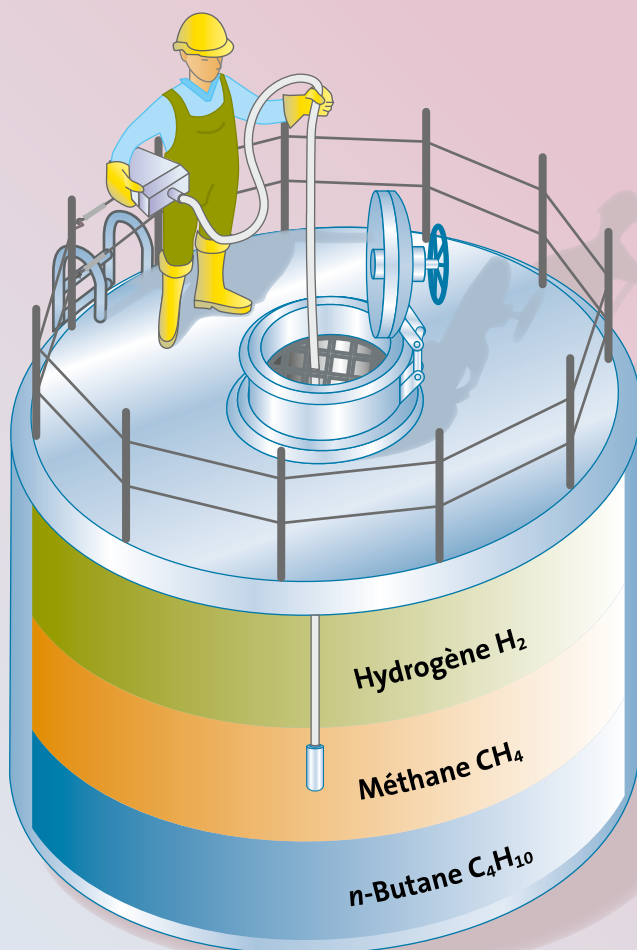




Évaluer les risques dus au travail en atmosphères explosives est une obligation réglementaire. Les explosimètres sont des instruments de mesure pouvant être utilisés à cet effet. Il est donc indispensable d'en connaître les conditions et les limites d'utilisation. Le fonctionnement de ces détecteurs de gaz combustibles dans différents types d'atmosphères est présenté, ainsi que les règles à respecter pour effectuer des mesures fiables. De la fiabilité de ces mesures dépend, en effet, la sécurité des personnes évoluant dans les zones à risque d'explosion.

Détection préalable à l'intervention dans une citerne

Les explosimètres

La réglementation concernant la protection des travailleurs susceptibles d'être exposés au risque d'atmosphères explosives impose une évaluation de ces risques.

Celle-ci peut, en particulier, être effectuée en utilisant des détecteurs de gaz particuliers appelés explosimètres. L'objectif de cette fiche est de faire le point sur les possibilités de ces appareils et sur les précautions à prendre lors de leur utilisation afin d'avoir des mesures fiables et de prendre des dispositions qui permettent d'assurer la sécurité des personnes évoluant dans ou à proximité des zones à risques d'explosion (zones ATEX).

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

La détection des gaz et vapeurs combustibles peut se faire selon plusieurs principes.

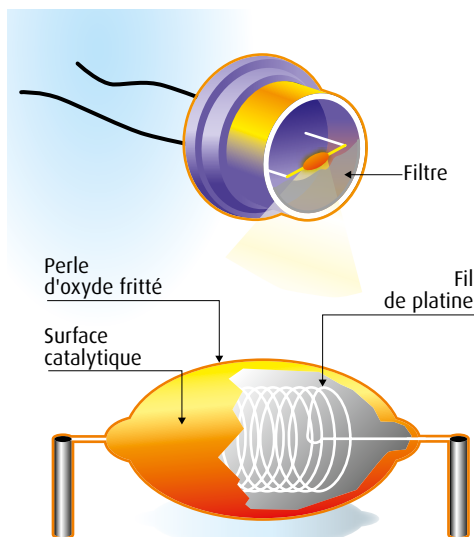
Le choix se fera en fonction de l'objectif qui est recherché et des caractéristiques du milieu à évaluer.

La majeure partie des explosimètres utilisés fonctionnent par **oxydation catalytique** du gaz. Ils sont adaptés pour des mesures de concentrations de gaz dans l'air situées entre 0 et 100 % de la LIE (voir figures 2 et 3).

Attention cependant car la réponse non linéaire du détecteur pour des concentrations supérieures à la LIE impliquera une réponse erronée (généralement très sous-estimée).

