

Détecteurs portables de gaz et de vapeurs

Guide de bonnes pratiques
pour le choix, l'utilisation
et la vérification

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

pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles est une association loi 1901, créée en 1947 sous l'égide de la Caisse nationale d'assurance maladie, administrée par un Conseil paritaire (employeurs et salariés).

De l'acquisition de connaissances jusqu'à leur diffusion, en passant par leur transformation en solutions pratiques, l'Institut met à profit ses ressources pluridisciplinaires pour diffuser une culture de prévention dans les entreprises et proposer des outils adaptés à la diversité des risques professionnels à tous ceux qui, en entreprise, sont chargés de la prévention : chef d'entreprise, services de santé au travail, instances représentatives du personnel, salariés... Toutes les publications de l'INRS sont disponibles en téléchargement sur le site de l'INRS : www.inrs.fr

Les caisses d'assurance retraite et de la santé au travail (Carsat), la caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France (Cramif) et les caisses générales de sécurité sociale (CGSS) de l'Assurance maladie - Risques professionnels, disposent, pour participer à la diminution des risques professionnels dans leur région, d'un service Prévention composé notamment 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, ces professionnels sont en mesure de conseiller et, sous certaines conditions, de soutenir les acteurs de l'entreprise (direction, médecin du travail, instances représentatives du personnel, etc.) dans la mise en œuvre des démarches et outils de prévention les mieux adaptés à chaque situation. Les caisses assurent aussi la diffusion des publications éditées par l'INRS auprès des entreprises.

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 € (article L. 335-2 et suivants du code de la propriété intellectuelle).

© INRS, 2022.

Édition : Nadia Luzeaux

Conception graphique : Julie&Gilles

Mise en pages : Opixido

Schémas : Atelier Causse, Yuruga

Moyens de prévention
Dispositifs de mesure et d'évaluation

Détecteurs portables de gaz et de vapeurs

**Guide de bonnes pratiques
pour le choix, l'utilisation
et la vérification**

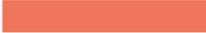
ED 6088 |
Avril 2022

Document INRS élaboré par un groupe constitué d'une commission technique de l'Exera (Association des exploitants d'équipements de mesure, de régulation et d'automatismes), de représentants de l'Ineris (Institut national de l'environnement industriel et des risques) et des sociétés suivantes : Areva, Lubrisol, Total, Veolia.

Mise à jour réalisée par Bruno Courtois (INRS).

Sommaire

Préambule	3
1 Quelles sont les applications d'un détecteur de gaz ?	4
1.1 Sécurité ou risque accidentel	4
1.2 Hygiène et santé au travail	5
2 Le choix d'un détecteur de gaz ou les questions à se poser	6
3 La formation des utilisateurs	7
4 Le bon usage d'un détecteur : quelques points importants	8
4.1 La vérification des détecteurs	9
4.2 Le calibrage	9
4.3 Le réglage des alarmes – interprétation des résultats	10
4.4 Fiche de vie du détecteur	10
5 Normes et réglementation	11
5.1 Directives Atex et CEM	11
5.2 Normes métrologiques françaises et européennes	11
5.3 Réglementation française	12
6 Les différentes technologies en détection portable de gaz et de vapeurs	13
6.1 La détection des gaz et vapeurs inflammables	13
6.2 La détection des gaz et vapeurs toxiques	15
6.3 Détection de l'oxygène	17
Conclusion	18
Bibliographie	19

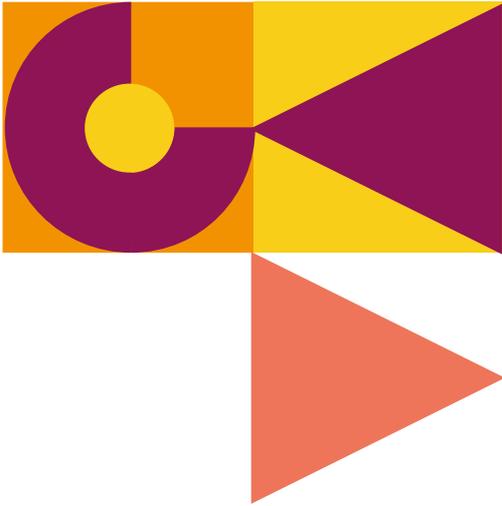


Préambule

Motivée par des questions de sécurité et d'hygiène du travail toujours plus nombreuses, la détection de gaz et de vapeurs dans l'atmosphère des lieux de travail est en constante progression ces dernières années.

Par définition, un détecteur de gaz est un appareil capable d'estimer la concentration d'un ou plusieurs gaz présent(s) dans l'atmosphère. L'offre en détecteurs est de plus en plus riche et chaque année voit son lot de nouveautés techniques et l'émergence de nouveaux acteurs. Comment choisir, utiliser et maintenir les appareillages de détection sont des interrogations complexes auxquelles nombre de décideurs doivent répondre.

Ce document a pour vocation d'informer un large public sur les points fondamentaux de la détection portable de gaz et de vapeurs en temps réel. Il ne traite que des détecteurs portables ou ambulatoires : ils ne doivent pas être trop encombrants (volume et masse), pour permettre d'équiper un opérateur ou être tenus dans une seule main. Ils sont donc autonomes et fournissent une estimation de la concentration d'un ou plusieurs gaz présent(s) dans l'atmosphère. La première partie traite principalement de considérations pratiques concernant le choix et l'utilisation des détecteurs ainsi que la formation des personnels. La seconde partie est un panorama simplifié des diverses technologies de détection actuellement disponibles sur le marché. Outre sur le principe de fonctionnement des appareils, l'accent est mis sur leurs avantages ainsi que sur leurs contraintes et limites d'utilisation.



1. Quelles sont les applications d'un détecteur de gaz ?

De manière générale, les applications d'un détecteur de gaz peuvent fondamentalement être classées en deux catégories : les applications dites de « sécurité » et celle dites d'« hygiène du travail ». L'objectif principal reste le même, à savoir détecter la présence et estimer la quantité d'un produit, dont la teneur dans l'air est dangereuse à court terme si l'aspect sécurité est considéré, ou qui peut l'être à long terme si l'aspect hygiène est pris en compte. Ceci étant, la frontière entre ces deux catégories peut rapidement devenir floue, d'où l'importance de bien définir le domaine d'application du détecteur de gaz considéré.

1.1. Sécurité ou risque accidentel

Les détecteurs de gaz sont utilisés pour prévenir ou alerter de trois types de risques :

- risque d'asphyxie causé par un taux d'oxygène (O_2) insuffisant ;
- risque toxique lié, par exemple, aux émanations d'hydrogène sulfuré (H_2S) ou de monoxyde de carbone (CO) ;
- risques d'incendie ou d'explosion liés aux émanations de gaz et vapeurs inflammables comme, par exemple, la présence dans l'atmosphère de méthane (CH_4) ou de vapeurs organiques (solvants).

