



Détection fixe de gaz et de vapeurs pour l'industrie

L'Institut national de recherche et de sécurité (INRS)

Dans le domaine de la prévention des risques professionnels, l'INRS est un organisme scientifique et technique qui travaille, au plan institutionnel, avec la CNAMTS, les Carsat, Cram, CGSS et plus ponctuellement pour les services de l'État ainsi que pour tout autre organisme s'occupant de prévention des risques professionnels.

Il développe un ensemble de savoir-faire pluridisciplinaires qu'il met à la disposition de tous ceux qui, en entreprise, sont chargés de la prévention : chef d'entreprise, médecin du travail, CHSCT, salariés.

Face à la complexité des problèmes, l'Institut dispose de compétences scientifiques, techniques et médicales couvrant une très grande variété de disciplines, toutes au service de la maîtrise des risques professionnels.

Ainsi, l'INRS élabore et diffuse des documents intéressants l'hygiène et la sécurité du travail : publications (périodiques ou non), affiches, audiovisuels, multimédias, site Internet... Les publications

de l'INRS sont distribuées par les Carsat.

Pour les obtenir, adressez-vous au service Prévention de la caisse régionale ou de la caisse générale de votre circonscription, dont l'adresse est mentionnée en fin de brochure.

L'INRS est une association sans but lucratif (loi 1901) constituée sous l'égide de la CNAMTS et soumise au contrôle financier de l'État. Géré par un conseil d'administration constitué à parité d'un collègue représentant les employeurs et d'un collègue représentant les salariés, il est présidé alternativement par un représentant de chacun des deux collèges. Son financement est assuré en quasi-totalité par le Fonds national de prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles.

Les caisses d'assurance retraite et de la santé au travail (Carsat), les caisses régionales d'assurance maladie (Cram) et caisses générales de sécurité sociale (CGSS)

Les caisses d'assurance retraite et de la santé au travail, les caisses régionales d'assurance maladie et les caisses générales de sécurité sociale disposent, pour participer à la diminution des risques professionnels dans leur région, d'un service Prévention composé d'ingénieurs-conseils et de contrôleurs de sécurité. Spécifiquement formés aux disciplines de la prévention des risques professionnels et s'appuyant sur l'expérience quotidienne de l'entreprise, ils sont en mesure de conseiller et, sous certaines conditions, de soutenir les acteurs de l'entreprise (direction, médecin du travail, CHSCT, etc.) dans la mise en œuvre des démarches et outils de prévention les mieux adaptés à chaque situation. Ils assurent la mise à disposition de tous les documents édités par l'INRS.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'INRS, de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite.
Il en est de même pour la traduction, l'adaptation ou la transformation, l'arrangement ou la reproduction, par un art ou un procédé quelconque (article L. 122-4 du code de la propriété intellectuelle).
La violation des droits d'auteur constitue une contrefaçon punie d'un emprisonnement de trois ans et d'une amende de 300 000 euros (article L. 335-2 et suivants du code de la propriété intellectuelle).

Détection fixe de gaz et de vapeurs pour l'industrie

Objectifs, choix, bonnes pratiques et maintenance

SOMMAIRE

Préambule	4
1 Éléments pour l'analyse des besoins : établissement d'un cahier des charges.....	4
Nature du composé à détecter	4
Gamme de mesure	4
Temps de réponse	5
Exactitude.....	5
Sélectivité	6
Sensibilité.....	6
Robustesse.....	6
Environnement	6
2 Conception d'un réseau et installations des détecteurs : quelques points essentiels	6
3 Maintenance	9
Par qui ?	9
Quand ?	9
Comment ?	9
Bibliographie	11

Ce document a été rédigé par un groupe constitué d'une commission technique de l'EXERA (Association des exploitants d'équipements de mesure, de régulation et d'automatismes) comprenant des représentants de l'INRS, de l'INERIS et d'industriels :
Bruno Galland, Bruno Courtois (INRS) ;
André Petit (Lubrizol) ;
Jean-Yves Ollivier (Total) ;
Faiza Hamitouche (Engie) ;
Véronique Debuy (INERIS) ;
Antonin Sofia (EXERA) ;
Jérôme Desenfants (RATP).

L'émission accidentelle ou non contrôlée de gaz ou de vapeurs peut avoir des conséquences graves sur la santé et la sécurité des personnes, les installations industrielles et les biens matériels à proximité, ainsi que sur l'environnement.

De nombreux incidents et accidents relatés dans la base ARIA⁽¹⁾ témoignent de l'importance à la fois de prévenir et de minimiser l'impact d'un relargage de composés à l'état gazeux. Le détecteur de gaz⁽²⁾ à poste fixe est un maillon essentiel de cette stratégie de maîtrise des risques. Ce n'est pas intrinsèquement un élément de protection : sa fonction est de déclencher, en mode simple, une alarme de danger ou d'évacuation, et, en mode plus complexe, de provoquer une action sur un procédé pour éliminer ou diminuer le rejet gazeux (fermeture de vanne, injection de produits neutralisants...).

Le recours à un ou des détecteurs de gaz est une décision résultant de l'analyse des risques d'un procédé ou d'une installation. Le choix, l'implantation, le paramétrage de ces systèmes ne peuvent être définis sans une connaissance parfaite des procédés et des produits mis en œuvre et une bonne connaissance de l'environnement (conditions climatiques, présence d'opérateurs, éléments extérieurs...) – autant d'éléments devant figurer dans l'analyse des risques.

Le présent guide est une synthèse des principaux éléments à prendre en considération pour le choix d'un détecteur de gaz (ou d'un réseau de détecteurs), son déploiement et sa mise en œuvre ainsi que sa maintenance opérationnelle.

1. La base ARIA (analyse, recherche et information sur les accidents) recense les incidents ou accidents qui ont ou auraient pu porter atteinte à la santé ou la sécurité publiques, l'agriculture, la nature et l'environnement : www.aria.developpement-durable.gouv.fr.

2. Par simplification, le terme « gaz » sera employé indifféremment pour représenter un gaz ou un composé sous sa forme vapeur.

Préambule

Les différentes technologies pour la détection d'une déficience en oxygène, d'une atmosphère explosive ou toxique ne seront pas détaillées mais le lecteur pourra se reporter à plusieurs autres documents, énoncés dans la partie bibliographie. L'objectif est de présenter des éléments pratiques pour permettre à tous les acteurs en charge de la prévention des risques de poser les bonnes questions relatives à un système de détection de gaz en temps réel.

Ce guide concerne tout type de détecteurs. La *figure 1* illustre les éléments composant en général un détecteur de gaz à poste fixe de type électrochimique, semi-conducteur, infrarouge ou catalytique : le transmetteur, le capteur et les accessoires d'échantillonnage.

