur.
- Il convient de prendre des précautions pour protéger les capteurs contre les dommages résultant d'une exposition aux conditions météorologiques contraignantes (coiffe d'intempérie par exemple). Des accessoires de protection sont parfois nécessaires en cas de projection de liquide, de présence de poussières, de rayonnement direct du soleil ou encore de très basse température.
- Il convient de prendre des précautions pour protéger les capteurs et le câblage contre les dommages résultant d'une exposition aux atmosphères corrosives (par exemple l'ammoniac, les brouillards acides, l'hydrogène sulfuré etc.).
- Quand des vibrations sont prévisibles, en particulier pour le matériel monté sur des machines, il convient de prendre des précautions pour s'assurer que le matériel a été conçu pour supporter les vibrations, ou qu'un montage d'isolation adéquat est fourni.

---

<sup>3</sup> La densité d'un mélange de gaz issu d'une fuite va dépendre de la masse molaire du gaz, de sa concentration dans l'air et de la température du mélange.

- Il convient que les capteurs montés dans des endroits où ils peuvent être exposés à des dommages mécaniques (par exemple du fait d'opérations normales sur le site), soient protégés sans que cela gêne la circulation d'air libre autour d'eux. Si nécessaire, il convient d'obtenir des recommandations du constructeur.
- Il convient que le système de détection de gaz dans sa totalité soit protégé correctement contre les effets d'interférences électromagnétiques (Cf. réglementation applicable pour la compatibilité électromagnétique).
- Il est recommandé que les capteurs soient installés le plus tard possible dans le programme de construction (c'est-à-dire construction d'une usine nouvelle, aménagement ou maintenance), afin d'éviter toute dégradation des capteurs qui pourrait résulter en particulier d'activités comme la soudure et la peinture. S'ils sont déjà installés, il convient que les capteurs soient protégés avec des scelllements étanches à l'air pour éviter la contamination pendant les travaux de construction, et qu'ils soient clairement marqués comme n'étant pas en fonctionnement.

Des considérations supplémentaires sont à prendre en compte en cas d'utilisation d'une ligne d'échantillonnage pour la mesure :

- Il est recommandé que les lignes d'échantillonnage soient les plus courtes possibles car le temps de réponse est déterminé par la longueur totale.
- Le matériau constituant la ligne d'échantillonnage doit être sélectionné afin d'éviter l'adsorption, l'absorption et des réactions chimiques avec les gaz à détecter.
- Des filtres peuvent être utilisés pour protéger le matériel de la poussière et des substances interférentes ou poisons. Généralement, un filtre à particule est nécessaire pour chaque point d'échantillonnage afin que l'intérieur des lignes d'échantillonnage soit maintenu propre. Des dispositifs complémentaires sont requis quand des brouillards peuvent être échantillonnés. Fréquemment, une filtration complémentaire est fournie avec le capteur (Attention : les filtres accroîtront le temps de réponse).
- La condensation de l'eau peut bloquer la ligne d'échantillonnage. Il convient de prendre des précautions pour éviter la condensation d'eau sur la ligne. Par exemple des pièges à eau peuvent être nécessaires en différents points de la longueur de la ligne d'échantillonnage.

Pour le câblage les considérations suivantes sont à prendre en compte :

- Il est important de respecter les préconisations de câblage du fournisseur (alimentation – Niveau de courant/tension et résistance de charge, mise à la terre et signal de sortie, nature et type de câbles, diamètre des câbles, ...).

- L'utilisation de câble non propagateur de flamme et sans halogène<sup>4</sup> peut être nécessaire en cas de risque d'incendie. Sauf prescriptions particulières mentionnées dans les référentiels normatifs, toutes les liaisons entre les différents matériels doivent être réalisées en câble de la catégorie CR1-C2 au sens de la norme NF C 32-070[15]<sup>5</sup>.
- Il est recommandé d'installer le câble sous protection tubulaire dès que le détecteur se trouve à proximité d'un risque mécanique tel que choc ou sectionnement.
- Il est recommandé que le câblage soit physiquement séparé du câblage utilisé à d'autres fins. Les câbles doivent être repérés au départ et à l'arrivée. La mise en place de ce repérage doit être telle qu'il soit lisible après connexion aux équipements qu'il dessert. Ce repérage doit résister dans le temps. Le repérage des câbles doit faciliter les interventions dans un cadre de maintenance (préventive et/ou corrective) et/ou de modification d'installation lors d'une adaptation de celle-ci.
- Les câbles de courant faible doivent être séparés des câbles de courant fort (voir NF C 15-100, partie 528[14]).
- Dans la mesure où des supports de canalisation électrique (chemins de câbles, goulottes ou conduits) sont mis en œuvre, il convient de proportionner les sections des conduits et canalisations pour faciliter la pose et la dépose des câbles. Les chemins de câbles, goulottes et conduits doivent être facilement accessibles.
- Lorsqu'aucun support de câbles électriques (chemin de câbles, goulottes ou conduits) n'est mis en œuvre (cas des faux-plafonds par exemple) les câbles doivent être fixés à un élément stable de la construction (en aucun cas le câblage dit « volant » n'est acceptable). Chaque fois que possible, ils doivent être placés en torons, ces torons ne doivent être constitués que de câbles appartenant au système de détection de gaz.
- La nature des câbles sera choisie de manière à ce que ni les opérations de leur mise en place ni les conditions d'environnement des lieux où ils cheminent n'altèrent leurs propriétés mécaniques et électriques selon les dispositions de la partie 5.52 de la norme NF C 15-100[14].

### 5.3 RECETTE / ACCEPTATION SUR SITE

Afin de s'assurer qu'elle est en mesure de remplir l'intégralité de sa mission, toute installation neuve ou toute installation modifiée doit être soumise à un contrôle de conformité. Ces opérations sont de la responsabilité de l'industriel (l'utilisateur de l'installation).

---

<sup>4</sup> Les câbles sans halogène émettent peu de gaz corrosifs, brûlent sans produire de quantités significatives de monoxyde de carbone et émettent très peu de fumées denses et opaques (facilite l'évacuation des personnes).

<sup>5</sup> Catégorie CR1-C2 au sens de la norme NF C 32-070 : câble qui résiste au feu et ne propage pas la flamme

Catégorie CR1-C1 au sens de la norme NF C 32-070 : câble qui résiste au feu et ne propage pas l'incendie



A la livraison des détecteurs et après leur installation, des vérifications sont à réaliser par l'industriel afin de s'assurer que ces détecteurs répondent bien à son besoin.