Les informations fournies par ce type d'appareil permettront ainsi de :

- fournir des autorisations d'accès en zone dangereuse, comme des espaces clos. C'est le cas notamment pour les personnels en charge de l'entretien de cuves ou devant intervenir sur une installation, avec possibilité d'émanations de produits toxiques ou asphyxiants ;
- surveiller l'atmosphère de locaux de travail pour limiter tout risque d'incendie ou d'explosion lors de la présence de personnel ;
- surveiller le risque d'asphyxie ou d'intoxication lors du travail habituel pour des postes de travail à risque.

1.2. Hygiène et santé au travail

Dans ce cadre, l'utilité des détecteurs de gaz est de permettre de recueillir des informations sur la teneur dans l'atmosphère de certains produits ayant des effets sur la santé des opérateurs. Ainsi, l'utilisation de détecteur de gaz permettra de :

- détecter et localiser des émanations de produits sur des installations qui concourent à la dégradation de la qualité de l'air ambiant ;
- déterminer des profils d'exposition pour l'identification des pics d'exposition, souvent indétectables par les méthodes traditionnelles de prélèvements et d'analyses *a posteriori* en laboratoire ;
- d'aider à la mise en place d'une stratégie de prélèvements en fournissant une estimation des niveaux de pollution en divers endroits et à divers instants ;
- d'aider à la validation d'un système de captage ou d'assainissement de l'air pollué.



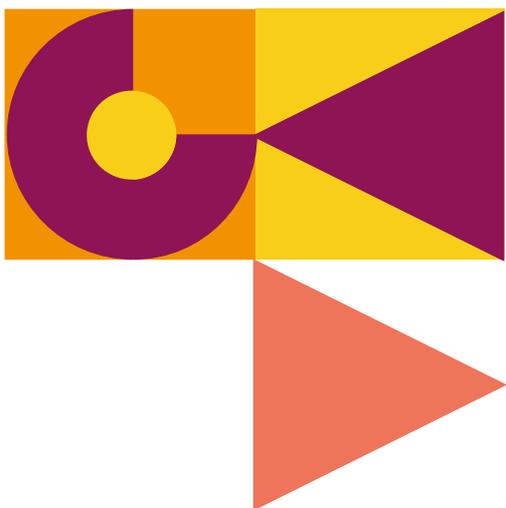
© Fabrice Dimier/NRS/2016

■ Plateforme de stockage de déchets. Conducteurs équipés d'un détecteur de H₂S dans la cabine équipée d'un système de filtration d'air et pressurisée d'une chargeuse.



© Serge Morillon/NRS/2014

■ Opérateur chargé de dépoter le conteneur équipé d'un détecteur pour déterminer, au fil de son avancée vers le fond du conteneur, sa possible exposition aux gaz.



2. Le choix d'un détecteur de gaz ou les questions à se poser

Avant de procéder à l'acquisition d'un détecteur de gaz, il est impératif de constituer un cahier des charges qui servira de base à la sélection, en premier lieu de la technologie à mettre en œuvre et, en second seulement, de la marque et du modèle.

Ce document devra fournir aux acteurs du marché de la détection de gaz les éléments énoncés ci-dessous :

- le type d'application : sécurité des personnes (contrôle d'atmosphère avant d'intervenir dans un local ou travail dans une zone avec possibilité de présence d'un gaz ou d'un mélange de gaz dangereux), hygiène industrielle (évaluation d'exposition individuelle, recherche de pics d'exposition...);
- les substances à détecter et les autres substances potentiellement présentes¹ : propriétés et conséquences sur la santé et la sécurité des opérateurs, estimation de leur concentration ;
- le contexte de la détection : espace clos, zones ATEX², conditions environnementales moyennes et extrêmes (température, hygrométrie, pression, présence et niveau de poussières, interférences électromagnétiques...)³;

1. Autres gaz : De nombreux détecteurs sont sensibles à d'autres gaz que ceux pour lesquels ils sont prévus. Par exemple, les détecteurs électrochimiques de monoxyde de carbone sont généralement sensibles à d'autres gaz comme l'hydrogène sulfuré ou l'hydrogène et voient leur sensibilité diminuer en présence de dioxyde d'azote.

2. ATEX : Atmosphères explosives.

- les caractéristiques métrologiques de base : sensibilité, gamme de mesure, sélectivité (ou insensibilité aux interférents potentiels), temps de réponse ;

- les caractéristiques majeures du détecteur : autonomie, durée de vie des batteries, encombrement maximal.

De plus, il est nécessaire d'interroger les fournisseurs sur les aspects suivants :

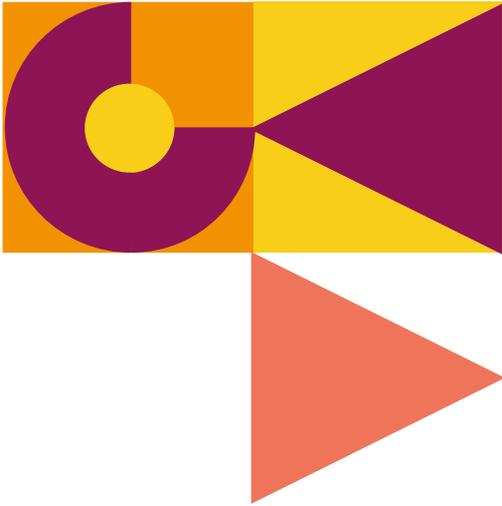
- les installations et les moyens humains nécessaires à la vérification et au maintien en bon fonctionnement des appareils : existence de stations de vérification/calibrage, approvisionnement en gaz étalon, temps nécessaire aux vérifications ; le choix du recours ou non à de la sous-traitance pour la maintenance des appareils doit être considéré ;
- la disponibilité, le contenu et le coût des formations à l'attention des futurs utilisateurs.

3. – Température : Elle peut influencer sur le fonctionnement de nombreux détecteurs, par exemple les détecteurs à photo-ionisation voient leur sensibilité diminuer lorsque la température augmente.

– Humidité : Les détecteurs à photo-ionisation voient leur sensibilité diminuer lorsque l'humidité augmente, certains détecteurs électrochimiques peuvent perdre leur sensibilité en cas de séjour prolongé en atmosphère très sèche.

– Teneur en oxygène : Les explosimètres à oxydation catalytique nécessitent de l'oxygène pour fonctionner, ils ne détecteront pas un gaz inflammable si la teneur en oxygène est trop faible.

– Interférences électromagnétiques : Les champs électromagnétiques engendrés par certains procédés industriels comme le soudage à l'arc peuvent perturber le fonctionnement des détecteurs.