La compréhension de la fonction de chaque élément est importante pour le choix, l'implantation et la maintenance d'un détecteur de gaz. À noter que pour les systèmes de type barrière optique, le capteur en lui-même est composé d'un émetteur et d'un récepteur, ces deux modules étant distants l'un de l'autre.

1 Éléments pour l'analyse des besoins : établissement d'un cahier des charges

L'analyse des risques ayant mis en évidence le besoin d'une détection en temps réel de gaz, la première et incontournable étape consiste à définir un cahier des charges le plus précis possible, reprenant les objectifs et les applications visées.

Ce socle documentaire, à destination des fabricants, doit contenir à la fois des éléments sur les performances métrologiques (*voir encadré*) du détecteur et une description de l'environnement de fonctionnement du détecteur.

Nature du composé à détecter

La nature du composé à détecter est une des premières contraintes qui permet de définir la technologie à utiliser.

Souvent, le choix de détecteur est restreint : la détection de monoxyde de carbone (CO) fera ainsi appel à un capteur électrochimique. Mais parfois le choix est plus important : la détection de dioxyde de carbone (CO₂) peut être réalisée par un capteur électrochimique ou par un capteur infrarouge. C'est l'étude complète du cahier des charges par les fournisseurs et un échange avec eux qui permettra alors d'opter pour une technique particulière.

Gamme de mesure

La gamme de mesure est un élément à considérer qui va dépendre notamment de l'application recherchée. Pour des aspects d'hygiène au travail, une plage de mesure du même ordre de grandeur que les valeurs limites d'expositions professionnelles (VLEP) est suffisante.

Considérons le cas d'une exposition à l'ammoniac (NH₃), dont les VLEP sont respectivement de 10 ppm_v (VL8h) et 20 ppm_v (VLCT) : un capteur ayant une gamme 0-100 ppm_v correspondra parfaitement. Outre le fait qu'une exposition à une concentration très supérieure à l'étendue de mesure

Performances métrologiques du détecteur à préciser dans le cahier des charges

- Nature du ou des composés à détecter
- Gamme de mesure – résolution
- Temps de réponse
- Exactitude
- Spécificité du capteur – interférents
- Robustesse – fréquence de vérification/calibrage

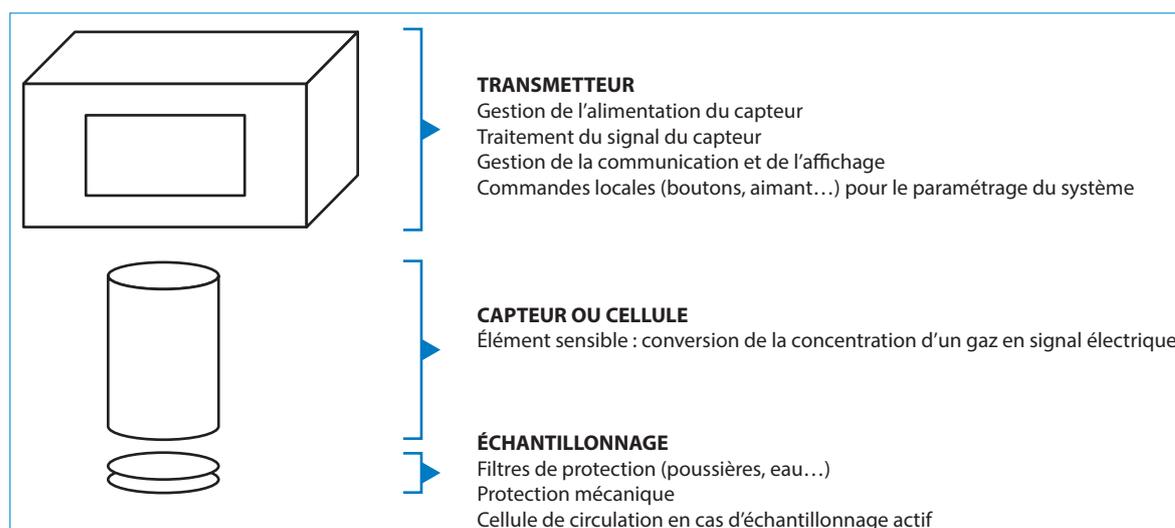


Figure 1. Schéma de principe d'un détecteur de gaz à poste fixe

N° détecteur	Montée				Descente	
	t ₅₀	t ₉₀	A1	A2	t ₅₀	t ₁₀
1	14	29	12	21	11	26
2	20	65	21	54	29	101
3	25	82	24	43	24	54
4	17	52	13	33	14	29
5	8	16	13	20	7	15
6	14	31	Absence de module alarme		9	19
7	19	35	Absence de module alarme		12	16
8	7	13	7	11	5	9
9	4	8	8	11	2	4
10	11	18	Absence de module alarme		11	15
11	11	49	10	31	9	38
12	8	19	8	16	6	13
13	18	76	15	61	5	54
14	19	58	19	47	21	57

Tableau 1. **Évaluation EXERA de détecteurs fixes de sulfure d'hydrogène**

Temps de réponse en secondes de 14 détecteurs exposés en dynamique (coiffe de calibrage et débits préconisés par les fabricants) à une concentration de 12 ppm_v d'H₂S. Le temps de déclenchement des alarmes A1 (5 ppm_v) et A2 (10 ppm_v) est précisé en secondes.

peut endommager le capteur (exemple : capteur catalytique exposé à un gaz inflammable de concentration supérieure à sa LIE), l'exactitude de la réponse du capteur est aussi souvent dépendante de la plage de mesure.

déclenchement de l'alarme pourra évoluer en fonction du contexte (nature de l'essai) mais aussi de l'âge des capteurs. Ainsi, lors de cette campagne, le temps de déclenchement de l'alarme A2 (10 ppm_v) aura été, au final, compris entre 11 et 197 secondes.

Temps de réponse

Le temps de réponse d'un capteur ou t₉₀ est le temps mis pour atteindre une réponse correspondant à 90 % de la valeur de concentration à laquelle est soumis le capteur. Cette donnée doit pouvoir être documentée par le fabricant. Ce temps doit être dissocié du temps de déclenchement des alarmes qui ne peut être défini qu'expérimentalement, comme lors d'une évaluation de l'EXERA (tableau 1).

