

ÉVALUATION DES DÉTECTEURS À PHOTO-IONISATION EMBARQUÉS DANS LES DÉTECTEURS DE GAZ PORTABLES MULTIGAZ

- Capteur à photo-ionisation
- Hygiène industrielle
- Appareil à lecture directe
- Essai

► Bruno GALLAND, Victor CARVALHO,
Patrick MARTIN,
INRS, département Ingénierie des procédés

ASSESSMENT OF PHOTO-IONIZATION DETECTORS INTEGRATED INTO PORTABLE MULTI-GAS DETECTORS

This paper describes laboratory tests on photo-ionization detectors integrated into portable multi-gas detectors. The end-purpose being to show the relevance of using this instruments in the occupational hygiene field. Performance characteristics of these PIDs (sensitivity, linearity, response time, etc.) were determined using a polluted atmosphere generating system.

The reader's attention is drawn to the fact that the aim of this paper is not to make a comparative assessment of compact multi-gas detectors, but to assess the advantages and drawbacks of the devices tested for applications in the occupational hygiene and safety field.

The laboratory test results reveal that these detectors are particularly advantageous for preventing occupational risks and especially for monitoring pollutant concentration levels or for contributing to sampling strategy establishment. However, they cannot perform all the functions normally fulfilled by more sophisticated PIDs, such as exposure profile plotting or installation gas leak detection.

- Photo-ionization detector
- Industrial hygiene
- Direct reading device
- Test

Cet article traite d'essais en laboratoire de capteurs à photo-ionisation embarqués dans les détecteurs portables multigaz dans l'objectif final de montrer la pertinence de l'utilisation de ces appareils dans le cadre de l'hygiène industrielle. Les performances de ces PID (sensibilité, temps de réponse, linéarité...) sont déterminées grâce à un système de génération d'atmosphères polluées.

Nous attirons l'attention du lecteur sur le fait que cet article n'a pas pour but d'évaluer les capteurs PID des détecteurs multigaz compacts entre eux mais bien d'évaluer les avantages et les inconvénients des appareils testés pour des utilisations dans le domaine de la sécurité et l'hygiène au travail.

Les résultats des essais démontrent que ces appareils présentent un intérêt notable pour la prévention des risques professionnels, notamment pour la surveillance de niveaux de concentration de polluants ou l'aide à la mise en place d'une stratégie de prélèvements. Cependant, ils ne parviennent pas à remplir toutes les missions habituellement remplies par les PID plus sophistiqués, comme la réalisation d'un profil d'exposition ou la détection de fuites sur des installations.

L'offre en détecteurs de gaz portables destinés au marché de la sécurité et de l'hygiène industrielle s'oriente de plus en plus vers des appareils compacts qualifiés de « multigaz ». Ces détecteurs portables sont des instruments à bas coût contenant plusieurs types de capteurs et la même plate-forme peut ainsi réunir des capteurs de détecteurs à photo-ionisation (PID), des cellules électrochimiques, des capteurs catalytiques ou encore des capteurs infra-rouges.

Depuis plusieurs années, le détecteur à photo-ionisation est d'un usage courant dans le domaine de la sécurité et de l'hygiène industrielle [1, 2, 3]. L'objet de cet article est d'apporter des éléments de réponse à la question de savoir si les PID équipant ces appareils polyvalents offrent des garanties suffisantes en termes de

performance pour répondre à l'ensemble des besoins de la prévention des risques professionnels dans le contexte de la détection de vapeurs organiques.

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES PID ET RÔLE EN HYGIÈNE INDUSTRIELLE

Le détecteur à photo-ionisation est un instrument dédié à la détection des vapeurs organiques, de la partie par milliard en volume (ppb_v) à plusieurs milliers de parties par million en volume (ppm_v). Entrant dans la catégorie des

appareils à lecture directe, leur rapidité et leur facilité de mise en œuvre en font des outils appréciables pour les préventeurs et hygiénistes du travail.

Une vision simplifiée du principe de fonctionnement d'un PID [4] est représentée *Figure 1*. Un PID est à même de détecter toutes les molécules gazeuses dont le potentiel d'ionisation (PI), généralement exprimé en électron-volt (eV), est inférieur à l'énergie des photons émis par la lampe UV. Les lampes couramment utilisées émettent des radiations d'énergie 10,6 eV. Ces lampes sont dans la capacité de « voir » tous les composés dont le potentiel d'ionisation est inférieur à cette valeur. La principale conclusion qui en découle est qu'un PID est un instrument non sélectif, c'est-à-dire un appareil incapable de discriminer les composés présents dans l'atmosphère analysée.