La conformité est prononcée au vu des résultats de la vérification générale et de la vérification fonctionnelle de l'installation sur la base d'un plan de tests.

Il convient d'examiner le système de détection de gaz complet, notamment tous les équipements annexes, avant utilisation, pour garantir que la conception et l'installation ont eu lieu de manière satisfaisante et répondent aux prescriptions du cahier des charges et de la spécification. Un ensemble complet d'informations de fonctionnement, plans et dossiers pour le système doivent être fournis (dossier technique). Ces informations doivent également préciser les détails d'utilisation, de vérification, d'étalonnage et de maintenance.

À des fins d'entretien et d'enregistrement, il est important de fournir les plans de l'installation qui montrent les emplacements de toutes les parties du système (unités de commande, détecteurs de gaz, points d'échantillonnage, etc.) avec les cheminements des câbles.

Ces différents documents devront être mis à jour lorsque des modifications sont apportées à l'installation.

Le matériel de détection de gaz doit être installé de telle sorte que seul le personnel autorisé puisse y avoir accès pour les opérations de vérification et de maintenance.

L'acceptation sur site est prononcée par l'exploitant sur la base de la vérification générale de l'installation, après s'être assuré :

- du respect général des règlements et des normes en vigueur,
- de la conformité de l'installation au dossier technique,
- de l'existence des documents d'exploitation (consignes et procédures d'exploitation),
- du niveau de performance tels que précisé dans la spécification (Cf. paragraphe 5.1).

Il convient de rappeler que la maîtrise d'une fonction de détection de gaz dans sa globalité nécessite de considérer également les parties "traitement" et "action". Ces deux parties ne sont pas traitées dans ce guide.

### **5.3.1 DOSSIER TECHNIQUE**

Il convient de vérifier le dossier technique constitué par le fournisseur et l'installateur afin de s'assurer de la conformité avec le besoin (cahier des charges et/ou spécifications). Il a pour objectif de faciliter l'exploitation, les vérifications, la maintenance et l'évolution de l'installation. Le dossier, établi en français (ou dans la langue des personnes qui auront à l'exploiter), doit comporter :

- la liste des documents fournis ;
- le plan de masse de l'établissement mettant en évidence les parties surveillées par les détecteurs et l'emplacement de la centrale de détection ;
- une nomenclature des matériels du système de détection permettant d'identifier le constructeur et la référence commerciale ou de certification de chaque produit, d'en connaître leur quantité ;

- les plans d'implantation des matériels où doivent figurer tous les matériels avec leur identification individuelle ainsi que les liaisons filaires et les éléments terminaux de fin de ligne ;
- le carnet de câbles (ou méthode de formalisation équivalente) ;
- les schémas de raccordement unifilaire de tous les organes constitutifs de l'installation, représentant tous les matériels avec leur numéro d'identification dans l'installation et précisant lorsqu'ils sont utilisés les dispositifs de dérivation et de jonction ;
- la configuration des réseaux de détection (maillage) ;
- les diagrammes de fonctionnement (logique de détection et de déclenchement) ;
- le recueil du paramétrage de l'installation (affectation des points et des indicateurs d'action, réglage des détecteurs, libellé des zones et points, réglage des temporisations...) ;
- les certificats fournis par le constructeur ;
- le plan de tests et les fiches de résultats des tests ;
- les rapports de calibrage des détecteurs ;
- le procès-verbal de mise en service ;
- les notices d'exploitation et de maintenance des constituants du système de détection ;
- les notices de mise en service et d'installation des constituants du système de détection.

### **5.3.2 VÉRIFICATION FONCTIONNELLE DE L'INSTALLATION**

La vérification fonctionnelle de l'installation a pour but de s'assurer que toutes les fonctions, assurées par les détecteurs de gaz et par le système de détection dans son intégralité, sont correctement remplies.

Les commandes d'organes externes liées aux fonctions supplémentaires susceptibles d'être inutilement ou dangereusement actionnées lors des opérations de vérification seront neutralisées. Cette neutralisation doit se faire en présence d'un responsable habilité par l'exploitant qui devra veiller à leur remise en service après les opérations de vérification.

Lors des essais, le paramétrage de l'installation (réglage de sensibilité des détecteurs, réglage des temporisations, etc.) doit être identique à celui prévu pour l'exploitation réelle de l'installation.

La vérification fonctionnelle comprend les opérations minimales suivantes :

- contrôle des sources d'alimentation,
- essai de fonctionnement des détecteurs,
- contrôle de la transmission des signaux d'alarmes et de commandes,
- contrôle du comportement sur défauts (perte liaison, défaut détecteur...),
- vérification de la fiabilité.

Cette vérification se fait sur la base de procédures documentées, référencées et avec traçabilité et enregistrement des résultats.

### 5.3.2.1 VÉRIFICATION DES DÉTECTEURS

Avant la mise en service, il est nécessaire de vérifier que le dispositif installé répond aux spécifications et aux bonnes pratiques d'installation.

Les points à contrôler sont notamment :

- la vérification de la bonne installation et orientation des détecteurs,
- la vérification des connexions électriques,
- la vérification du bon fonctionnement sous tension,
- la vérification de la transmission correcte du signal (affichage au niveau de la centrale de détection, le report en salle de contrôle, ...)
- la vérification des réglages des seuils d'alarme,
- la vérification de la réponse du détecteur et du déclenchement des alarmes à l'aide d'un gaz étalon,
- la vérification du temps de réaction,
- la vérification du fonctionnement attendu en présence de défaillance (coupure de ligne, auto-diagnostics, ...). Les différents états du signal de sortie (défaut, calibrage, mesure et dépassement d'échelle) sont spécifiés par le fournisseur,
- etc...

Chaque capteur doit faire l'objet d'un calibrage conformément aux instructions du constructeur. Il y a lieu que le calibrage soit réalisé uniquement par un personnel formé et compétent (voir paragraphe 5.4.1.2).

Il faut également contrôler la présence des documents nécessaires à l'exploitation et à la maintenance (les instructions de fonctionnement, les schémas et les enregistrements des résultats de tests). Il convient que cela soit disponible en détails pour tous les points de détection.