Un capteur catalytique est constitué d'une cellule comportant deux filaments dont l'un est enduit d'un catalyseur. Une membrane de diffusion permet l'entrée du gaz dans la cellule. L'oxydation du gaz combustible au niveau du filament catalytique entraîne une augmentation de sa température (figure 1), ce qui modifie sa résistance électrique. La mesure de concentration est effectuée en

Éléments constitutifs de la cellule de détection



Principe de fonctionnement pour la détection de méthane (CH₄)

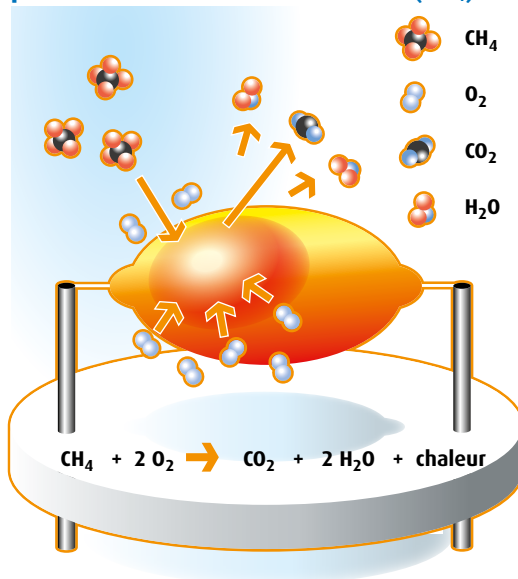


Figure 1. Explosimètre à oxydation catalytique : description et fonctionnement

comparant cette résistance avec celle du deuxième filament, non enduit de catalyseur, qui sert de référence. Le signal délivré par le capteur est proportionnel à la concentration en gaz combustible, du moins tant que celle-ci n'est pas trop élevée. En effet, le signal passe par un maximum lorsque le mélange de gaz combustibles dans l'air atteint la concentration stœchiométrique⁽¹⁾ ; il diminue au-delà, la concentration en oxygène devenant insuffisante pour permettre la combustion totale du gaz. Pour cette raison, les explosimètres fonctionnant par oxydation catalytique ne peuvent être utilisés que pour des concentrations ne dépassant pas la LIE.

Lorsque la concentration en gaz combustible dépasse la LIE, l'utilisation d'un appareil utilisant la **conductivité thermique** du mélange gazeux est nécessaire. Un tel système de détection donne directement la concentration en gaz combustible et non le pourcentage par rapport à la LIE.

Les deux principes de mesure peuvent être couplés dans certains appareils portables.

La réponse d'un explosimètre dépend de la nature des gaz présents. Un appareil est calibré pour un gaz donné (méthane par exemple). Rigoureusement, il ne peut alors être utilisé que pour la mesure de ce gaz. Il est cependant possible de mesurer un autre type de gaz à condition de corriger la valeur donnée par un facteur de conversion qui dépend du gaz à détecter, du gaz de calibrage et de l'instrument lui-même. Les facteurs de conversion sont fournis par le fabricant (voir figure 2).

(1) La concentration stœchiométrique est celle pour laquelle il y a exactement la quantité d'oxygène nécessaire pour brûler le gaz ou la vapeur combustible.

TYPES D'APPAREILS

On trouve sur le marché trois grands types d'explosimètres :

■ **DES APPAREILS PORTATIFS**, parfois très légers, destinés à être accrochés aux vêtements de travail ou portés à la ceinture ; ils peuvent fonctionner soit par diffusion, et servent alors à la protection des personnes, soit par aspiration à l'aide d'une pompe, et peuvent alors être utilisés pour contrôler des locaux avant pénétration ;

■ **DES APPAREILS PORTABLES OU TRANSPORTABLES**, parfois sous forme de balise, sur lesquels il est souvent possible de raccorder plusieurs têtes de détection afin de réaliser temporairement la mesure de différents gaz, lors d'un chantier par exemple ;

■ **DES INSTALLATIONS FIXES** constituées d'une ou de plusieurs têtes de détection. Elles sont installées à demeure dans des locaux ou sur des équipements.

UTILISATION...

Il est indispensable de respecter les spécifications du fabricant pour ce qui est des conditions d'utilisation de l'explosimètre (température, humidité, teneur en oxygène, pression...).

Le cas le plus favorable pour la réalisation de mesures précises est évidemment celui où l'explosimètre est utilisé pour une atmosphère contenant le gaz avec lequel il a été calibré.