Cependant, sa facilité de mise en œuvre, dans le respect des règles de l'art, et sa rapidité en font un appareil très utile dans différents domaines dont celui de l'hygiène industrielle. Ses principales utilisations potentielles dans le cadre de l'hygiène et la sécurité dans les lieux de travail sont :

- pour l'aspect sécurité :
 - surveillance de niveaux d'exposition et détection de vapeurs toxiques ;
 - détection de fuite sur des installations ou des procédés ;

- pour l'aspect hygiène :
 - détermination d'un profil d'exposition d'un opérateur et d'un profil de pollution d'un local ;
 - aide à la mise en place d'une stratégie de prélèvements atmosphériques ;
 - estimation de l'efficacité d'un système de captage de polluants.

Les détecteurs à photo-ionisation permettent notamment de réaliser des profils d'exposition de salariés grâce à leur portabilité et leur temps de réponse rapide de l'ordre de 2-3 secondes en général. Les détecteurs PID sophistiqués, de type Photovac 2020, MiniRAE 2000, Phoccheck 3000 ou encore VX500, sont des appareils qui remplissent intégralement les missions décrites précédemment.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Deux modèles de détecteurs multigaz équipés d'une cellule PID ont été testés. Le BW GasAlert5MicroPID et l'EntryRAE sont deux appareils représentatifs du marché français actuel. Ils ont donc été sélectionnés pour participer à nos essais dont la finalité n'est pas, rappelons-le, de comparer les performances brutes des détecteurs entre eux mais bien de vérifier l'adéquation de leur usage dans le cadre de la prévention des risques professionnels : tous les modèles disponibles du marché ne sont donc pas représentés pour ces essais. Une liste, non exhaustive, des appareils compacts multigaz comportant un capteur PID et disponibles sur le marché français est présentée en fin d'article. Précisons que, pour certaines expériences, deux appareils du type EntryRAE ont été utilisés.

Un autre type d'appareil a servi de référence pour l'ensemble des essais : il s'agit du ToxiRAE qui est un détecteur PID de petite taille semi-actif, c'est-à-dire non équipé d'un système de pompage mais d'un simple petit ventilateur assurant un brassage de l'air ambiant au niveau du capteur. Ce PID représente un appareil de moyenne gamme qui est donc un intermédiaire entre les cellules PID bas coût de notre test et les détecteurs plus sophistiqués type Photovac 2020 PRO ou MiniRAE 2000.

MOYENS EXPÉRIMENTAUX ET APPAREILS TESTÉS

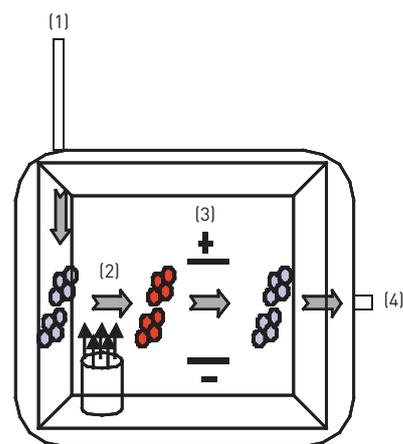
Les deux appareils regroupent sur une même plate-forme un capteur PID et une cellule électrochimique. Dans cette version de base, ces appareils sont accessibles dès 1 000 - 1 200 € HT. Les appareils ayant participé aux tests sont des détecteurs neufs.

La caractérisation des PID a nécessité l'utilisation d'un ensemble de génération d'atmosphères polluées (cf. *Figure 2*) constitué principalement d'une enceinte cubique (volume 1 m³) de polyméthyle méthacrylate (altuglass). Un ventilateur permet le brassage des vapeurs générées et garantit l'homogénéité de la pollution. La face avant de l'enceinte est équipée de cinq platines comportant chacune des traversées et des connecteurs étanches (passage des câbles électriques et des fluides). Le côté gauche de l'enceinte comprend une grande trappe d'accès permettant de

FIGURE 1

Schéma de principe d'un détecteur PID. Les molécules de gaz / vapeurs pénètrent dans l'appareil (1), sont ionisées par le rayonnement UV produit par la lampe (2). Le courant des molécules ionisées est mesuré (3) pour être converti en concentration en ppmv. Enfin, les molécules ressortent de l'appareil (4)

Schematic diagram of photo-ionization detector. Gas/Vapour molecules enter PID (1), are ionised by lamp-emitted UV radiation (2). Ionised molecular electric current is measured (3) et converted into ppmv. Molecules then leave the PID (4)