3. La formation des utilisateurs

Indispensable avant tout déploiement des appareils sélectionnés, elle doit concerner tous les utilisateurs potentiels et doit traiter, *a minima*, des points suivants :

- notions de propriétés des gaz et vapeurs : densité, stratification, convection, réaction, incendie et explosion... ;
- notions de dangerosité : effets sur la santé et symptômes d'exposition ;
- notions sur la technologie de la détection : principe de fonctionnement du capteur, limitations éventuelles dues à la présence d'interférents ;
- mode d'emploi du détecteur : précautions d'usage sur le port et la mise en œuvre, indice et classe de protection ; comment réaliser un test au gaz étalon si l'opérateur est responsable de son matériel ;

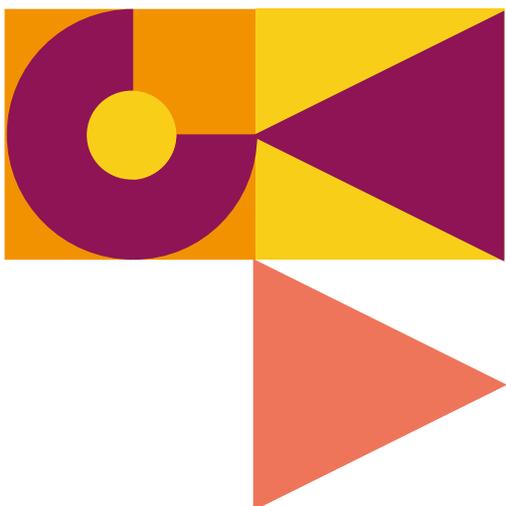
- consignes strictes à appliquer en cas de déclenchement des alarmes : ce point ne peut souffrir d'imprécision ou d'incompréhension ; à chaque alarme doit être associée une action simple et claire comme « quitter les lieux » ou encore « arrêter le procédé et donner l'alerte ».

Il est grandement préférable que cette phase d'apprentissage fasse l'objet de soins particuliers de la part des entreprises et que des formations de rappel soient également organisées afin de réduire la survenue de tout phénomène routinier. Pour la maintenance, une connaissance spécifique des matériels est nécessaire.



© Serge Morillon/INRS/2014

■ Installation d'un détecteur de gaz sur la ceinture d'un opérateur chargé de dépoter un conteneur.



4. Le bon usage d'un détecteur : quelques points importants

La mise en œuvre d'un détecteur de gaz requiert de respecter certaines règles, même si l'évolution des techniques permet de disposer d'appareils de plus en plus simples d'utilisation.

Ainsi, il est raisonnable, après allumage de l'instrument, de garantir un temps de chauffe – stabilisation de l'électronique et de l'élément sensible – en atmosphère propre. Cette période de quelques minutes peut être mise à profit pour vérifier le bon positionnement du détecteur, le fonctionnement de certains de ses composants comme la pompe interne, ou encore le paramétrage des alarmes ou enregistreurs internes.

L'utilisation d'une sonde, permettant de prolonger la distance de prélèvement jusqu'à quelques mètres et donc évitant toute exposition de l'opérateur, est vivement recommandée pour la délivrance d'une autorisation d'accès en zone dangereuse. Attention, dans ce cas, à bien prendre en compte l'accroissement du temps de réponse dû à cette prolongation lors de l'évaluation de l'atmosphère.

L'opérateur devra apporter un soin particulier au détecteur et prendre toutes les précautions nécessaires pour éviter les chocs, les chutes et les immersions, même si l'appareil est pourvu d'une coque de protection. Attention également à ne pas dégrader la conformité à la directive Atex en ôtant des protections ou en raccordant des accessoires optionnels.

Noter tout incident, informer de tout incident, même anodin pour l'opérateur. La consignation



■ Vérification de la possible présence de gaz dans un conteneur à l'aide d'un détecteur de gaz.

dans la fiche de vie de l'appareil de ces événements est indispensable pour maintenir le parc d'appareil en état de fonctionnement.

Ces conseils de base ne garantissent cependant pas le bon fonctionnement d'un détecteur de gaz qui, rappelons-le, reste un instrument technologique fragile et sensible aux phénomènes de dérives, de contamination, de fin de vie des capteurs...



© Philippe Castano/INRS/2019

■ Opérateur équipé d'un détecteur 4 gaz.

4.1. La vérification des détecteurs

L'unique vérification qui permet de statuer sur les capacités de détection de l'appareil consiste à le placer en présence d'un gaz ou d'une vapeur de concentration connue, ou étalon, et de noter sa réponse et son temps de réponse. Si la valeur de la réponse, ou déclenchement d'alarme, ainsi que le temps pour l'atteindre sont jugés satisfaisants par le vérificateur, l'instrument est alors utilisable par un opérateur formé à son maniement.

Un détecteur de gaz ne peut et ne doit être déclaré opérationnel qu'à la vue de sa réponse (valeur et temps d'obtention) à un gaz étalon. Il est recommandé que cette vérification soit effectuée très fréquemment et si possible avant chaque utilisation.

Pour les entreprises qui ne disposent pas de moyens pour réaliser une installation de vérification par elle-même, de nombreux fabricants proposent maintenant, en complément à leurs produits de détection, des stations automatiques de vérification et de calibrage (cf. chapitre suivant).

Ces stations exposent le détecteur à un gaz étalon et si la réponse de l'appareil n'est pas conforme, un ajustement de la réponse, ou calibrage, est réalisé automatiquement. Si ce réglage électronique n'est pas couronné de succès, l'appareil doit impérativement être exclu du circuit opérationnel et être envoyé en maintenance.

4.2. Le calibrage

Le calibrage s'effectue après un test non concluant, une opération de maintenance ou tout autre dysfonctionnement constaté. Il s'agit dans ce cas de régler le zéro et la sensibilité de l'appareil avec un gaz étalon. En résumé, un calibrage⁴ est une opération qui consiste à vérifier la réponse d'un détecteur à une substance étalon et à ajuster, de manière électronique et si nécessaire, la réponse de l'appareil à cet étalon. La réponse du détecteur est alors modifiée.

Afin d'effectuer un calibrage sans station automatique, les équipements suivants sont nécessaires :

- une bouteille de gaz étalon, dont la concentration permet le déclenchement des alarmes ;
- un bloc détendeur débitmètre, permettant d'utiliser le gaz contenu dans la bouteille à un débit connu (en litre/minute), qui est préconisé par le constructeur ;
- un flexible permettant de faire la jonction entre la sortie du bloc détendeur débitmètre et la coiffe du détecteur, le matériau du flexible étant compatible avec le gaz manipulé ;
- la coiffe de l'appareil ;
- la notice de l'appareil, contenant le mode opératoire pour réaliser le calibrage, et le code d'accès le cas échéant ;
- le logiciel adéquat le cas échéant (si les opérations de calibrage nécessitent l'utilisation d'un PC) ;
- tout le petit matériel nécessaire pour effectuer les réglages.

4. À ne pas confondre avec une opération d'étalonnage (ou calibration en anglais) qui consiste à déterminer la réponse d'un appareil exposé à plusieurs points étalons : lors d'un étalonnage, il n'y a pas de modification de l'état de l'appareil mais une détermination d'une courbe de réponse.

4.3. Le réglage des alarmes – interprétation des résultats

Le réglage des seuils des alarmes est un point crucial pour un détecteur de gaz : à partir de quelle valeur est-il raisonnable d'alerter les opérateurs d'un danger éventuel pour leur vie ou leur santé ? Cette question est à trancher par chaque entreprise en fonction des produits en présence ou potentiellement présents et de leur dangerosité.

Pour la prévention des **risques d'explosion**, il est recommandé de fixer le seuil d'alarme à 10 % de la LIE⁵ si des personnes doivent travailler dans le local et 25 % dans le cas contraire⁶.