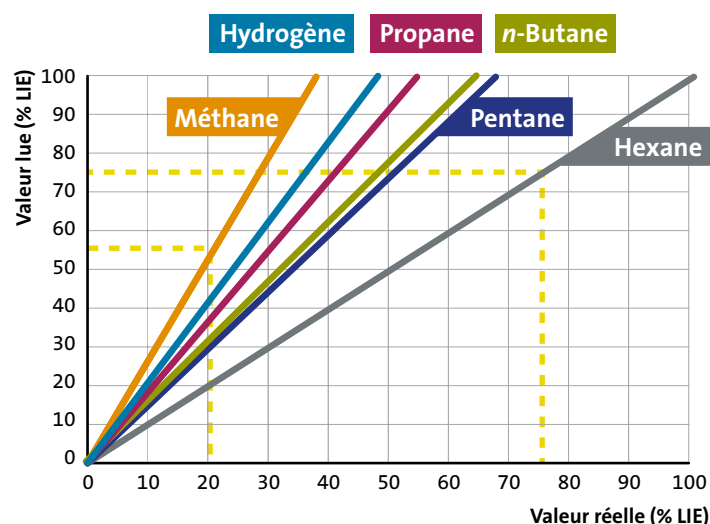


Figure 2. Sensibilité d'un détecteur à oxydation catalytique pour différents types de gaz (exemple d'un détecteur calibré avec de l'hexane)

À la mise en marche, certains appareils effectuent une remise à zéro automatique, il est donc nécessaire de les mettre en marche dans une atmosphère non polluée (à l'extérieur par exemple), pour éviter un décalage du zéro.

Certains gaz ou vapeurs peuvent avoir des densités très différentes de l'air. En atmosphère calme, les gaz ou vapeurs plus denses que l'air (vapeurs de solvants par exemple) peuvent s'accumuler dans les parties basses alors que les gaz légers (hydrogène ou méthane par exemple) peuvent s'accumuler dans les parties hautes. Il est nécessaire de prendre en compte ces phénomènes de stratification pour savoir où faire les mesures et disposer correctement les capteurs.

Enfin, dans certains cas, les explosimètres peuvent être utilisés dans des zones ATEX (par exemple lors d'une mesure dans un espace confiné avant intervention). Par conséquent, ils ne doivent pas présenter de source d'inflammation et, de ce fait, doivent être certifiés comme du matériel ATEX (pour plus d'informations, voir la brochure *Mise en œuvre de la réglementation relative aux atmosphères explosives (ATEX)*, réf. ED 945).

... en présence d'un gaz ou d'une vapeur pour lequel l'explosimètre n'a pas été calibré

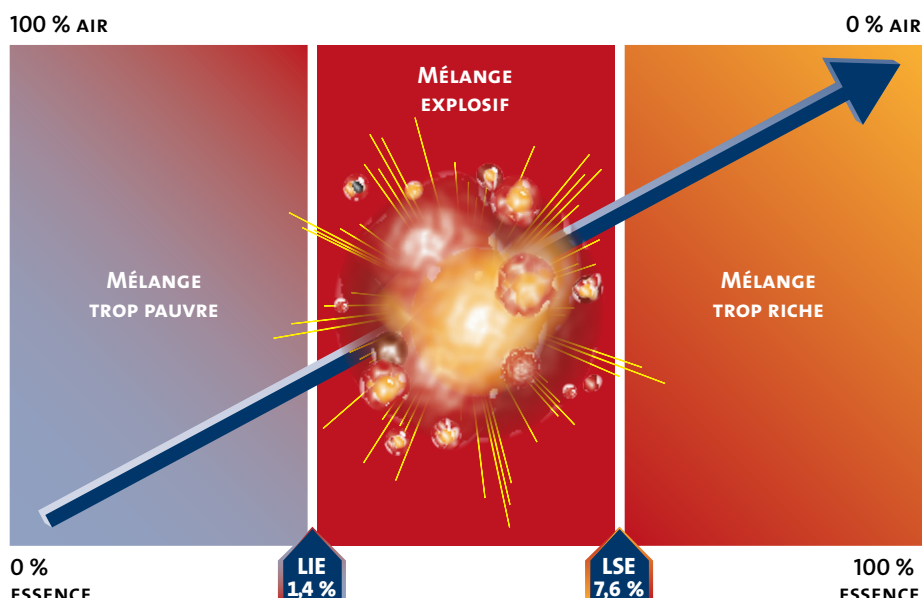
Pour obtenir une évaluation précise, il est nécessaire d'utiliser le facteur de correction donné par le fournisseur. La précision sera d'autant meilleure que le facteur de correction est proche de 1.