Le tableau 1 illustre par exemple la disparité des performances en termes de temps de déclenchement des alarmes. Ainsi, pour cet essai, le temps de déclenchement de l'alarme à 10 ppm_v est compris entre 11 et 61 secondes selon l'appareil considéré. Il faut également noter que pour un appareil donné, ce temps de

Exactitude

L'exactitude est une notion qui est la conjonction à la fois de la justesse (aptitude à donner des résultats avec l'erreur la plus faible possible par rapport à la concentration appliquée) et de la fidélité (aptitude à fournir des résultats très voisins pour l'application répétitive de la même concentration dans les conditions de répétabilité). Ce concept, qui est souvent traduit dans la documentation constructeur par « incertitude » ou « erreur de mesure » ou encore « précision », est exprimée de manière relative (pourcentage de la valeur lue ou de la gamme de mesure) ou absolue. La figure 2 illustre les performances de deux détecteurs de fluorure d'hydrogène évalués par l'EXERA.

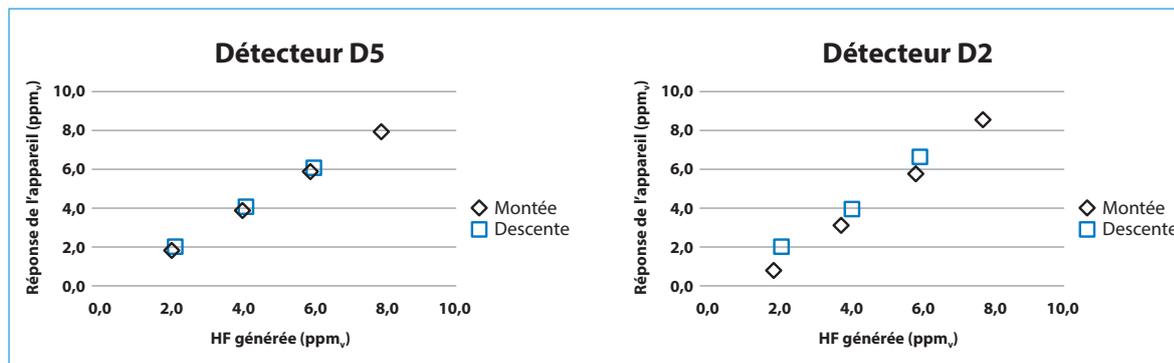


Figure 2. **Performances de deux détecteurs de HF.**

Chaque point est la moyenne de trois essais. Ces appareils présentent des différences de performance notables.

Sélectivité

Contrairement à ce qu'annoncent ou laissent croire trop souvent les documentations commerciales, il existe peu ou pas de capteurs sélectifs, c'est-à-dire insensibles à des interférents. Selon les fabricants et les gaz à détecter, il peut exister un certain nombre de capteurs qui, de par leur conception, sont plus ou moins sensibles à un interférent donné.

Par exemple, l'acétylène et l'hydrogène sont deux interférents connus de toutes les cellules électrochimiques dédiées à la mesure du monoxyde de carbone (CO).

De même, l'ammoniac (NH₃) peut, selon les fabricants et les capteurs, également interférer de manière notable sur une cellule électrochimique CO : il s'agit ici d'une interférence positive, à savoir qu'un capteur pourra donner l'information de la présence de CO alors que seul de l'ammoniac est réellement présent.

Sensibilité

À cette notion de sélectivité doit être ajoutée une notion de sensibilité pour les capteurs à large spectre de détection. La sensibilité dépend alors de la nature du gaz en présence et aussi du gaz de calibrage du détecteur.

Prenons le cas d'un capteur catalytique calibré sur du méthane (CH₄) : si le gaz combustible n'est pas du méthane mais du propane (C₃H₈), un facteur multiplicatif de correction est à appliquer à la valeur lue, facteur qui dépend du fabricant et qui est de l'ordre de 1,5. Rappelons également qu'un capteur catalytique ne fonctionne qu'en présence d'oxygène (concentration > 12 %).

Robustesse

Enfin, dernier point à considérer, la robustesse du détecteur : fruit du retour d'expérience (REX) ou d'essais, cette notion permet de caractériser la capacité d'un détecteur à ne pas dériver au cours du temps, en présence ou absence du gaz à détecter.

Environnement

Outre les performances métrologiques d'un détecteur, un grand nombre d'éléments de l'environnement de fonctionnement de ce détecteur sont à estimer pour un choix optimum de la technologie et du modèle. L'encadré ci-contre présente quelques-uns de ces points.

La liste la plus exhaustive des autres gaz présents ou potentiellement présents doit être établie ; dans le cas

d'un milieu industriel dense, les activités et les procédés des industries voisines sont aussi à recenser car les nuages de gaz ne sauraient être confinés à un périmètre donné.

Les conditions environnementales sont importantes car elles influent sur la réponse du détecteur et sont évidemment étroitement liées à l'emplacement du détecteur.

Selon les configurations, des systèmes de protection pourront être déployés pour atténuer l'effet de certains éléments. Ainsi, un filtre protégera une cellule sensible d'un niveau de poussières ambiant. Il faudra cependant veiller que ce même filtre n'influe pas notablement sur la réponse, et donc le temps de déclenchement d'alarmes, du détecteur en présence du gaz à mesurer.

Enfin, devront être prises en compte des contraintes supplémentaires, comme un zonage ATEX qui implique une certification de l'appareillage⁽³⁾, comme la nécessité de maintenir une homogénéité de parc d'instruments, ou encore les possibilités techniques disponibles sur le site.

Ce cahier des charges, le plus détaillé possible, étant défini, les réflexions sur l'implantation et la configuration des détecteurs peuvent alors être engagées.

2 Conception d'un réseau et installations des détecteurs : quelques points essentiels

De manière générale, il n'existe pas de méthodologie permettant de statuer sur le positionnement optimal d'un ou de plusieurs capteurs. Cependant, plusieurs aspects sont à prendre en compte afin d'éviter des erreurs qui rendraient les instruments inutiles. Les deux paramètres principaux que souhaite déterminer tout exploitant sont le nombre de détecteurs et le positionnement de ces points de mesure.

Les paramètres qui déterminent la répartition du gaz d'une fuite dans son environnement sont :

- les mouvements de l'air dans lequel il se répand :
 - mouvements de convection de l'air ascendants ou descendants selon le gradient de température,
 - courants aérauliques créés par le vent dans des installations extérieures, ou issus des systèmes de ventilation mécanique des bâtiments ;

Éléments de l'environnement du détecteur à préciser dans le cahier des charges

- Autres composés gazeux présents (de manière permanente ou non)
- Conditions environnementales : température, pression, hygrométrie, poussières, CEM, etc.
- Emplacement : intérieur, extérieur, sous abri, conduit, etc.
- Zones particulières : ATEX, espaces confinés
- Réseaux ou appareils de détection déjà présents, compatibilité, câblages disponibles

3. Directive n° 2014/34/EU, applicable depuis avril 2016, transposée en droit français aux articles R. 557-1-1 à R. 557-5-5 et R. 557-7-1 à R. 557-7-9 du code de l'environnement.