Pour la prévention des **risques d'asphyxie**, il est recommandé que la concentration en oxygène soit d'au moins 19%⁷. La première alarme doit être réglée sur cette valeur. Rappelons que la teneur nominale en oxygène dans l'air est de 21 %. En dessous de 17 %, les premiers signes physiologiques sont visibles (perturbation de la coordination et de l'équilibre, augmentation du rythme cardiaque...), et en dessous de 6 %, le décès intervient rapidement.

Pour la prévention des **risques toxiques**, il est d'usage et recommandé d'utiliser les VLEP⁸ et d'associer, a minima, la première alarme à la VME⁹ du polluant avec pour consigne un séjour limité dans la zone, et la seconde alarme à la VLCT¹⁰ avec pour consigne de base une évacuation immédiate.

Il est impératif que chaque opérateur soit informé des consignes strictes à appliquer dès le déclenchement des alarmes. Outre les recommandations énoncées ci-dessus, le réglage des seuils d'alarme doit également prendre en compte et être adapté à la nature des risques, aux conditions environnementales et surtout aux performances métrologiques du détecteur (exactitude¹¹, répétabilité¹² et reproductibilité¹³).

4.4. Fiche de vie du détecteur

Pour conclure ces conseils, à chaque instrument de détection devra être associé une fiche de vie, véritable « carnet de santé » de l'appareil. Le support de ce document est peu important (papier, informatique), mais il doit comporter, de manière horodatée, tous les événements liés à la vie du détecteur, notamment les vérifications, les calibrages, les opérations de maintenance légère (changement de batterie, de joints, de filtres...) et les incidents d'utilisation (chocs, chutes, immersion, saturation, déclenchement d'alarmes).

Au final, ce document permet un suivi de la vie du détecteur et de ses constituants, comme le capteur, élément sensible mais à durée de vie limitée.

5. LIE : Limite inférieure d'explosivité, exprimée en %.

6. Circulaire du 9 mai 1985 relatif au commentaire technique des décrets 84-1093 et 84-1094 du 7 décembre 1984 concernant l'aération et l'assainissement des lieux de travail.

7. *Cuves et réservoirs. Interventions à l'extérieur ou à l'intérieur des équipements fixes utilisés pour contenir ou véhiculer des produits gazeux, liquides ou solides*, Recommandation de la Cnam, R 435, 2008.

8. VLEP : Valeurs limites d'exposition professionnelles. Les VLEP françaises sont accessibles sur le site web de l'INRS : voir « outil65 ». La brochure ED 6443 « Les valeurs limites d'exposition professionnelle » fournit les informations permettant de comprendre le système français des VLEP. Les VLEP d'autres pays sont accessibles sur le site web : <https://limitvalue.ifa.dguv.de>

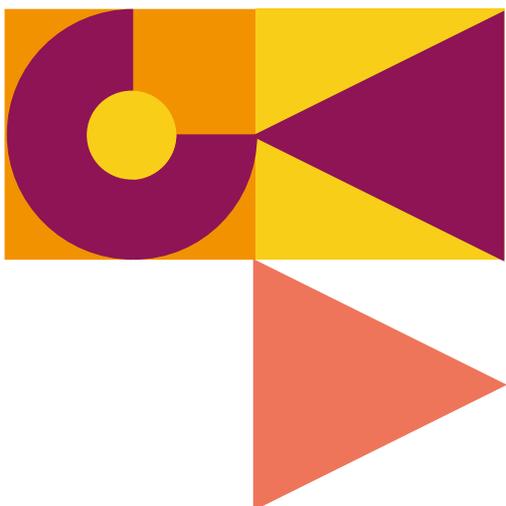
9. VME : Valeur limite moyenne d'exposition (sur 8 heures) ou VL8h.

10. VLCT : Valeur limite d'exposition court terme (sur 15 minutes).

11. Étroitesse de l'accord entre le résultat d'un mesurage et la valeur vraie du mesurande.

12. Étroitesse de l'accord entre les résultats des mesurages successifs du même mesurande, mesurages effectués dans la totalité des mêmes conditions de mesure (même mode opératoire, même observateur, même lieu, répétition durant une courte période de temps).

13. Étroitesse de l'accord entre les résultats des mesurages, du même mesurande, mesurages effectués en faisant varier les conditions de mesure.



5. Normes et réglementation

5.1. Directives Atex et CEM

Tous les détecteurs de gaz doivent satisfaire aux exigences de la directive européenne 2014/30/UE modifiée dite CEM, ce qui se traduit par le marquage Ce. Quant aux détecteurs de gaz utilisables en atmosphère explosive, ils doivent satisfaire en plus à la directive 2014/34/UE dite Atex, ce qui se traduit par le marquage Ex.

5.2. Normes métrologiques françaises et européennes

Il existe des normes dites « métrologiques », qui définissent les essais que doivent subir les détecteurs de gaz et les performances minimales qu'ils doivent obtenir pour être considérés comme aptes à remplir leurs fonctions de détection sur sites industriels. La conformité à ces normes n'est pas obligatoire, mais elles sont prises comme référence par les organismes certificateurs lorsque les détecteurs de gaz fixes sont destinés à être utilisés comme équipements de sécurité sur les installations industrielles dans le cadre de la directive Atex. Tout détecteur de gaz fixe certifié Atex a donc subi avec succès les essais métrologiques avant sa mise sur le marché (attention, ce n'est pas obligatoire pour les détecteurs de gaz portables).

Figure 1 : Normes métrologiques en vigueur à la date de publication de ce rapport pour les détecteurs de gaz

Référence	Titre
NF EN 60079-29-1 à 4	Atmosphères explosives. Détecteurs de gaz
NF EN 50104	Appareils électriques de détection et de mesure de l'oxygène
NF EN 45544 -1 à 4	Appareillage électrique utilisé pour la détection directe des vapeurs et gaz toxiques et le mesurage direct de leur concentration
NF EN 50271	Appareils électriques de détection et de mesure des gaz combustibles, des gaz toxiques ou de l'oxygène

Concernant les autres détecteurs de gaz qui ne sont pas certifiés ATEX, même s'il existe des normes métrologiques qui leur sont dédiées, elles ne sont pas utilisées, et le matériel est vendu sans aucune certification métrologique. C'est pour cette raison qu'il peut exister sur le marché des détecteurs qui ne remplissent pas leur fonction de sécurité.