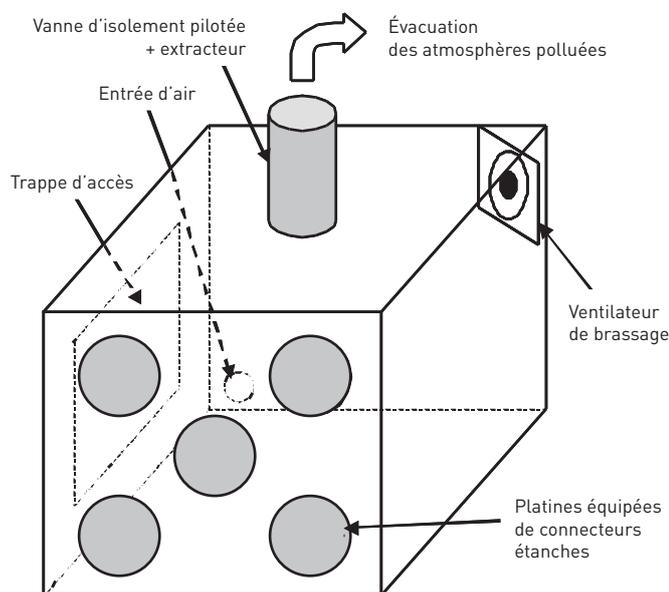
placer divers appareils et accessoires dans le volume de tests. Une précédente étude [5] portant sur l'évaluation des performances d'un chromatographe en phase gazeuse (CPG) a permis de valider le système de génération des polluants mis en œuvre pour ces essais. Les vapeurs de solvant sont générées dans l'enceinte à partir d'une solution liquide de qualité analyse *via* un pousse-seringue programmable préalablement étalonné. L'évaporation de la totalité de la solution liquide injectée et l'homogénéité de l'enceinte ont été qualifiées en utilisant plusieurs PID puis des prélèvements sur tubes de charbon actif (TCA) ont été réalisés lors des générations des polluants utilisés (acétate d'éthyle, isopropanol, toluène et cyclohexane). Un écart inférieur à 5 % a été démontré entre la concentration expérimentale calculée et les résultats des analyses des TCA.

MÉTHODOLOGIE

Avant toute expérimentation, les PID suivent un processus de vérification décrit dans le *Tableau 1* à l'aide de l'installation représentée à la *Figure 3*. Pour le calibrage des PID, le choix du gaz de référence préconisé par les constructeurs, l'isobutylène, a été respecté. Cette vérification est à nouveau réalisée à la fin

FIGURE 2

Enceinte de tests pour la génération de vapeurs de solvants Test chamber for generating solvent vapours



de chaque essai, une dizaine de minutes après la fin de la dernière expérience. Toutes les valeurs sont consignées et permettent ainsi de constater une éventuelle dérive des appareils et de déclencher ainsi des opérations de maintenance - nettoyage de lampe et/ou de capteur.

Lors des essais de génération de polluants, les paramètres climatiques de l'enceinte sont relevés afin d'expliquer, *a posteriori*, certains comportements. De même, un appareil de référence - MiniRAE 2000 - a été mis en œuvre dans l'enceinte pour valider et surveiller les générations.

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX ET DISCUSSION

Les appareils ont subi une batterie de tests identiques dont les résultats sont présentés par la suite. Les essais se sont étalés sur 30 jours, les conditions climatiques étant comparables (environ 21°C et 40 % d'humidité relative). L'influence de la température et de l'hygrométrie sur les PID est importante [6] mais ne sera pas ici discutée en détails. Il faut retenir que la réponse d'un PID à une certaine exposition décroît avec l'augmentation de l'humidité relative (à température

constante) et décroît avec la température (à humidité constante), le calibrage étant effectué à partir d'une bouteille de gaz étalon d'isobutylène. La *Figure 4* illustre bien ce phénomène.

ÉRGONOMIE, PRISE EN MAIN, AUTONOMIE

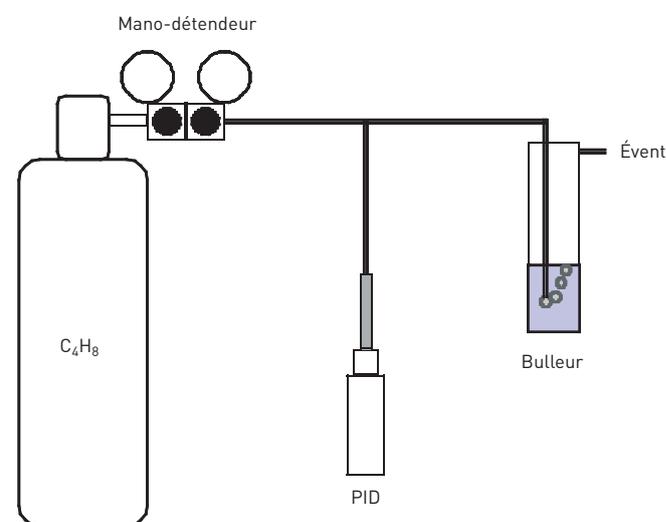
Chacun des appareils testés a des dimensions comparables de l'ordre de 15 x 8 x 6 cm et une masse d'environ 0,5 kg. Leur prise en main est, par conséquent, très aisée. Tous deux sont équipés d'une pompe de prélèvement, d'un enregistreur interne, d'une batterie nickel métal hydrure (NiMH) et d'une station de charge autonome. Le *Tableau II* résume quelques-unes des principales caractéristiques de ces trois types d'appareils.