- des mouvements propres du gaz liés :
 - à la vitesse initiale du gaz au niveau de la fuite,
 - à la différence de densité entre le gaz et l'air⁽⁴⁾ ;
- la diffusion des molécules du gaz dans l'air qui dépend essentiellement de la masse des molécules du gaz, et qui tend à homogénéiser la concentration et la température.

Deux cas de figure extrêmes peuvent se présenter : émission faible (légère fuite, liquide à faible tension de vapeur, gaz ou vapeur dilués...) **ou émission importante** (composé pur ou à forte concentration, fuite d'un fluide sous pression...).

Dans le premier cas, le gaz de la fuite a une densité proche de l'air, en l'absence de vitesse initiale significative, ce sont essentiellement les mouvements de l'air qui vont déterminer sa répartition dans l'environnement. La diffusion va contribuer à disperser le gaz dans l'air, et elle sera d'autant plus efficace si les molécules du gaz sont légères et que la température est élevée. En l'absence de mouvement de l'air (cas rare mais qui peut exister dans un espace confiné par exemple), c'est uniquement la diffusion qui va progressivement homogénéiser la concentration du gaz dans l'espace disponible⁽⁵⁾. **Attention cependant : des atmosphères dangereuses peuvent parfois se maintenir durablement. Par exemple, cela peut arriver dans des cuves de vinification ouvertes en partie supérieure qui peuvent, après avoir été vidées de leur contenu liquide, maintenir une atmosphère enrichie en dioxyde de carbone et appauvrie en oxygène.**

Dans le second cas, considérons par exemple une fuite d'un gaz de densité supérieure à celle de l'air, issue d'une canalisation sous pression (plusieurs bars) avec un jet gazeux orienté vers le haut. Au niveau de la fuite, le gaz « lourd » aura tendance à s'accumuler vers le haut, le nuage formé encore peu mélangé à l'air aura une densité supérieure à celui-ci et va avoir tendance à redescendre au niveau du sol, s'il n'est pas entraîné par des mouvements de l'air. La vitesse d'homogénéisation de ce composé gazeux avec l'air dépendra des mouvements de l'air et de la diffusion qui sera d'autant plus rapide que le gradient de concentration du gaz issu de la fuite est important.

Par exemple, une fuite de chlore (composé pur) ou de GPL en un point bas d'une citerne (vanne de dépotage, par exemple) engendrera un nuage gazeux qui se répandra sur le sol et pourra se concentrer dans des fosses. Selon l'importance de la fuite, sa durée et la configuration des lieux, le nuage de chlore ou de GPL pourra rester confiné localement avant que les phénomènes de diffusion homogénéisent sa concentration et sa température. Autre exemple : l'évaporation d'une flaque d'hydrocarbures (essence par exemple) au fond d'une fosse ; dans ce cas, la masse élevée des molécules d'hydrocarbures va favoriser la formation d'une atmosphère concentrée en hydrocarbures en fond de fosse du fait de l'évaporation continue de la phase liquide, de la diffusion lente des molécules d'hydrocarbures dans l'air ambiant et de l'absence de mouvement d'air.

En résumé, placer un détecteur à une certaine hauteur en fonction de la densité du composé à détecter n'est pas forcément opportun et ne garantit en rien une meilleure efficacité de détection.

Chaque situation est particulière et il est impossible de définir, de manière générale, des endroits où localiser des détecteurs de gaz.

Pour des applications destinées à préserver la santé des personnels (relargage de faibles concentrations), il est préférable de placer les détecteurs au niveau des voies respiratoires (soit environ 1,50 m au-dessus du niveau du plancher), dans des endroits effectivement occupés ou traversés par des opérateurs.

Pour des applications de sécurité (relargage de moyennes ou fortes concentrations), des personnes ou des installations, il faut placer les détecteurs au plus près des émissions attendues (notamment pour les produits à faible tension de vapeur), voire ceinturer un périmètre. Quant à l'application d'autorisation d'accès à une zone ou à un local, l'installation *a minima* d'un détecteur au niveau de l'entrée est nécessaire. Si la zone n'est pas homogène ou de dimensions importantes, l'ajout d'autres détecteurs devra être considéré.

4. La densité d'un nuage 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 air/gaz. Le tableau ci-dessous donne la densité (la référence est de l'air à 20 °C) de quelques gaz purs et mélanges dans l'air à plusieurs températures.

Gaz	Densité par rapport à l'air à 20 °C
Chlore à 20 °C	2,46
Chlore à - 34 °C	3,11
Chlore 5 % dans l'air à 20 °C	1,07
GPL (80 % butane, 20 % propane) à - 25 °C	2,26
Méthane à 20 °C	0,55
Méthane 10 % dans l'air à 20 °C	0,96
Méthane à - 162 °C	1,10
Dioxyde de carbone à 20 °C	1,53
Dioxyde de carbone 5 % dans l'air à 20 °C	1,03

Certains gaz purs ont des densités très différentes de celle de l'air. Par contre, le mélange d'un gaz à concentration modérée (quelques % volumiques au maximum) dans l'air a une densité proche de celle de l'air.

5. Même si les molécules du gaz ont une masse très différente de celles de l'air, l'effet de la gravité sera très faible devant l'agitation thermique. Il ne sera donc pas observé de variation de la concentration du gaz sur des hauteurs de quelques mètres.

Le tableau 2 reprend, de manière non exhaustive, les principaux éléments à prendre en compte avant toute décision d'implantation. Rappelons que l'étude de risque d'une installation doit aborder ces points.

Le recours à des simulations numériques de l'aérodynamique, à des fumigènes ou des détecteurs de gaz portables peut permettre d'approfondir les investigations avant de définir les localisations provisoires des détecteurs. L'emplacement d'un détecteur est susceptible d'évoluer si jamais l'expérience révèle un défaut de détection ou si jamais la configuration du site ou des procédés devait évoluer.

Il faut retenir que l'implantation d'un ou plusieurs détecteurs est un processus complexe qui fait appel à plusieurs compétences : connaissances de la physique des gaz et de l'aérodynamique, connaissances des procédés, et enfin connaissances des contraintes santé, sécurité et environnement. Il est donc très important de réunir des personnes de responsabilités, de compétences et de métiers complémentaires pour participer à la stratégie de déploiement des détecteurs.

Définir les emplacements des détecteurs n'est qu'une des étapes de la mise en place d'un système de détection de gaz. Le choix des seuils d'alarme est un élément important qui est fonction de la nature du composé gazeux, des risques associés et d'éléments réglementaires ou normatifs, quand ils existent.

Attention également aux différences sur certaines valeurs comme la LIE, limite inférieure d'explosivité, qui peut varier selon les sources. Ainsi, la LIE du méthane sera de 4,4 % ou 5 % selon les origines (normes, données scientifiques, données fabricants). Il est important de se référer à une unique source, comme la norme NF EN 60079-20-1, « Caractéristiques des substances pour le classement des gaz et des vapeurs » de 2010 pour les aspects relatifs à la LIE.