Cette opération doit permettre de s'assurer de :

- la vérification de la conformité des détecteurs à la réception,
- la vérification de l'installation et du bon fonctionnement global,
- l'étalonnage des détecteurs.

Elle doit être formalisée dans des documents traçant les vérifications et les tests effectués (le plan de validation) et doit aboutir à la délivrance d'un procès-verbal (PV) de validation et d'autorisation de mise en service.

### 5.3.2.2 VÉRIFICATION DE LA FIABILITÉ

En règle générale, les détecteurs fixes de gaz industriels rencontrés sur le marché sont certifiés SIL2 selon la norme CEI 61508[16]. La conformité à cette norme permet d'avoir une confiance sur la capacité intrinsèque du détecteur à détecter certaines défaillances et garantir un niveau de fiabilité/disponibilité intéressant.

Cependant, il convient qu'un système de détection fixe soit installé de telle sorte que la défaillance d'un détecteur ou son retrait temporaire pour maintenance, ne compromette pas la sécurité du personnel et des lieux à protéger. Le doublement ou le triplement de détecteurs et de matériels de commande est recommandé dans tous les emplacements où une surveillance permanente est absolument nécessaire. Il convient d'utiliser autant que possible des dispositifs du type « fail safe ».

Ce niveau de redondance dépendra des exigences de fiabilité, de disponibilité et de maintenabilité (spécifiées dans le CdC) nécessaire d'une part pour assurer la fonction de sécurité attendue et d'autre part limiter le risque de déclenchement intempestif.

Le respect de ces exigences doit être démontré par le fournisseur du système de détection de gaz. Cette démonstration, sur la base d'études de sécurité fonctionnelle, doit se faire avant l'installation sur site car le respect de ces exigences conduit à considérer des prescriptions complémentaires (par exemple : sur le nombre de détecteurs, la logique de vote (Moon), le câblage, ...).

Bien sûr, ces exigences de fiabilité, de disponibilité et de maintenabilité nécessaire pour assurer la fonction de sécurité attendue et limiter le risque de déclenchement intempestif doivent également être vérifiées pour les autres éléments de la chaîne de la fonction de sécurité (le système de traitement et les actionneurs).

## **5.4 EXPLOITATION / MAINTENANCE**

Après leur mise en service, les installations de détection de gaz doivent faire l'objet d'une maintenance régulière. En outre, à intervalles réguliers, des opérations de vérification périodique doivent permettre de s'assurer de l'état de l'installation et des détecteurs.

Pour le maintien dans le temps de l'intégrité et du bon fonctionnement des détecteurs de gaz, les opérations périodiques suivantes s'imposent :

- examen du dossier technique,
- opérations d'inspection visuelle,
- opérations de vérification du bon fonctionnement et de calibrage,
- opération de maintenance préventive/corrective.

### **5.4.1 GÉNÉRALITÉS**

Il est important pour l'industriel d'effectuer des vérifications périodiques pour contrôler les phénomènes d'endormissement, de vieillissement, de saturation et s'assurer du bon fonctionnement global. De plus, après déclenchement des alarmes sur défauts des détecteurs (panne, saturation, ...), des actions doivent être entreprises :

- Si défaillance de l'électronique, une réparation ou un changement du détecteur sera réalisé. Il faudra ensuite faire une vérification et un étalonnage si nécessaire.

- Si saturation de la cellule, il faut attendre la récupération du détecteur (de plusieurs minutes à plusieurs heures) et faire une vérification et un étalonnage si nécessaire. Généralement, le changement de la cellule voire du détecteur sera réalisé. Il faudra ensuite faire une vérification et un étalonnage si nécessaire.

Les détecteurs de gaz sont des dispositifs assurant des fonctions de sécurité (mesures de maîtrise de risques) et à ce titre, ils doivent faire l'objet d'une politique de maintenance.

La définition de cette politique de maintenance peut reposer notamment sur :

- des exigences normatives,
- des standards internes,
- des exigences du fournisseur,
- un retour d'expérience interne ou externe.

Dans le cas où les détecteurs de gaz sont utilisés dans une mesure de maîtrise des risques vis à vis des risques majeurs, la maîtrise de leur vieillissement doit se faire conformément au guide DT93[18]. Ce guide constitue principalement :

- un panorama des techniques existantes (françaises et étrangères) pour le suivi des MMRI et de leur matériel connexe (utilités),
- un document pratique donnant des règles pour la gestion et la maîtrise globales du vieillissement de ces équipements dans le temps.

#### 5.4.1.1 ORGANISATION

Il est important pour l'industriel d'avoir une gestion adaptée pour maintenir la performance de ces détecteurs dans le temps. Cette gestion (via par exemple une GMAO, SGS, etc.) doit prendre en compte notamment les aspects suivants :

- procédures documentées et référencées,
- ressources techniques (moyens et outils adaptés et étalonnés),
- compétence,
- pièces de rechanges (cellule, détecteur, ...),
- traçabilité des vérifications et des tests réalisés,
- enregistrements des résultats ; les fausses alarmes, les défaillances et les dérives doivent être enregistrées et analysées pour améliorer la détection de gaz (optimisation du maillage, optimisation de la fréquence des tests, définition de la fiabilité, ...),
- vérifications ou évaluations,
- gestion des modifications (réalisation d'une analyse d'impact, circuit d'autorisation, mise en place d'un moyen compensatoire, ...),
- gestion des by-pass (arrêt de l'installation à contrôler, mise en place de moyen compensatoire, ...).

#### 5.4.1.2 COMPÉTENCES

Les opérations de vérification et d'entretien des détecteurs nécessitent une structure minimale dans laquelle les opérateurs doivent avoir les compétences nécessaires. L'industriel doit donc s'assurer de la compétence des personnes assurant ces activités (suivi et traçabilité de la formation et des compétences acquises). Elles doivent être réalisées par du personnel qualifié par des formations adaptées et conformément aux prescriptions des constructeurs indiquées dans les notices des appareils

La compétence doit comprendre la connaissance :

- des différents principes de fonctionnement des capteurs,
- des performances des appareils,
- du fonctionnement du système complet,
- des limites d'utilisation,
- des règles de maintenance essentielles,
- des règles de calibrages essentielles (respect du gaz de calibrage, masque d'injection adapté, débit du gaz, etc.),
- de la manipulation des gaz.