Lorsqu'on cherche à mesurer des vapeurs provenant d'un solvant liquide à température ambiante, le calibrage avec le solvant en question est très difficile ; on peut alors réaliser l'étalonnage avec un gaz (le pentane en général) qui donne une réponse proche de celles des solvants.

L'utilisation d'un explosimètre calibré avec le méthane est possible en présence d'autres gaz ou vapeurs à condition que le seuil d'alarme soit fixé à une fraction de la LIE suffisamment faible pour que l'on soit sûr d'être alerté nettement en dessous de la LIE, même avec les vapeurs donnant la réponse la moins bonne. Les explosimètres portables sont souvent utilisés de cette façon.

... en présence d'un mélange de gaz ou de vapeurs

Les explosimètres ne sont généralement pas calibrés pour de tels mélanges. Lorsqu'on cherche seulement à s'assurer qu'il n'y a pas de risque d'explosion, il est préférable que l'appareil soit calibré avec celui des produits à contrôler auquel il est le moins sensible. L'indication fournie pour les gaz ou vapeurs auxquels il est plus sensible sera alors surévaluée, ce qui permet de garantir l'absence d'atmosphère explosive.



Définitions

La **LIE** ou limite inférieure d'explosivité d'un gaz ou d'une vapeur est la concentration minimale en volume dans l'air au-dessus de laquelle il peut être enflammé.

La **LSE** ou limite supérieure d'explosivité d'un gaz ou d'une vapeur est la concentration maximale en volume dans l'air au-dessous de laquelle il peut être enflammé.

Figure 3. Domaine d'inflammabilité de l'essence (échelles non proportionnelles)

... en atmosphère chaude

De telles atmosphères se rencontrent en particulier dans des étuves, des tunnels ou des cabines de séchage.

L'augmentation de la température entraîne une diminution de la LIE et une augmentation de la LSE (voir figure 3). Ces variations ne sont sensibles que pour des élévations relativement importantes de la température, en tout cas supérieures aux fluctuations de la température ambiante.

La mesure dans des atmosphères chaudes pose des difficultés :

- la cellule de mesure ne peut être placée dans la zone chaude qu'à condition de respecter les spécifications du fabricant ;
- l'aspiration et le refroidissement des gaz chauds prélevés conduiront, dans de nombreux cas, à des problèmes de condensation des vapeurs avant la mesure ;
- l'abaissement de la LIE à température élevée doit être pris en compte dans certains cas ;

■ l'introduction d'un appareil froid dans un local chauffé peut également entraîner la condensation de vapeur d'eau au niveau de la sonde de prélèvement ou du capteur et causer une perturbation de la mesure.

... en atmosphère appauvrie ou enrichie en oxygène

Lorsque diminue la quantité d'oxygène dans un mélange d'air et de gaz ou de vapeurs combustibles, le domaine d'inflammabilité est réduit (la LIE augmente et la LSE diminue).

En dessous d'une certaine teneur en oxygène, propre à chaque produit combustible, l'inflammation devient impossible. Le fonctionnement des explosimètres à oxydation catalytique nécessite la présence d'oxygène. En dessous d'une certaine quantité (en général, environ 15 %), le fonctionnement de l'appareil est perturbé.

Lorsque l'atmosphère est enrichie en oxygène, la LIE n'est quasiment pas modifiée alors que la LSE augmente de façon importante, l'inflammation du mélange gazeux est facilitée car elle demande moins d'énergie. Une augmentation de la teneur en oxygène de plus de quelques pour cent perturbe le fonctionnement des explosimètres.

Dans le cas de la présence potentielle d'atmosphères appauvries ou enrichies en oxygène, l'utilisation d'un appareil couplant un explosimètre et un oxygénomètre permettra une meilleure évaluation du risque.

... en présence de certaines substances chimiques

La réponse des cellules catalytiques peut être diminuée ou complètement supprimée par certaines substances « poison » du catalyseur comme les dérivés du plomb, du soufre et du potassium, les silicones, les hydrocarbures chlorés ainsi que les produits de décomposition de certains plastiques (polychlorure de vinyle, polychloroprène).

Dans le cas particulier des produits à base de silicone, la sensibilité des détecteurs peut être diminuée pour le méthane sans que la sensibilité aux autres gaz et vapeurs combustibles

ne soit affectée. Cela peut avoir des conséquences graves lorsqu'on cherche à détecter du méthane avec un détecteur calibré ou contrôlé avec un autre gaz.