La détection d'une fuite faible nécessite des seuils d'alarme faibles (compatibles avec la sensibilité et l'exactitude métrologique des capteurs) alors que la détection d'une fuite importante requiert des détecteurs au temps de réponse le plus court possible.

La taille et la localisation du volume que peut couvrir un détecteur est difficile à apprécier et dépend essentiellement des conditions ambiantes, de la nature du gaz à détecter et de la rapidité avec laquelle il est nécessaire d'assurer la détection. Pour un détecteur destiné à la surveillance d'une ligne de prélèvement, le débit de prélèvement et la localisation du départ de la ligne (et les perturbations potentielles à ce point) sont les principaux éléments permettant d'estimer la zone couverte. Pour un détecteur fonctionnant en mode diffusif (absence de moyen de prélèvement actif du type pompe), les conditions ambiantes et la nature du gaz sont les facteurs prépondérants à étudier. Une pré-étude à l'aide de détecteurs portables peut permettre de réaliser une cartographie simplifiée d'une zone et aider à définir le nombre de points de mesure nécessaire. Précisons qu'il peut être utile d'associer au système de détection de gaz d'autres types de capteurs afin de confirmer ou préciser une émission accidentelle. C'est le cas, par exemple, des capteurs de température qui permettent notamment de détecter une réaction chimique ou une fuite d'un réseau sous pression ; la température est également un bon indicateur de la quantité de vapeurs émises par un liquide puisque la tension de vapeur est fonction de ce paramètre.

Un capteur de température pourra ainsi permettre de détecter rapidement une fuite importante d'un réservoir de gaz sous pression puisque la détente d'un gaz est un phénomène endothermique (production de froid).

La redondance et le niveau de sécurité intrinsèque du réseau de détection est à considérer. En fonction du danger du ou des gaz émis, une multiplication des points de surveillance, et donc du nombre de détecteurs, est nécessaire. Il est essentiel que les matériels déployés puissent transmettre à tout instant leur niveau de fonctionnalité, à la fois en local (si des opérateurs sont présents dans la zone à surveiller) et au niveau du centre de décisions.

Un point essentiel est de garder à l'esprit qu'un détecteur en phase de test ou de maintenance n'est pas opérationnel et n'assure donc plus sa mission d'alarme, y compris pour le personnel chargé de la maintenance.

Type de site	Extérieur / Couvert / Bâtiment
Topographie du site	Obstacles physiques (naturels ou constructions), présence de zones « mortes », de cavités, activités industrielles environnantes
Composé à détecter	Nature, concentration, propriétés physico-chimiques
Type de sources	Émission des procédés, fuites extérieures au site, pression et température des gaz lors du relargage
Mouvements d'air	Phénomènes de convection, différence de pression, vents dominants, ventilation des bâtiments, circulation d'objets ou de personnes
Objectif de détection	Santé des personnels, sécurité des personnels et/ou des installations, préservation de l'environnement, sécurité des populations
Préservation intégrité physique des capteurs	Pluie, gel, poussières, salinité, chocs mécaniques
Entretien des détecteurs	Accessibilité pour vérification et maintenance, redondance de la couverture de détection (un appareil en maintenance n'est plus opérationnel) ; possibilité d'accéder au détecteur sans arrêter l'installation (capteur délocalisé du transmetteur)...

Tableau 2. Points à considérer lors de la phase d'implantation d'un ou de plusieurs détecteurs

3 | Maintenance

Le dernier point, crucial, concerne la maintenance du ou des détecteurs, qui est à prendre en compte dès la décision de déployer un système de détection de gaz. Par maintenance, il faut comprendre :

1. les opérations de réception/validation ;
2. les actions de vérifications⁽⁶⁾ régulières et de calibrages si nécessaire ;
3. les changements et nettoyages préventifs d'éléments (filtres, capteurs...);
4. les travaux de réparation d'un matériel défectueux.

Les questions suivantes doivent ensuite être abordées : par qui, quand et comment ?

Par qui ?

Il est clair que tout opérateur devant intervenir sur un détecteur de gaz doit posséder les qualifications nécessaires. Ces qualifications peuvent être obtenues en partie auprès des fabricants de détecteurs qui sont nombreux à dispenser des formations sur l'entretien de leurs matériels. Il est important que les agents de maintenance soient également sensibilisés aux risques propres au site sur lequel ils interviennent. Une connaissance des propriétés physico-chimiques de base des gaz et vapeurs et de leurs comportements en cas d'émissions est aussi nécessaire. Les compétences des opérateurs doivent faire l'objet d'une traçabilité.

Quand ?

La réponse à la question « quand ? » est plus complexe et moins intuitive, du moins pour les actions de vérification/

6. Vérification au sens large : étape qui comprend un test au gaz du détecteur.

calibrage et les opérations de maintenance préventive. Il est de la responsabilité de chaque exploitant de définir la fréquence de ces opérations. Cette fréquence est fonction des risques définis lors de la rédaction de l'analyse des risques, de la technologie des matériels utilisés (par exemple, un capteur de type semiconducteur devra être plus souvent contrôlé qu'un capteur à infrarouge), des conditions environnementales et enfin de la fiabilité des matériels. Seule l'expérience peut conduire à définir une fréquence propre au système de détection déployé. La méthodologie (figure 3) proposée est de définir une première période T_0 , par exemple 1 mois. L'ensemble des appareils est alors évalué plusieurs fois sur une période couvrant quelques T_0 , par exemple 3 mois. S'il ressort de ces essais un pourcentage ($\%_{\text{détect}}$) d'appareils conformes aux spécifications supérieur au seuil défini par l'exploitant (S_{expl}), il est alors possible de définir une nouvelle période T_1 , avec $T_1 > T_0$. La détermination de S_{expl} est de la responsabilité de l'exploitant et doit tenir compte du niveau de redondance du système de détection et du risque associé aux gaz à détecter. Par itérations successives, il est alors possible de définir une fréquence de vérification optimale, en gardant à l'esprit que toute modification du système de détection, des procédés ou des conditions d'exploitation doit conduire à une nouvelle définition de cette fréquence de vérification.

Il faut veiller à ce que la période optimale définie reste inférieure à la fréquence de maintenance préventive (TMP) correspondant au nettoyage ou au changement de certains éléments comme des filtres, sachant que toute action sur un détecteur implique une vérification ensuite. Pour ce qui est de la périodicité des maintenances préventives, les préconisations du fabricant sont à prendre en compte. Les durées de vie des différents consommables sont en général bien connues.

Comment ?