Lorsque ces activités de vérification et de maintenance des détecteurs sont confiées à une entreprise extérieure (le fournisseur ou autre), celle-ci doit gérer les mêmes contraintes. **L'industriel doit fixer des exigences sur la compétence dans son contrat de maintenance et s'assurer en suite de la compétence** (par exemple sur la base de fiche de formation et/ou de validation des acquis).

#### 5.4.1.3 ENREGISTREMENT

Toutes les opérations de test et de maintenance doivent être tracées, permettant ainsi de constituer un retour d'expérience sur les détecteurs, même si elles sont sous-traitées. Il est recommandé que l'exploitant ou le sous-traitant tienne à jour une fiche de suivi pour chaque détecteur permettant de tracer l'ensemble des opérations et des événements (vérifications, calibrages, maintenances, incidents, etc.). Dans ces fiches doivent figurer notamment les renseignements suivants :

- indication de l'appareil,
- date et nature des contrôles réalisés (remplacement des pièces, nettoyage, vérification, ...),
- résultat du contrôle (déclenchement des alarmes, temps de réaction, ...), au départ puis après un calibrage le cas échéant,
- numéro des bouteilles de gaz étalon et caractéristiques (concentration, débit...),
- date et nature d'événements inhabituels (présence de gaz, autres interventions sur le site, incidents divers).

#### 5.4.1.4 MAINTENANCE

Il convient de distinguer deux types d'opérations de maintenance. Le premier type concerne les aspects électriques et mécaniques du détecteur, c'est-à-dire la vérification du bon fonctionnement sous tension, de la transmission correcte des données, le remplacement de pièces, le nettoyage. Ces opérations peuvent être réalisées par l'utilisateur au même titre que celles concernant d'autres appareils de contrôle ou d'organes de sécurité. La périodicité sera définie grâce aux manuels et documents d'utilisation du détecteur de gaz.

Les autres opérations de maintenance sont spécifiques aux détecteurs de gaz. Il s'agit essentiellement de vérifier que la mesure donnée par le détecteur est conforme aux spécifications initiales. Si l'appareil n'est pas conforme (décalage du zéro, dérive de la sensibilité) il faut alors procéder au calibrage et, périodiquement, remplacer les éléments sensibles s'il y a lieu. Cette vérification périodique des détecteurs nécessite au minimum un gaz étalon ce qui implique de gérer et d'entretenir des bouteilles de gaz.

#### 5.4.2 MISE À JOUR ET EXAMEN DU DOSSIER TECHNIQUE

Pendant la durée d'exploitation des détecteurs de gaz et de façon générale du système de détection gaz, il convient de mettre à jour le dossier technique constitué par le fournisseur et l'installateur (Cf. paragraphe 5.3.1). Cette mise à jour doit se faire en cas de modifications apportées sur le système de détection de gaz.

Il est donc important de mener régulièrement des audits afin de s'assurer que les informations du dossier technique sont en adéquation avec le système exploité et qu'elles ont été mise à jour suite aux modifications apportées ; par exemple :

- ajout ou retrait de détecteurs,
- modification du positionnement de détecteurs,
- modification du câblage,
- modification des seuils de détection.

#### 5.4.3 OPÉRATIONS D'INSPECTION VISUELLE

L'inspection visuelle consiste à vérifier l'état général des détecteurs de gaz. Cette opération doit notamment prendre en compte :

- le contrôle de la présence des détecteurs et des équipements associés ;
- le contrôle du positionnement et identification des détecteurs et des différents organes par rapport aux spécifications du dossier technique (prise en compte des modifications survenues depuis les précédentes inspections) ;
- le contrôle du bon état des détecteurs et des centrales ;
- le contrôle du bon état des câblages et des connectiques ;
- toutes les actions de contrôles préconisées par le constructeur des détecteurs.

Cette opération d'inspection visuelle peut être réalisée lors des opérations de vérification du bon fonctionnement et de calibrage.

#### 5.4.4 OPÉRATIONS DE VÉRIFICATION DU BON FONCTIONNEMENT ET DE CALIBRAGE

Les appareils de détection de gaz sont des instruments de mesure. À ce titre, comme tous les instruments de mesure, ils dérivent dans le temps et leur fonctionnement peut être altéré par des paramètres extérieurs (interférents, poisons, humidité, température, poussière, ...). Il est donc indispensable de vérifier périodiquement leur bon fonctionnement et le cas échéant, de réaliser les opérations de calibrages et/ou maintenance adéquates.

Les périodicités de ces opérations dépendent notamment des facteurs suivants :

- de la technologie des détecteurs de gaz,
- des caractéristiques du site (conditions environnementales, conditions procédés, ...),
- des propriétés du/des gaz à détecter.

À titre d'exemple des périodicités de vérifications sont proposées dans les fiche barrières (<http://primarisk.ineris.fr/>).

##### 5.4.4.1 TESTS ET CALIBRAGE

Le test consiste, à l'aide d'une bouteille de gaz étalon, à vérifier :

- que les alarmes se déclenchent aux seuils définis,
- que le temps de réaction est en adéquation avec le temps de réponse défini,
- que l'indication finale indique bien la concentration du gaz étalon à plus ou moins 10% près.

La bouteille de gaz étalon doit couvrir tous les seuils de déclenchement des alarmes. De plus, si c'est un gaz de substitution, il faut prendre en compte la correspondance (par un "facteur de conversion ou de correction") entre le gaz à détecter et celui de substitution.

Lors de la vérification d'un détecteur à l'aide d'un gaz étalon, plusieurs situations peuvent être constatées. Les situations liées aux problèmes d'endormissement et de dérive des détecteurs sont présentées dans le Tableau 5 et la Figure 4<sup>6</sup>.

Résultats du test de vérification		Conclusion	Actions à entreprendre
1	La mesure est identique à la concentration de gaz appliquée et le temps de réaction du détecteur est identique au T90 annoncé par le fabricant.	Détecteur opérationnel (courbe bleue)	-
2	La mesure est identique à la concentration de gaz appliquée et le temps de réaction du détecteur dépasse les limites acceptables du T90 annoncé par le fabricant.	Endormissement du détecteur (courbe rouge)	Repasser du gaz ou changer le capteur

<sup>6</sup> Le Tableau 5 et la Figure 4 ne présente pas toutes les autres situations liées aux défaillances de l'électronique, de l'alimentation, du câblage...