Des dépôts de poussières ou de liquides mal retenus par le filtre de la cellule peuvent également perturber le fonctionnement de la cellule de mesure.

Un contrôle périodique du calibrage permet de vérifier que le fonctionnement de la cellule n'a pas été altéré.

SEUILS D'ALARME

Le choix et le réglage des seuils d'alarme constituent un point crucial pour la détection de gaz combustibles. À chaque seuil d'alarme doivent impérativement être associées des consignes claires et précises devant être mises en œuvre par les opérateurs concernés lorsque l'alarme se déclenche. Une analyse des risques pour chaque situation doit permettre de définir les seuils d'alarme et les consignes qui en découlent.

Par exemple, un premier seuil peut être associé à une consigne d'arrêt de l'activité en cours, à une recherche des causes de l'augmentation de la concentration en gaz ou vapeurs combustibles et à la résolution du problème. Un deuxième seuil, plus élevé, peut être associé à une consigne d'arrêt de toute activité, de mise en sécurité de l'installation et d'évacuation de la zone.

La circulaire du 9 mai 1985⁽²⁾ préconise que la concentration en gaz ou vapeurs combustibles ne dépasse pas 10 % de la LIE si des per-

sonnes sont présentes et 25 % de la LIE dans le cas contraire. Ces deux valeurs peuvent servir de base aux deux seuils d'alarme évoqués ci-dessus.

ENTRETIEN ET CALIBRAGE

Pour assurer le fonctionnement correct des explosimètres, il est nécessaire :

- d'**assurer leur maintenance** conformément aux instructions figurant dans la notice du fabricant ;

- de **vérifier périodiquement leur fonctionnement** au moyen d'un gaz étalon ;

Il peut être utile d'effectuer cette vérification quotidiennement en utilisant un mélange dont la concentration en gaz combustible est au-dessus du seuil d'alarme. Ceci permet notamment de contrôler le temps de réponse et les seuils de déclenchement.

Lorsqu'un explosimètre est calibré avec un gaz autre que le méthane, un test de la réponse avec un mélange contenant du méthane permettra de détecter un début d'empoisonnement du capteur.

- de les faire **entretenir et calibrer** chaque fois que nécessaire par des personnes compétentes ou par le fabricant qui disposent des matériels nécessaires.

D'une façon générale, l'entretien de l'appareil est destiné à :

- maintenir en état de fonctionnement la cellule de mesure (en remplaçant périodiquement le filtre qui la protège) et le système de prélèvement par aspiration des mélanges gazeux lorsqu'il existe ;

- assurer à l'appareil une alimentation électrique convenable (contrôle et changement des piles ou rechargement des batteries pour les appareils portatifs et portables).

NORMES

- **NF EN 50270** (Février 2007) (et PR NF EN 50270 août 2013, projet)
Compatibilité électromagnétique - Appareils de détection et de mesure de gaz combustible, de gaz toxique et d'oxygène

- **NF EN 50271** (Août 2010)
Appareils électriques de détection et de mesure des gaz combustibles, des gaz toxiques ou de l'oxygène - Exigences et essais pour les appareils utilisant un logiciel et/ou des technologies numériques

- **NF EN 50402** (Décembre 2005) et **NF EN 50402/A1** (Juillet 2008, additif)
Matériel électrique pour la détection et la mesure des gaz ou vapeurs combustibles ou toxiques, ou de l'oxygène - Exigences relatives à la fonction de sécurité des systèmes fixes de détection de gaz

- **NF EN 60079-29-1** (Septembre 2008)
Atmosphères explosives - Partie 29-1 : détecteurs de gaz - Exigences d'aptitude à la fonction des détecteurs de gaz inflammables

- **NF EN 60079-29-2** (Septembre 2008)
Atmosphères explosives - Partie 29-2 : détecteurs de gaz - Sélection, installation, utilisation et maintenance des détecteurs de gaz inflammables et d'oxygène

- **PR NF EN 60079-29-3** (Janvier 2013, projet)
Atmosphères explosives - Partie 29-3 : détecteurs de gaz - Recommandations relatives à la sécurité fonctionnelle des systèmes fixes de détection de gaz

- **NF EN 60079-29-4** (Juin 2010)
Atmosphères explosives - Partie 29-4 : détecteurs de gaz - Exigences d'aptitude à la fonction des détecteurs de gaz inflammables à chemin ouvert

(2) 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.

Auteurs : Bruno Courtois, Florian Marc, Benoît Sallé.
Infographies : Atelier Causse