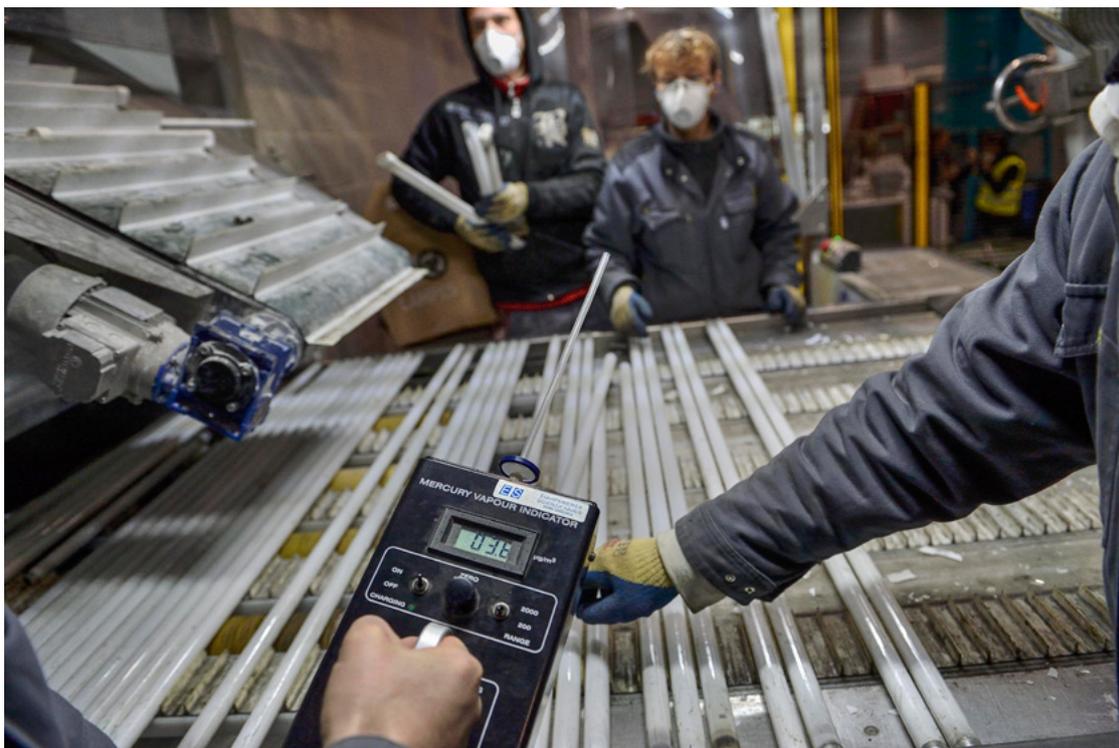
Les principales normes métrologiques aujourd'hui en vigueur sont récapitulées dans la figure 1.

Quand bien même un appareil a été certifié suivant les normes métrologiques, il faut garder à l'esprit que les tests réalisés sont bornés, que ce soit en température, en humidité, en pression, en termes de concentration et de durée : par conséquent, un détecteur même certifié n'est pas toujours capable de fonctionner dans n'importe quel contexte d'utilisation.

5.3. Réglementation française

En France, le code du travail ne prévoit rien concernant l'utilisation ou la maintenance des détecteurs de gaz. La réglementation sur les installations classées pour la protection de l'environnement aborde à travers différents textes la détection des gaz, mais c'est la détection de gaz à poste fixe qui est généralement concernée plutôt que les détecteurs portables. L'outil AIDA¹⁴ permet des recherches sur la réglementation liée à l'environnement.

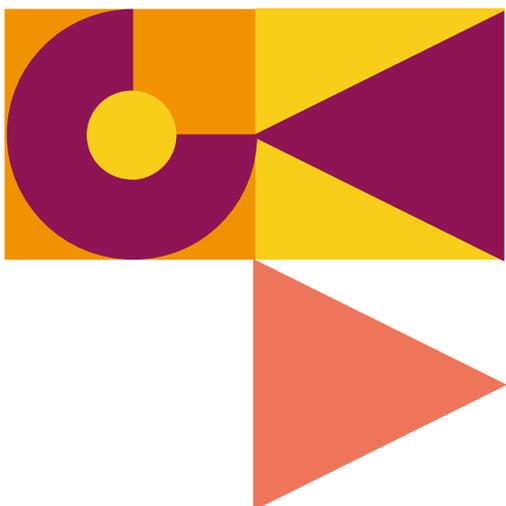
Il importe que l'utilisateur réalise une recherche pour connaître le contexte réglementaire qui encadre l'utilisation, pour son application, des détecteurs de gaz.



© Gaël Kerbaol/INRS/2014

■ Mesure des vapeurs de mercures à un poste de chargement d'une chaîne de dépollution des lampes.

14. Moteur de recherches en ligne : <http://aida.ineris.fr>.



6. Les différentes technologies en détection portable de gaz et de vapeurs

La suite du document recense les différentes technologies existant en détection portable de gaz et de vapeurs, en débutant par la présentation des techniques de détections d'atmosphères inflammables.

6.1. La détection des gaz et vapeurs inflammables

6.1.1. Technologie catalytique

Le principe de détection (figure 2, page suivante) repose sur la mesure de la chaleur de combustion des gaz et vapeurs inflammables à la surface d'un catalyseur métallique. La gamme de mesure de ce type de détecteur est 0-100% de la LIE. La détection des gaz et vapeurs inflammables à l'aide de détecteurs catalytiques est la technique de détection en continu la plus utilisée actuellement sur sites industriels.

Pour que la détection de gaz autres que le méthane puisse être assurée par les détecteurs catalytiques, il faut au préalable s'assurer expérimentalement que la sensibilité du détecteur au composé recherché est suffisante.

En cas de déficience en oxygène, la mesure peut être faussée. De façon générale, les détecteurs catalytiques nécessitent 10 à 12% d'oxygène minimum pour fonctionner correctement.

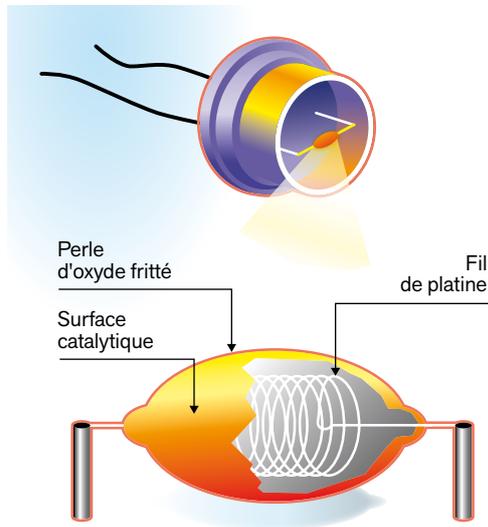
Les ambiances comportant des concentrations importantes de substances telles que les organochlorés, organosoufrés, des silicones, du plomb, du phosphore, des mercaptans, de l' H_2S sont des ambiances qui ne permettent pas l'utilisation de détecteurs de gaz catalytiques.

Concernant le temps de réponse (t_{90}^{15}), il est de l'ordre de 20 à 30 secondes pour une concentration de 50% de la LIE et la durée de vie des capteurs est de l'ordre de 2 à 5 ans, en fonction du contexte d'utilisation.

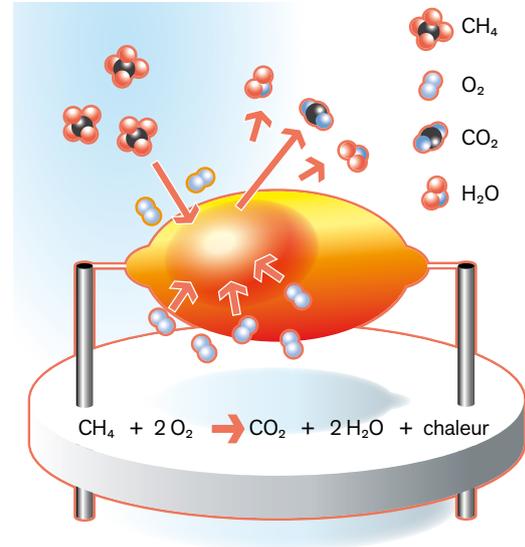
15. Temps nécessaire à un instrument pour afficher 90% de la valeur d'un mesurande de référence.