La dernière question requiert de définir et rédiger des modes opératoires précis et pratiques à l'attention des personnels en charge de la maintenance. La principale

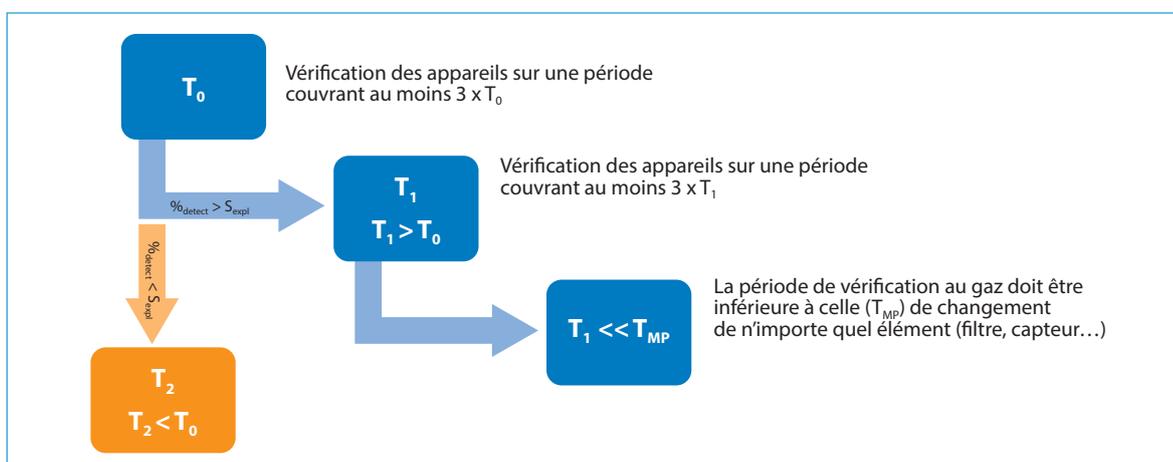


Figure 3. Proposition de méthodologie pour la détermination d'une fréquence de vérification des détecteurs de gaz

opération qui nécessite un soin particulier est l'opération de vérification/calibrage d'un détecteur (figure 4). Cette étape consiste, dans un premier temps, à exposer le détecteur à un gaz « zéro », c'est-à-dire exempt du composé à détecter, puis dans un second temps à un gaz de référence, de concentration déterminée, et de vérifier si les performances sont en accord avec les spécifications. Si tel n'est pas le cas, il faut alors procéder à un calibrage de l'appareil, à savoir un ajustage électronique, en deux points, de la sensibilité du détecteur. Tout calibrage modifie de fait la sensibilité d'un détecteur. Un calibrage dans le cadre de l'exploitation ne doit être réalisé que dans l'hypothèse où les performances de l'appareil lors de la vérification ne sont pas satisfaisantes. Il n'est d'aucune utilité de calibrer systématiquement, à une date donnée par exemple, un

détecteur de gaz. Par contre, la consignation de la réponse d'un détecteur à chaque vérification, conforme ou non, est très importante et permettra d'anticiper un vieillissement du capteur et d'implémenter le REX.

La réalisation des actions de vérification/calibrage d'un détecteur nécessite de disposer d'un certain nombre d'éléments (tableau 3) qui doivent tous être compatibles les uns avec les autres, au sens de compatibilité mécanique comme chimique. En effet, il faut veiller à ce que le gaz de vérification parvienne bien jusqu'au détecteur, rapidement et à la concentration voulue. De fait, le choix des pièces comme le détendeur, le tube et la coiffe est important et un traitement préalable de ceux-ci peut être nécessaire pour évacuer, par exemple, l'humidité adsorbée.

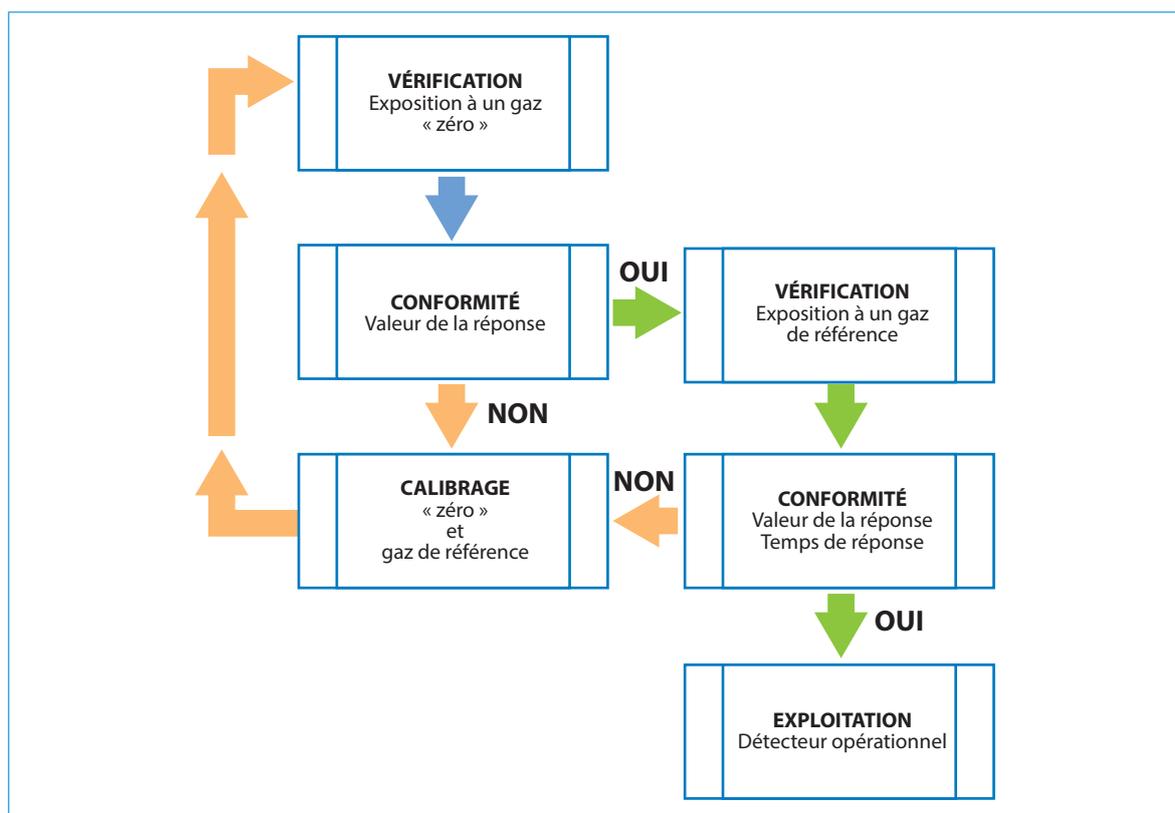


Figure 4. **Étape de vérification/calibrage d'un détecteur de gaz**

Chaque étape doit faire l'objet d'une consignation stricte des réponses. Un seul calibrage doit être suffisant. Dans le cas contraire, l'appareil doit faire l'objet d'une maintenance curative.