3	La mesure dépasse les limites acceptables de la concentration de gaz appliquée et le temps de réaction du détecteur est identique au T90 annoncé par le fabricant.	Dérive du détecteur	Procéder à l'étalonnage
4	La mesure dépasse les limites acceptables de la concentration de gaz appliquée et le temps de réaction du détecteur dépasse les limites acceptables du T90 annoncé par le fabricant.	Dérive et Endormissement du détecteur (courbe verte)	Repasser du gaz et procéder à l'étalonnage

Tableau 5 : Situations rencontrées après vérification du détecteur et actions à entreprendre.

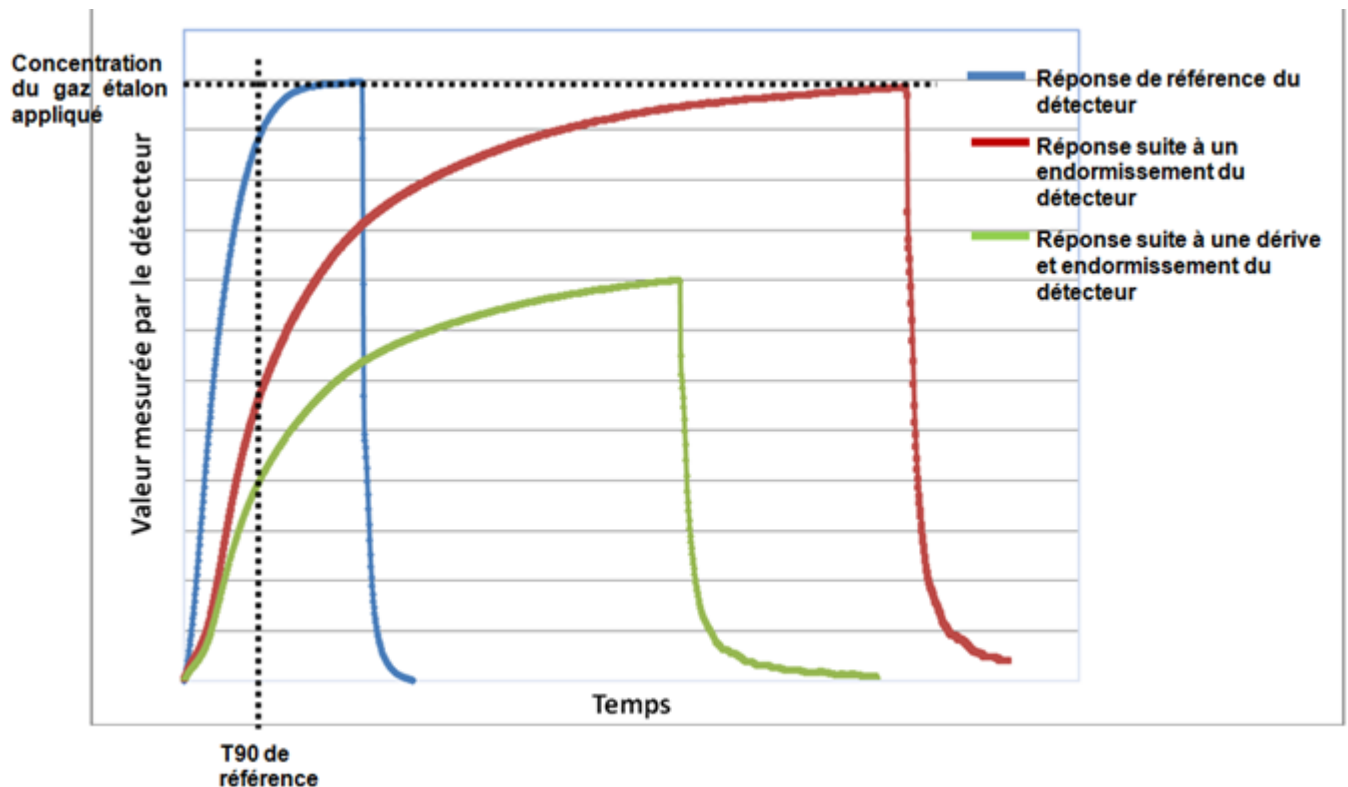


Figure 4 : Illustration des réponses d'un détecteur de gaz

Le calibrage s'effectue après un test non concluant ou autre dysfonctionnement constaté. Il s'agit dans ce cas de régler le zéro et la sensibilité de l'appareil avec un gaz étalon, voire les seuils d'alarme si ceux-ci ont été modifiés.

Après le calibrage, si la mesure est toujours inexacte et, après analyse, il faudra remplacer la cellule du détecteur, voire le détecteur.

La seule et unique façon de savoir si un détecteur de gaz "détecte du gaz" est soit d'injecter du gaz à une concentration connue sur l'appareil, soit de réaliser un test.

Dans le cas de l'explosimétrie, lorsque différents gaz sont présents et doivent être détectés avec le même détecteur, il convient de le calibrer pour le gaz où il est le moins sensible. Il est donc indispensable de connaître le coefficient de réponse (différent d'un type d'appareil à un autre) des substances recherchées par rapport au gaz de calibrage. Dans la plupart des cas, le coefficient est constant sur toute la gamme de mesure.

La figure suivante est un exemple de réponse d'un détecteur à deux gaz B et C lorsqu'il est calibré sur un gaz A.

La réponse au gaz B est surestimée tandis que la réponse au gaz C est sous-estimée. En effet, pour une concentration présente de 50 % de la LIE, le détecteur B indique 100 % de la LIE tandis que le détecteur C indique 25 % de la LIE.