Figure 2 : Schéma de principe de fonctionnement d'un détecteur catalytique

Principe



Fonctionnement



6.1.2. Technologie catharométrique

La détection catharométrique consiste à mesurer la variation de conductivité thermique de l'atmosphère provoquée par la présence de gaz inflammables. La gamme de mesure de ce type de détecteur est de 0-100 % v/v.

Dans la plupart des cas, le gaz est prélevé par l'intermédiaire d'une pompe intégrée à l'appareil et amené jusqu'à la chambre de mesure. Cette technique de détection de gaz convient aux mesures de concentrations élevées (% v/v).

Certains gaz, non inflammables, sont détectables par cette technologie et peuvent éventuellement interférer avec la mesure d'un gaz inflammable : c'est notamment le cas du dioxyde de carbone.

Les principaux avantages de cette technologie par rapport à la technologie catalytique sont d'abord son insensibilité aux poisons catalytiques, et ensuite son fonctionnement en absence d'oxygène.

Concernant le temps de réponse (t_{90}), il est de l'ordre de 20 à 30 secondes pour une concentration de 50% v/v et la durée de vie des capteurs est de l'ordre de 1 à 4 ans, en fonction du contexte d'utilisation.

6.1.3. Technologie IR

Le principe de détection repose sur l'absorption d'un rayonnement infrarouge par le gaz à détecter. Contrairement à la détection catalytique, le coefficient de réponse du détecteur aux différents gaz par rapport au gaz de calibration n'est pas constant sur la gamme 0-100 % de la LIE.

La technologie infrarouge ne permet pas la détection de l'hydrogène (H₂), seuls les gaz dont les molécules possèdent au moins deux atomes différents sont détectables.

Concernant le temps de réponse (t_{90}), il est de l'ordre de 10 à 20 secondes pour une concentration de 50 % de la LIE et la durée de vie des capteurs est de l'ordre de 1 à 4 ans, en fonction du contexte d'utilisation.

6.2. La détection des gaz et vapeurs toxiques

Ce chapitre présente les principes de fonctionnement et les conditions d'utilisation des détecteurs de gaz et vapeurs toxiques aujourd'hui présents sur le marché.

6.2.1. Technologie électrochimique

Le principe (figure 3) est basé sur une réaction d'oxydo-réduction à la température ambiante. L'interface sur laquelle réagit le gaz est une interface solide-liquide : le gaz s'adsorbe à la surface d'un catalyseur et réagit avec les ions d'une solution.

Les gammes de mesures sont variables suivant les gaz : 0-5 ; 0-10 ; 0-20 ; 0-50 ; 0-100 ; 0-500 ; 0-1 000 ppm.

Les principaux gaz détectés par cette technologie (une cellule par gaz) sont : CO, NO, NO₂, SO₂, H₂S, HCN, HCl, NH₃, Cl₂. Une cellule électrochimique conçue pour détecter un gaz peut généralement en détecter d'autres. Certains gaz, interférents, peuvent parfois réduire la sensibilité de détection du gaz visé.

Pour fonctionner correctement, cette technologie nécessite une concentration minimale en oxygène.

Une faible hygrométrie a pour conséquence un dessèchement de la cellule, la rendant ainsi inefficace. Ce phénomène est souvent réversible.

Le temps de réponse est très variable suivant les gaz recherchés, de l'ordre de 10 secondes à plusieurs minutes. La durée de vie de ces capteurs peut varier de quelques mois à quelques années.

6.2.2. Technologie (PID)

Sous l'effet d'un rayonnement ultraviolet, les molécules de gaz aspirées dont le potentiel d'ionisation (PI) est inférieur à l'énergie de la lampe sont ionisées. Les ions ainsi obtenus sont collectés sur la cathode et un courant est créé, directement proportionnel au nombre d'ions formés et donc aux molécules ionisées. Les gammes de mesures de ces appareils sont en général 0-100 et 0-1 000 ppm. Il existe aujourd'hui trois lampes disponibles pour les PID : 9,8 ; 10,6 et 11,7 eV. L'échelle de mesure est la ppm, fortement éloignée des LIE des substances inflammables qui sont de l'ordre du pourcent volumique.

Ces appareils (figure 4) peuvent montrer des dérives de plusieurs dizaines de ppm sur une seule journée. Une présence d'humidité importante (par rapport au calibrage) provoque une sous-estimation des concentrations présentes.

Figure 3 : Schéma de principe de fonctionnement d'un détecteur électrochimique

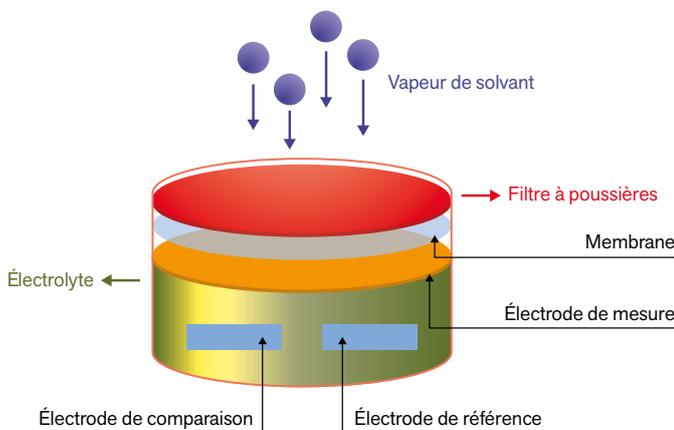
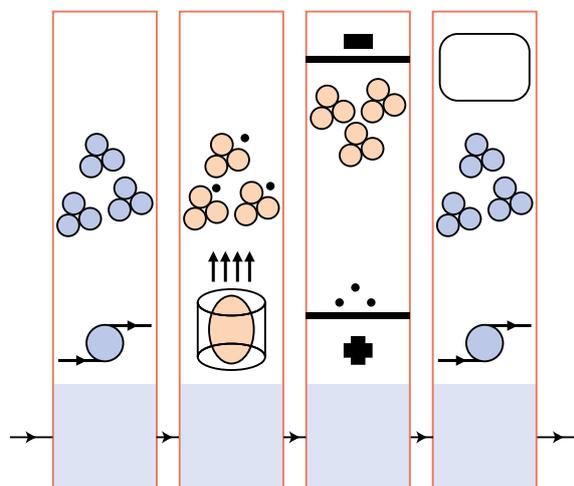


Figure 4 : Schéma de principe de fonctionnement d'un détecteur à photo-ionisation



Le temps de réponse de ces appareils est plutôt rapide, avec un t_{90} inférieur à 10 secondes, et les durées de vie des lampes sont variables suivant leur énergie et le contexte d'utilisation : quelques mois pour la lampe 11,7 et 1 à 2 ans pour les lampes 9,8 et 10,6 eV.