Dénomination	Fonction
Bouteille de gaz sous pression	Contient le gaz étalon. Concentrations de tous les composants connus à une incertitude précisée. La concentration doit être supérieure aux seuils des alarmes du détecteur (incertitude prise en compte). En général, mélange sec (absence d'eau).
Détendeur	Permet d'adapter la pression du gaz à la pression atmosphérique en sortie de bouteille.
Débitmètre	Assure un débit d'exposition constant, nécessaire et suffisant.
Tube/tuyau	Nature, diamètre et longueur adaptés au gaz de test.
Coiffe	Propre à chaque détecteur, permet d'exposer le capteur aux gaz « zéro » et de référence en assurant une étanchéité vis-à-vis de l'extérieur. Cette coiffe doit impérativement être fournie par le fabricant.

Tableau 3. **Éléments indispensables à la vérification/calibrage d'un détecteur de gaz fixe**

Les seuils fixés pour statuer sur la conformité d'un détecteur de gaz sont définis par l'exploitant. Ils sont en partie déterminés par la précision sur la concentration du gaz de référence pour l'aspect sensibilité et par des considérations de risques pour ce qui est du temps de réponse.

Il en est de même pour l'établissement des seuils d'alarme : ces valeurs ne peuvent être définies sans la prise en considération des objectifs et de l'environnement du système de détection de gaz.

Conclusion

Malgré la simplicité apparente des appareils, le choix, le déploiement et la maintenance d'un système de détection de gaz sont des processus faisant appel à des notions complexes et pluridisciplinaires. Il est primordial que les décisions soient la résultante d'un consensus des diverses expertises requises, internes ou externes.

Si une grande partie des réponses est apportée par l'étude de l'analyse des risques d'un site, de nombreuses informations doivent être mises à disposition par les fabricants eux-mêmes. Ainsi, les performances métrologiques principales des détecteurs et l'influence de l'environnement doivent être documentées. L'établissement d'un cahier des charges le plus exhaustif possible est un préalable incontournable à toute discussion avec un fabricant et à tout lancement d'appel d'offres.

Même si chaque site possède ses propres particularités, le partage d'informations entre les utilisateurs de détecteurs, notamment au travers de retours d'expérience, est un élément qui ne peut que faciliter les prises de décision par les exploitants désireux de constituer ou faire évoluer leur système de détection de gaz.

Les nombreuses évaluations réalisées par l'EXERA ont montré que la connaissance des performances des détecteurs par les fabricants eux-mêmes est trop souvent incomplète. Seuls des essais par des tiers indépendants permettent d'évaluer les performances réelles des systèmes.

BIBLIOGRAPHIE

- *Détecteurs portables de gaz et de vapeurs. Guide de bonnes pratiques pour le choix, l'utilisation et la vérification*, INRS, ED 6088.
- L. Greenham, *The CoGDEM Guide To Gas Detection*, ILM Publications.
- G. L. Anderson, D. M. Hadden, *The gas Monitoring Handbook, Ickus Guides*, Avocet Press Inc.
- *Synthèse des résultats de la campagne d'évaluation des détecteurs de gaz hydrogène sulfuré (H₂S)*, Rapport d'étude n° INERIS-DRA-08-95407-05167A.
- *Synthèse des résultats de la campagne d'évaluation sur les détecteurs de gaz chlore fixes*, Rapport d'étude INERIS n° 76114.
- *Synthèse des résultats de l'étude sur les détecteurs de gaz toxiques à poste fixe en situation accidentelle*, Rapport d'étude INERIS n° DRA-14-142054-06654A.

Quelques normes

- NF EN 61285 : « Commande des processus industriels – Sécurité des bâtiments pour analyseurs ».
- NF EN 60079-20-1 : « Atmosphères explosives – Caractéristiques des substances pour le classement des gaz et des vapeurs – Méthodes et données d'essai »⁽⁷⁾.
- NF-EN-60079-29-2, « Détecteurs de gaz – Sélection, installation, utilisation et maintenance des détecteurs de gaz inflammables et d'oxygène ».
- 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 – Guide de sélection, d'installation, d'utilisation et d'entretien ».

7. À noter plus particulièrement dans cette norme, en annexe B, des tableaux listant les paramètres relatifs au caractère inflammable et explosif de nombreuses substances gazeuses.

Pour obtenir en prêt les audiovisuels et multimédias et pour commander les brochures et les affiches de l'INRS, adressez-vous au service Prévention de votre Carsat, Cram ou CGSS.

Services Prévention des Carsat et Cram

Carsat ALSACE-MOSELLE

(67 Bas-Rhin)
14 rue Adolphe-Seyboth
CS 10392
67010 Strasbourg cedex
tél. 03 88 14 33 00
fax 03 88 23 54 13
prevention.documentation@carsat-am.fr
www.carsat-alsacemoselle.fr

(57 Moselle)
3 place du Roi-George
BP 31062
57036 Metz cedex 1
tél. 03 87 66 86 22
fax 03 87 55 98 65
www.carsat-alsacemoselle.fr

(68 Haut-Rhin)
11 avenue De-Lattre-de-Tassigny
BP 70488
68018 Colmar cedex
tél. 03 69 45 10 12
www.carsat-alsacemoselle.fr

Carsat AQUITAINE

(24 Dordogne, 33 Gironde,
40 Landes, 47 Lot-et-Garonne,
64 Pyrénées-Atlantiques)
80 avenue de la Jallère
33053 Bordeaux cedex
tél. 05 56 11 64 36
fax 05 57 57 70 04
documentation.prevention@
carsat-aquitaine.fr
www.carsat.aquitaine.fr

Carsat AUVERGNE

(03 Allier, 15 Cantal,
43 Haute-Loire,
63 Puy-de-Dôme)
Espace Entreprises
Clermont République
63036 Clermont-Ferrand cedex 9
tél. 04 73 42 70 76
offredoc@carsat-auvergne.fr
www.carsat-auvergne.fr

Carsat BOURGOGNE - FRANCHE-COMTÉ

(21 Côte-d'Or, 25 Doubs,
39 Jura, 58 Nièvre,
70 Haute-Saône,
71 Saône-et-Loire, 89 Yonne,
90 Territoire de Belfort)
46, rue Elsa Triolet
21044 Dijon cedex
tél. 03 80 33 13 92
fax 03 80 33 19 62
documentation.prevention@carsat-bfc.fr
www.carsat-bfc.fr