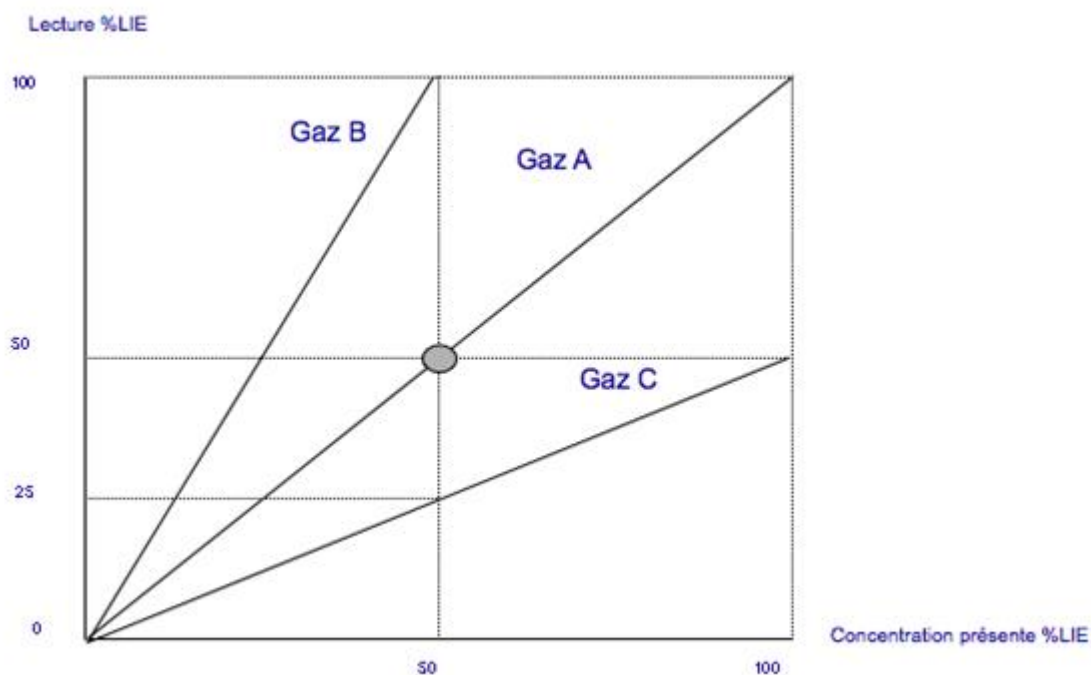


Figure 5 : Réponse d'un détecteur à d'autres gaz que celui de calibrage

La non-utilisation des facteurs de réponse ou une erreur sur l'utilisation du facteur de réponse peut amener à sous-estimer la concentration réelle mesurée de manière significative, lors de la détection d'un gaz ou d'une vapeur autre que le gaz de calibrage.

Il existe sur le marché des appareils fixes auto-testés, c'est-à-dire que ces systèmes de détection sont capables de générer une quantité de gaz et de vérifier la réponse du capteur. Ces appareils apportent un gain en termes de sécurité et de niveau de confiance, car ils permettent automatiquement un test de fonctionnement. Mais la concentration générée n'est pas connue avec précision, et la réponse n'est pas exploitée de manière précise, aussi, ces appareils doivent également être testés et calibrés. D'autant plus que parfois, le gaz généré n'est pas le gaz détecté mais un interférent.

Dans certaines notices d'utilisation, par abus de langage, il est mentionné que l'appareil réalise un calibrage automatique, alors qu'en réalité, il ne s'agit que d'une vérification de fonctionnement avec le gaz généré.

Le réglage du Zéro doit se faire en air exempt de gaz. Dans le cas contraire, il convient d'utiliser une bouteille d'air synthétique et d'injecter l'air au débit préconisé par le constructeur.

Le calibrage doit se faire avec le débit préconisé par le constructeur.

**Les fréquences de tests et de maintenance des détecteurs de gaz ne font généralement pas l'objet de réglementation particulière. Elles varient en fonction de la technologie de détection, de la nature des appareils (fixes ou portables) et des constructeurs. Elle est donc "évolutive", c'est-à-dire qu'elle est élevée au départ (tous les mois, voire moins) puis diminue si aucune dérive de fonctionnement n'est constatée. En aucun cas la période entre 2 tests ne devra être supérieure aux préconisations du constructeur.**

La fréquence de tests et de maintenance des détecteurs de gaz est alors fonction du retour d'expérience obtenu avec les tests et des prescriptions des constructeurs.

Pour les détecteurs de gaz qui ont fait l'objet d'une conformité à la norme CEI 61508[16], le certificat « SIL » peut fixer une périodicité de test. Il faut s'assurer que cette périodicité de test (et les tests prescrits) couvre la globalité du détecteurs (avec la partie sensible) et pas uniquement la partie transmetteur.

#### 5.4.4.2 MATÉRIEL NÉCESSAIRE POUR RÉALISER LES TESTS ET LE CALIBRAGE

L'objectif est de faire passer du gaz sur le détecteur à une concentration connue et dans des conditions qui se rapprochent au maximum de son utilisation sur le terrain. Les éléments suivants doivent être disponibles (voir exemple de schéma de principe suivant) :

- un appareil de mesure étalonné (par exemple un multimètre) permettant d'indiquer la concentration de gaz mesuré par le détecteur (rep. A) ;
- un câble de mesure (rep. C) reliant le détecteur (rep. B) et l'appareil de mesure ;
- un dispositif d'introduction de gaz de calibrage (appelé coiffe ou pipe) de l'appareil fournie par le constructeur. (rep. D). Celle-ci est différente suivant la nature du gaz (voir préconisation constructeur) ;
- un flexible (rep. E) permettant de faire la jonction entre la sortie du bloc détenteur débitmètre et la coiffe du détecteur. ;
- un bloc détenteur débitmètre (rep. F), permettant d'utiliser le gaz contenu dans la bouteille à un débit connu (en litre / minute), qui est préconisé par le constructeur ;
- une bouteille de gaz étalon (uniquement celui ou ceux spécifiés par le constructeur du capteur), dont la concentration permet le déclenchement des alarmes (rep. G).