Ces appareils sont souvent utilisés pour effectuer des cartographies de COV sur les sites industriels. Ces appareils n'étant pas sélectifs, il faut connaître au préalable le composé recherché et son facteur de réponse pour obtenir une réponse valide (concentration réellement lue). Dans le cas où plusieurs composés sont présents, il n'est plus possible d'exploiter quantitativement les résultats obtenus par une simple lecture.

6.2.3. Technologie semi-conducteur

Des réactions d'oxydo-réduction, ou simplement d'adsorption à la surface du semi-conducteur, vont changer la résistivité du matériau, en modifiant le nombre de porteurs de charge. Les détecteurs à semi-conducteur ne sont pas sélectifs et la sensibilité aux différents composés va dépendre du gaz de calibrage. Ils nécessitent la présence d'oxygène pour fonctionner.

La vapeur d'eau s'adsorbe à la surface du semi-conducteur : c'est un interférent problématique.

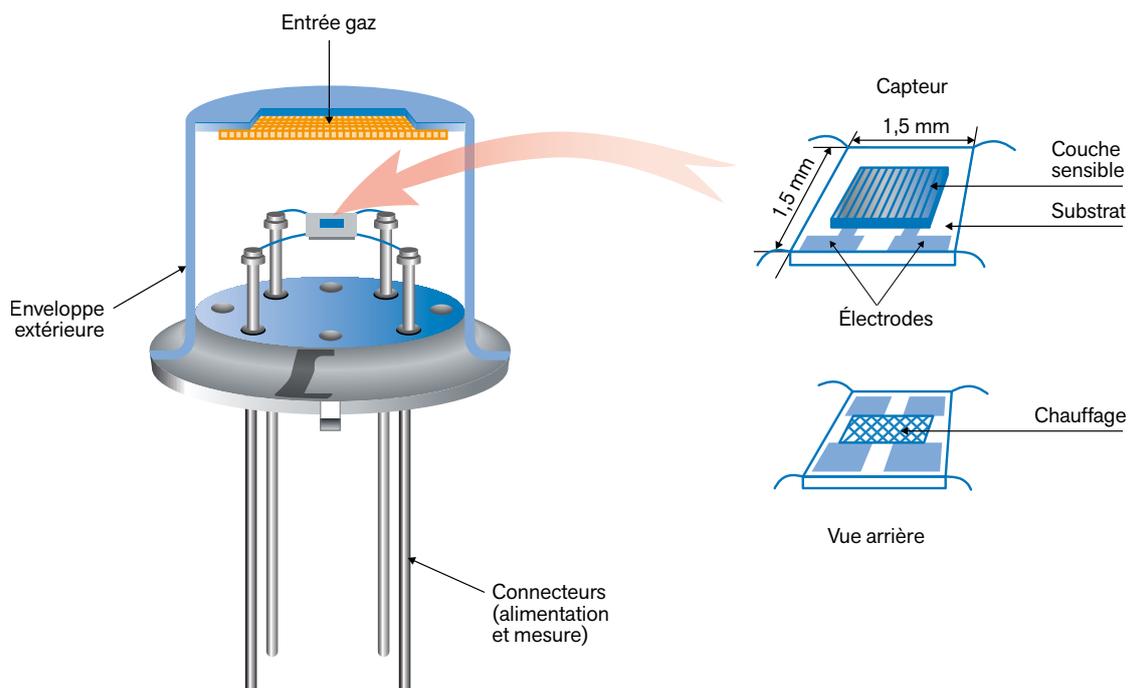
Le temps de réponse de ces appareils (figure 5) est très variable, de quelques dizaines de secondes à plusieurs minutes, et la durée de vie des capteurs est de l'ordre de quelques semaines à plusieurs années en fonction du contexte d'utilisation.

Il faut être prudent lors de l'utilisation de ces détecteurs et s'assurer au préalable que leur efficacité et leur temps de réponse sont compatibles avec le contexte d'utilisation.

6.2.4. Technologie IR portable (CO₂)

Le principe de fonctionnement est identique à celui décrit au paragraphe 6.1.3, si ce n'est que la longueur d'onde est différente, car ce sont les liaisons «C=O» qui absorbent le rayonnement. La gamme de mesure utilisée est 0-10000 ppm. Concernant le temps de réponse (t_{90}), il est de l'ordre de 20 à 40 secondes pour une concentration de 1 % v/v de CO₂.

Figure 5 : Schéma de principe de fonctionnement d'un détecteur à semi-conducteur



6.2.5. Technologie colorimétrique

Il s'agit de réactifs chimiques absorbés sur un support inerte. Ces réactifs sont spécifiques au gaz à détecter et changent de couleurs en présence du gaz. En fonction de la concentration de gaz présente, la coloration est plus ou moins étendue et/ou intense.

La gamme de mesure est variable suivant les conditionnements, de l'ordre de la ppm à la centaine de ppm. Il existe aujourd'hui sur le marché plus de 300 tubes permettant de mesurer des concentrations de gaz toxiques.

Les tubes colorimétriques fournissent plutôt une indication de présence de gaz qu'une concentration, leur précision étant au mieux de 30 %. À cette incertitude, il faut ajouter l'influence des conditions ambiantes, telles que l'humidité et la température, qui peuvent altérer les réactions chimiques mises en jeu. Si plusieurs gaz sont présents dans l'air, il faut tenir compte d'une interférence possible.

Ils ne doivent donc pas être utilisés pour des contrôles d'atmosphère, la mesure étant trop sujette à interprétation pour cette application.

Il faut parfois attendre plusieurs minutes pour que la coloration ait lieu.

La durée de vie des capteurs est de l'ordre de quelques mois à plusieurs années, suivant leurs conditions de stockage.

Le temps de réponse (t_{90}) est de l'ordre de 10 à 30 secondes pour une concentration de 12% v/v de O_2 , et la durée de vie des capteurs est de l'ordre de 3 à 24 mois, en fonction du contexte d'utilisation.

6.3.2. Technologie électrochimique à électrolyte solide

L'oxyde de zirconium (ZrO_2) se comporte à chaud comme un électrolyte liquide, c'est-à-dire que l'oxygène est ionisé à son contact, et peut traverser sous forme ionique le volume du capteur. La gamme de mesure est 0-25% v/v, mais avec une meilleure précision que la technologie à électrolyte liquide, notamment dans les basses concentrations d'oxygène (ppm).

Cette technologie est aujourd'hui plutôt employée dans les analyseurs et peu dans les détecteurs de gaz.