Carsat BRETAGNE

(22 Côtes-d'Armor, 29 Finistère,
35 Ille-et-Vilaine, 56 Morbihan)
236 rue de Châteauaugiron
35030 Rennes cedex
tél. 02 99 26 74 63
fax 02 99 26 70 48
drpcdi@carsat-bretagne.fr
www.carsat-bretagne.fr

Carsat CENTRE-VAL DE LOIRE

(18 Cher, 28 Eure-et-Loir, 36 Indre,
37 Indre-et-Loire, 41 Loir-et-Cher, 45 Loiret)
36 rue Xaintraillès
45033 Orléans cedex 1
tél. 02 38 81 50 00
fax 02 38 79 70 29
prev@carsat-centre.fr
www.carsat-centre.fr

Carsat CENTRE-OUEST

(16 Charente, 17 Charente-Maritime,
19 Corrèze, 23 Creuse, 79 Deux-Sèvres,
86 Vienne, 87 Haute-Vienne)
37 avenue du président René-Coty
87048 Limoges cedex
tél. 05 55 45 39 04
fax 05 55 45 71 45
cirp@carsat-centreouest.fr
www.carsat-centreouest.fr

Cram ÎLE-DE-FRANCE

(75 Paris, 77 Seine-et-Marne,
78 Yvelines, 91 Essonne,
92 Hauts-de-Seine, 93 Seine-Saint-Denis,
94 Val-de-Marne, 95 Val-d'Oise)
17-19 place de l'Argonne
75019 Paris
tél. 01 40 05 32 64
fax 01 40 05 38 84
demande.de.doc.inrs@cramif.cnamts.fr
www.cramif.fr

Carsat LANGUEDOC-ROUSSILLON

(11 Aude, 30 Gard, 34 Hérault,
48 Lozère, 66 Pyrénées-Orientales)
29 cours Gambetta
34068 Montpellier cedex 2
tél. 04 67 12 95 55
fax 04 67 12 95 56
prevdoc@carsat-lr.fr
www.carsat-lr.fr

Carsat MIDI-PYRÉNÉES

(09 Ariège, 12 Aveyron, 31 Haute-Garonne,
32 Gers, 46 Lot, 65 Hautes-Pyrénées,
81 Tarn, 82 Tarn-et-Garonne)
2 rue Georges-Vivent
31065 Toulouse cedex 9
fax 05 62 14 88 24
doc.prev@carsat-mp.fr
www.carsat-mp.fr

Carsat NORD-EST

(08 Ardennes, 10 Aube, 51 Marne,
52 Haute-Marne, 54 Meurthe-et-Moselle,
55 Meuse, 88 Vosges)
81 à 85 rue de Metz
54073 Nancy cedex
tél. 03 83 34 49 02
fax 03 83 34 48 70
documentation.prevention@carsat-nordest.fr
www.carsat-nordest.fr

Carsat NORD-PICARDIE

(02 Aisne, 59 Nord, 60 Oise,
62 Pas-de-Calais, 80 Somme)
11 allée Vauban
59662 Villeneuve-d'Ascq cedex
tél. 03 20 05 60 28
fax 03 20 05 79 30
bedprevention@carsat-nordpicardie.fr
www.carsat-nordpicardie.fr

Carsat NORMANDIE

(14 Calvados, 27 Eure, 50 Manche,
61 Orne, 76 Seine-Maritime)
Avenue du Grand-Cours, 2022 X
76028 Rouen cedex
tél. 02 35 03 58 22
fax 02 35 03 60 76
prevention@carsat-normandie.fr
www.carsat-normandie.fr

Carsat PAYS DE LA LOIRE

(44 Loire-Atlantique, 49 Maine-et-Loire,
53 Mayenne, 72 Sarthe, 85 Vendée)
2 place de Bretagne
44932 Nantes cedex 9
tél. 02 51 72 84 08
fax 02 51 82 31 62
documentation.rp@carsat-pl.fr
www.carsat-pl.fr

Carsat RHÔNE-ALPES

(01 Ain, 07 Ardèche, 26 Drôme, 38 Isère,
42 Loire, 69 Rhône, 73 Savoie,
74 Haute-Savoie)
26 rue d'Aubigny
69436 Lyon cedex 3
tél. 04 72 91 97 92
fax 04 72 91 98 55
preventionrp@carsat-ra.fr
www.carsat-ra.fr

Carsat SUD-EST

(04 Alpes-de-Haute-Provence,
05 Hautes-Alpes, 06 Alpes-Maritimes,
13 Bouches-du-Rhône, 2A Corse-du-Sud,
2B Haute-Corse, 83 Var, 84 Vaucluse)
35 rue George
13386 Marseille cedex 5
tél. 04 91 85 85 36
fax 04 91 85 75 66
documentation.prevention@carsat-sudest.fr
www.carsat-sudest.fr

Services Prévention des CGSS

CGSS GUADELOUPE

Immeuble CGRR, Rue Paul-Lacavé, 97110 Pointe-à-Pitre
tél. 05 90 21 46 00 – fax 05 90 21 46 13
lina.palmont@cgss-guadeloupe.fr

CGSS GUYANE

Direction des risques professionnels
CS 37015, 97307 Cayenne cedex
tél. 05 94 29 83 04 – fax 05 94 29 83 01
prevention-rp@cgss-guyane.fr

CGSS LA RÉUNION

4 boulevard Doret, 97704 Saint-Denis Messag cedex 9
tél. 02 62 90 47 00 – fax 02 62 90 47 01
prevention@cgss-reunion.fr

CGSS MARTINIQUE

Quartier Place-d'Armes, 97210 Le Lamentin cedex 2
tél. 05 96 66 51 31 et 05 96 66 51 32 – fax 05 96 51 81 54
prevention972@cgss-martinique.fr
www.cgss-martinique.fr

COLLECTION DES AIDE-MÉMOIRE TECHNIQUES

L'émission accidentelle ou non contrôlée de gaz ou de vapeurs peut avoir des conséquences graves sur la santé et la sécurité des personnes, les installations industrielles et les biens matériels à proximité, et sur l'environnement.

Le détecteur de gaz à poste fixe joue un rôle important dans la maîtrise de ces risques. Cette brochure est une synthèse des principaux éléments à prendre en considération pour le choix d'un détecteur de gaz, son déploiement, sa mise en œuvre ainsi que sa maintenance opérationnelle.



Institut national de recherche et de sécurité
pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles
65, boulevard Richard-Lenoir 75011 Paris • Tél. 01 40 44 30 00 • info@inrs.fr

Édition INRS ED 6271

1^{re} édition • décembre 2016 • 2 000 ex. • ISBN 978-2-7389-2266-3

► L'INRS est financé par la Sécurité sociale - Assurance maladie/Risques professionnels ◀

www.inrs.fr

YouTube