**Remarque : Le matériau de la coiffe de l'appareil, du flexible et bloc détenteur débitmètre doivent être compatibles avec le gaz manipulé.**

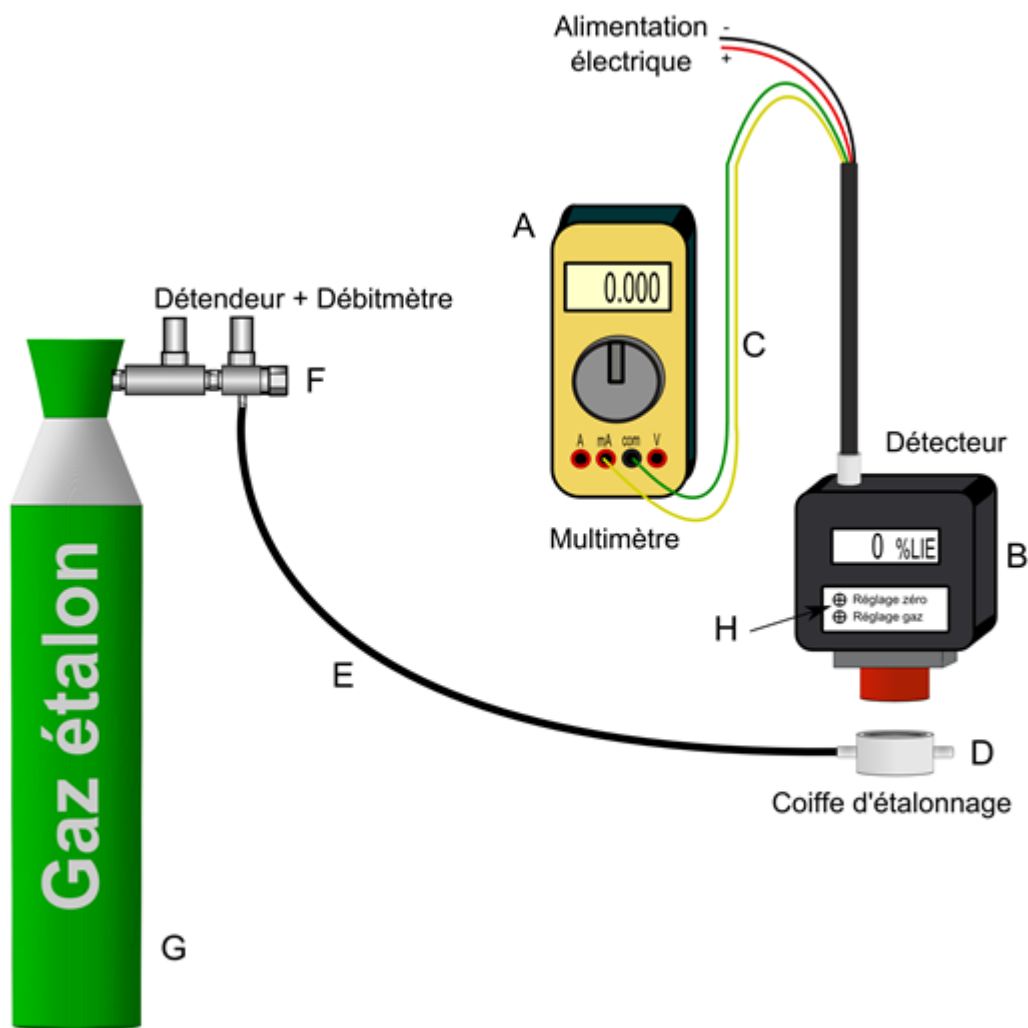


Figure 6 : Exemple de schéma de principe pour test et calibrage

Pour cet exemple, le calibrage se fait à l'aide des touches sur le détecteur (rep. H). Il peut se faire également via un potentiomètre sur le détecteur ou un commutateur sur l'afficheur du détecteur ou via une télécommande.

Dans le cas où un calibrage est effectué, il faut ajouter les éléments suivants :

- la notice de l'appareil, contenant le mode opératoire pour réaliser le calibrage, et le code d'accès le cas échéant,
- le matériel et logiciel adéquat le cas échéant (si les opérations de calibrage nécessitent notamment l'utilisation d'un ordinateur ou d'une valise instrumentée),
- tout le matériel nécessaire pour effectuer les réglages.

**Toutes les opérations de tests doivent être réalisées en respectant le ou les modes opératoires spécifiques prévus par le constructeur.**

#### 5.4.5 OPÉRATIONS DE MAINTENANCE

Ces opérations de maintenance, en plus des opérations d'inspection visuelle et de tests et de calibrages (cf. paragraphe 5.4.3 et 5.4.4 précédents), doivent prendre en compte notamment :

- le contrôle des mises à la terre et des protections vis-à-vis du réseau de distribution électrique ?
- le nettoyage des détecteurs,
- toutes les vérifications et actions de maintenance préventive préconisées par le constructeur des détecteurs (par exemple : changement des batteries, des filtres dans les cellules, des cellules, ...).

La maintenance évoquée ici est une maintenance légère. Pour toute autre réparation, l'appareil doit être obligatoirement expédié chez le constructeur.

Ces appareils intègrent également des fonctions supplémentaires d'auto-tests. Ces auto-tests permettent de tester de nombreux paramètres "électroniques" (certains l'affichent sur l'écran). En revanche, ils ne permettent pas de s'assurer du bon fonctionnement de l'appareil en présence de gaz. Seule l'injection d'une concentration connue en gaz (gaz de test) permet de vérifier la réponse au gaz et le déclenchement des alarmes, donc le fonctionnement du détecteur de gaz dans sa totalité.

Toutes les opérations de maintenances doivent être réalisées en respectant le ou les modes opératoires spécifiques prévus par le constructeur.

La fréquence des opérations de maintenance des détecteurs de gaz est préconisée par le constructeur et peut être ajustée en fonction du retour d'expérience obtenu avec les tests. Pour les détecteurs de gaz qui ont fait l'objet d'une conformité à la norme CEI 61508[16], le certificat « SIL » peut fixer une périodicité de maintenance. À titre d'exemple des périodicités de vérifications sont proposées dans les fiches barrières (<http://primarisk.ineris.fr/>).



## 6 CONCLUSION

La maîtrise de la performance d'un système de détection de gaz sur un site industriel repose sur la maîtrise de son cycle de vie qui se décompose en trois phases principales : conception, réception et exploitation/maintenance. Elle nécessite donc d'appréhender le fonctionnement proprement-dit des détecteurs de gaz et également leur implantation/maillage sur le terrain. Ces deux aspects nécessitent de répondre à trois questions fondamentales :

1. Quelle(s) est(sont) la(les) technologie(s) de détection pertinentes/adaptées(s) ?
2. Combien de détecteurs de gaz sont nécessaires ?
3. Où faut-il installer les détecteurs de gaz ?