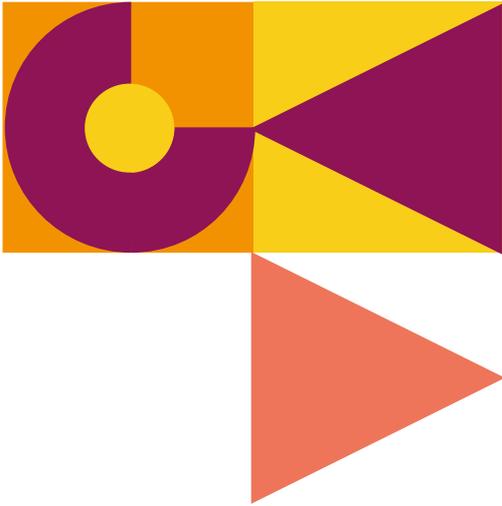
Le temps de réponse (t_{90}) est de l'ordre de 10 à 30 secondes pour une concentration de 12% v/v de O_2 , et la durée de vie des capteurs est de l'ordre de 2 à 4 ans, en fonction du contexte d'utilisation.

6.3. Détection de l'oxygène

6.3.1. Technologie électrochimique à électrolyte liquide

Dans le cas de la détection de l'oxygène avec une technologie électrochimique, une cellule particulière est utilisée, avec pour propriété l'auto-oxydation de l'électrode. La gamme de mesure est en principe 0-25% v/v.

Ces détecteurs peuvent être utilisés soit pour surveiller une atmosphère dans laquelle des travailleurs sont présents et se prémunir du risque d'asphyxie, soit pour contrôler la teneur en oxygène d'ambiances qui sont inertées.

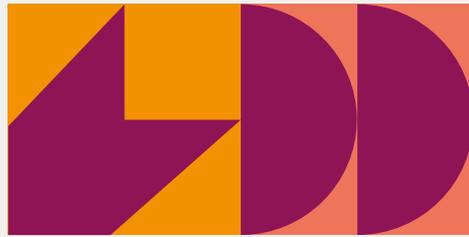


Conclusion

De manière générale, la détection de gaz et de vapeurs en temps réel nécessite des opérateurs formés au fonctionnement des détecteurs, aux propriétés des gaz et vapeurs, à leurs effets sur l'organisme et aux consignes en cas de détection positive. Des notions de toxicologie et de santé au travail ainsi que des notions de ventilation des lieux de travail peuvent également être utiles.



Bibliographie



Documents INRS

- La détection des gaz et vapeurs dans l'atmosphère des locaux de travail, ED 894.
- Les explosimètres, ED 116.
- Solvants organiques dans l'atmosphère de lieux de travail. Les détecteurs portables à lecture directe, ED 952.
- Évaluation des détecteurs à photo-ionisation embarqués dans les détecteurs de gaz portables multi-gaz, ND 2293.
- Les détecteurs portables à photo-ionisation pour la sécurité et l'hygiène des lieux de travail, ED 6053.
- Détection fixe de gaz et de vapeurs pour l'industrie, ED 6271.

Document Ineris¹⁶

- Oméga 22 – Principes et techniques pour la détection de gaz (formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs – DRA- 76).

16. Institut national de l'environnement et des risques industriels (www.ineris.fr).

Toutes les publications de l'INRS sont téléchargeables sur www.inrs.fr

Pour commander les publications de l'INRS au format papier

Les entreprises du régime général de la Sécurité sociale peuvent se procurer les publications de l'INRS à titre gratuit auprès des services prévention des Carsat/Cramif/CGSS.

Retrouvez leurs coordonnées sur www.inrs.fr/reseau-am

L'INRS propose un service de commande en ligne pour les publications et affiches, payant au-delà de deux documents par commande.

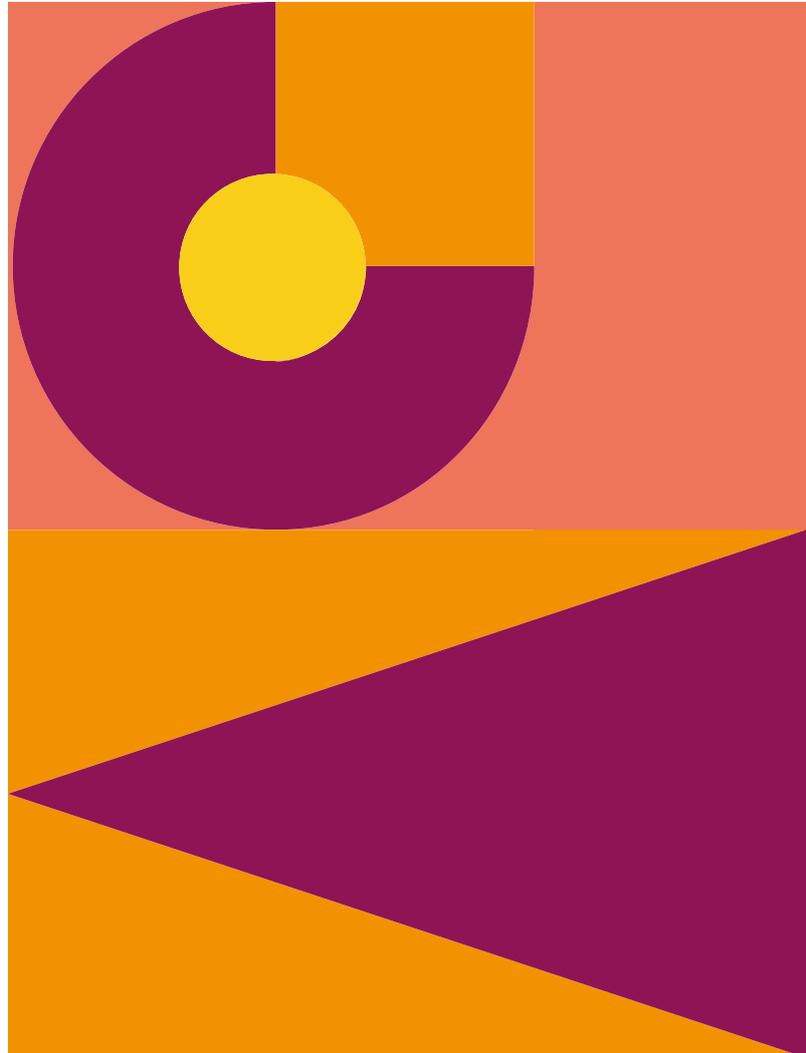
Les entreprises hors régime général de la Sécurité sociale peuvent acheter directement les publications auprès de l'INRS en s'adressant au service diffusion par mail à service.diffusion@inrs.fr

Motivée par des questions de sécurité et d'hygiène du travail toujours plus nombreuses, la détection de gaz et de vapeurs dans l'atmosphère des lieux de travail est en constante progression ces dernières années. L'offre en détecteurs est par conséquent chaque année plus importante, et nombreux sont les décideurs qui se demandent comment choisir, utiliser et maintenir les appareillages de détection.

Ce document a pour vocation d'informer un large public sur les points fondamentaux de la détection portable de gaz et de vapeurs en temps réel. Il ne traite que des détecteurs portables ou ambulatoires.

La première partie traite principalement de considérations pratiques concernant le choix et l'utilisation des détecteurs ainsi que la formation des personnels.

La seconde partie est un panorama simplifié des diverses technologies de détection disponibles actuellement sur le marché. L'accent est mis sur le principe de fonctionnement des appareils, sur leurs avantages ainsi que sur leurs contraintes et limites d'utilisation.



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 6088

2^e édition | avril 2022 | ISBN 978-2-7389-2724-8
Uniquement en version électronique

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