Pour la première question, ce guide présente les technologies de détections utilisées sur les sites industriels, leur domaine d'applications et des informations essentielles quant à leur utilisation. Pour des informations complémentaires et propres à une technologie de détection pour un gaz donnée, il faut se référer aux préconisations du fournisseur. Le référentiel INERIS Oméga 22[7] et les fiches barrières (<http://primarisk.ineris.fr/>) apportent également des préconisations d'utilisation. Le maillage (nombre et implantation précise des détecteurs (questions 2 et 3)) sera traité dans un guide spécifique sur le maillage, à paraître prochainement.

Ce guide préconise des règles générales (techniques et organisationnelles) pour assurer la maîtrise de la performance d'un système de détection de gaz sur un site industriel. Il propose un processus de dimensionnement d'un système de détection de fuite de gaz et précise les éléments à prendre en compte pour sa spécification, son installation, son exploitation et sa maintenance.

La spécification pour l'étape de conception nécessite de prendre en considération des données liés aux caractéristiques du site, aux caractéristiques des fuites à détecter et aux caractéristiques des détecteurs de gaz.

La réception sur site par l'exploitant se base sur la vérification générale de l'installation, après s'être assuré :

- du respect général des règlements et des normes en vigueur,
- de la conformité de l'installation au dossier technique, constitué par le fournisseur et l'installateur afin de s'assurer de la conformité avec le besoin (cahier des charges et/ou spécifications),
- du niveau de performance tels que précisé dans la spécification.

Des opérations de vérification et d'entretien des détecteurs doivent être menées pour s'assurer du maintien dans le temps de leur performance et de leur efficacité. Elles nécessitent une structure minimale dans laquelle les intervenants (internes ou externes) doivent avoir les compétences nécessaires. Elles doivent être réalisées en respectant le ou les modes opératoires spécifiques prévus par le constructeur.

Il est important qu'un dossier technique (dossier de conception, fiche de suivi, registre de contrôle, ...) soit constitué. Il permet d'avoir un suivi initial et longitudinal des détecteurs, en :

- s'assurant de la conformité avec le besoin (cahier des charges et/ou spécifications) ;
- facilitant l'exploitation, les vérifications, la maintenance et l'évolution de l'installation.



## 7 BIBLIOGRAPHIE

- [1] Accidentologie des automatismes industriels (partie 1/3) : le capteur ([http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/wp-content/files/mf/1373980512SY\\_capteur\\_2012\\_Fr.pdf](http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/wp-content/files/mf/1373980512SY_capteur_2012_Fr.pdf))
- [2] Les défaillances capteurs, avril 2013 ([https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/wp-content/uploads/2013/07/FT\\_defaillance\\_capteurs.pdf](https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/wp-content/uploads/2013/07/FT_defaillance_capteurs.pdf))
- [3] NF EN 60079-29-2 : Atmosphère Explosible – Partie 29-2 : Détecteurs de gaz – Sélection, installation, utilisation et maintenance des détecteurs de gaz inflammables et d'oxygène, Septembre 2008
- [4] Pr NF EN 45544-4 : Atmosphères des lieux de travail - Appareillage électrique utilisé pour la détection directe des vapeurs et gaz toxiques et le mesurage direct de leur concentration - Partie 4 : Guide de sélection, d'installation, d'utilisation et d'entretien, Décembre 2014
- [5] APSAD R7 : Règle d'installation - Détection automatique d'incendie, Edition 07.2006.1 (juin 2007)
- [6] Fiche d'inspection « Détecteurs de gaz dans les ICPE », Action 2014 – Détecteurs de gaz – version d'avril 2014
- [7] Ω 22 - Principes et techniques pour la détection des gaz ([http://www.ineris.fr/centredoc/DRA\\_76\\_OMEGA\\_22\\_B2\\_web.pdf](http://www.ineris.fr/centredoc/DRA_76_OMEGA_22_B2_web.pdf))
- [8] EN 45544-1 : Atmosphères des lieux de travail - Appareillage électrique utilisé pour la détection directe des vapeurs et gaz toxiques et le mesurage direct de leur concentration - Partie 1 : Exigences générales et méthodes d'essais, Mars 2015
- [9] EN 45544-2 : Atmosphères des lieux de travail - Appareillage électrique utilisé pour la détection directe des vapeurs et gaz toxiques et le mesurage direct de leur concentration - Partie 2 : Exigences de performance pour les appareillages utilisés pour la gestion de l'exposition, mars 2015
- [10] EN 45544-3 : Atmosphères des lieux de travail - Appareillage électrique utilisé pour la détection directe des vapeurs et gaz toxiques et le mesurage direct de leur concentration - Partie 3 : Exigences de performance des appareillages utilisés pour la détection de gaz générale, mars 2015
- [11] NF EN 60079-29-1 : Atmosphère Explosible – Partie 29-1 : Détecteurs de gaz - Exigences d'aptitude à la fonction des détecteurs de gaz inflammables, Septembre 2008
- [12] NF EN 60079-29-3 : Atmosphère Explosible – Partie 29-3 : Détecteurs de gaz - Recommandations relatives à la sécurité fonctionnelle des systèmes fixes de détection de gaz, Août 2014
- [13] A. ADJADJ, JM DRANGUET et F. MASSE - RAPPORT D'ÉTUDE INERIS N° DRA-17-164432-10199B– Évaluation de la performance des barrières techniques de sécurité – Ω 10 - 2018.
- [14] NF C15-100 : Installations électriques à basse tension, Juin 2015
- [15] NFC C 32-070 : Conducteurs et câbles isolés pour installations - Essais de classification des conducteurs et câbles du point de vue de leur comportement au feu, Janvier 2001
- [16] CEI 61508 - Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques / électroniques / électroniques programmables relatifs à la sécurité
- [17] NF EN 50104 : Appareils électriques de détection et de mesure de l'oxygène - Règles de performance et méthodes d'essai, Octobre 2010
- [18] DT93 : Guide méthodologique pour la gestion et la maîtrise du vieillissement des Mesures de Maîtrise des Risques Instrumentées (MMRI), Juillet 2011



**INERIS**

*maîtriser le risque  
pour un développement durable*

**Institut national de l'environnement industriel et des risques**

Parc Technologique Aïata  
BP 2 - 60550 Verneuil-en-Halatte

Tél. : +33 (0)3 44 55 66 77 - Fax : +33 (0)3 44 55 66 99

E-mail : [ineris@ineris.fr](mailto:ineris@ineris.fr) - Internet : <http://www.ineris.fr>