À noter que la récupération des données est réalisée pour les appareils de marque RAE *via* une interface informatique. La station de charge comporte une liaison vers le PC de type RS232. En ce qui concerne le modèle BW, l'acquisition des données au format texte est réalisée sur un support informatique de type carte SD.

Aux vues des spécifications des constructeurs, ces appareils semblent présenter des performances équivalentes. Elles sont évaluées expérimentalement durant les essais auxquels ont été soumis ces détecteurs.

FIGURE 3

Montage pour le calibrage des PID PID calibration set-up



RÉPONSE DES PID À DIFFÉRENTES VAPEURS DE SOLVANTS

La première expérience à laquelle ont été soumis les appareils a consisté à réaliser des courbes de réponse pour différentes vapeurs de solvant générées, à savoir butanone, acétate d'éthyle, isopropanol, cyclohexane et toluène. Chacun des produits est représentatif d'une famille de produit chimique, comme le démontrent les résultats d'un panorama des solvants utilisés en France [7]. Le *Tableau III* résume les principales caractéristiques physico-chimiques de ces vapeurs.

Avant d'aborder les résultats des essais réalisés, il convient de rappeler le principe du facteur de réponse d'un PID. Un détecteur à photo-ionisation n'est pas un appareil sélectif. Les valeurs fournies par un tel appareil sont toujours exprimées en équivalent du gaz de calibrage, en général de l'isobutylène (C_4H_8) à une concentration de 100 ppm_v dans de l'azote. Dans le cas de la mesure d'une atmosphère mono-polluée, il est possible de déterminer la concentration réelle du polluant en appliquant l'équation :

$$\frac{[\text{polluant réel}]_{\text{ppm}_v}}{[\text{affichage équivalent } C_4H_8]_{\text{ppm}_v}} = F_{R_{\text{polluant}}} \quad (1)$$

Les fabricants fournissent des listes plus ou moins étoffées de facteurs de réponse, pour les polluants les plus courants, pour convertir les concentrations en équivalent isobutylène en concentrations de polluant réel. Par exemple, le facteur de réponse de l'éthanol, pour un appareil équipé d'une lampe de 10,6 eV, est couramment de 10. Ceci implique qu'un PID calibré en isobutylène et affichant une concentration de 15 ppm_v - équivalent C₄H₈ - détecte en réalité 150 ppm_v d'éthanol, dans l'hypothèse où l'éthanol est le seul polluant mesurable.

Ces facteurs, donnés par les tables des fabricants, restent approximatifs et la détermination d'une courbe de réponse du détecteur au polluant à mesurer reste indispensable pour délivrer des résultats fiables [10].

Tous les PID ont été exposés à chacun des cinq solvants, l'essai étant effectué au minimum cinq fois pour vérifier la fidélité et la répétitivité des appareils. Les concentrations maximales générées sont de l'ordre de 1 000 ppm_v pour chacun des polluants.

Différents renseignements peuvent être déduits des graphiques obtenus. Tout d'abord, le comportement linéaire des appareils dans la gamme 0-1 000 ppm_v est confirmé et, ce, pour les cinq vapeurs de solvant générées. Il est donc possible d'en déduire un facteur de réponse de chaque appareil pour chacun des polluants (cf. *Tableau IV*). Les essais ont cependant mis en évidence une dispersion des résultats, notamment pour les détecteurs de type EntryRAE, bien visible sur les courbes de réponse à l'acétate d'éthyle (cf. *Figure 5*). Le facteur de réponse expérimental, qui est l'inverse du coefficient directeur de la droite de réponse, varie de 3,50 à 4,03. Rappelons que ce graphique est le résultat de sept générations consécutives, chaque test étant précédé et suivi d'une vérification et d'un calibrage si nécessaire. Ce qui prouve que la mesure elle-même perturbe de manière non négligeable la réponse d'un appareil de type PID.

La courbe de la *Figure 6*, quant à elle, met en évidence les différences de sensibilité à un même produit des trois types de PID testés. La conséquence immédiate est que l'usage des facteurs de réponse fournis par les fabricants permet, tout au plus, d'estimer grossière-

FIGURE 4

Réponse type d'un PID à une atmosphère de 500 ppm de toluène en fonction de la température et de l'hygrométrie
PID standard temperature and hygrometry response under a 500 ppm toluene atmosphere

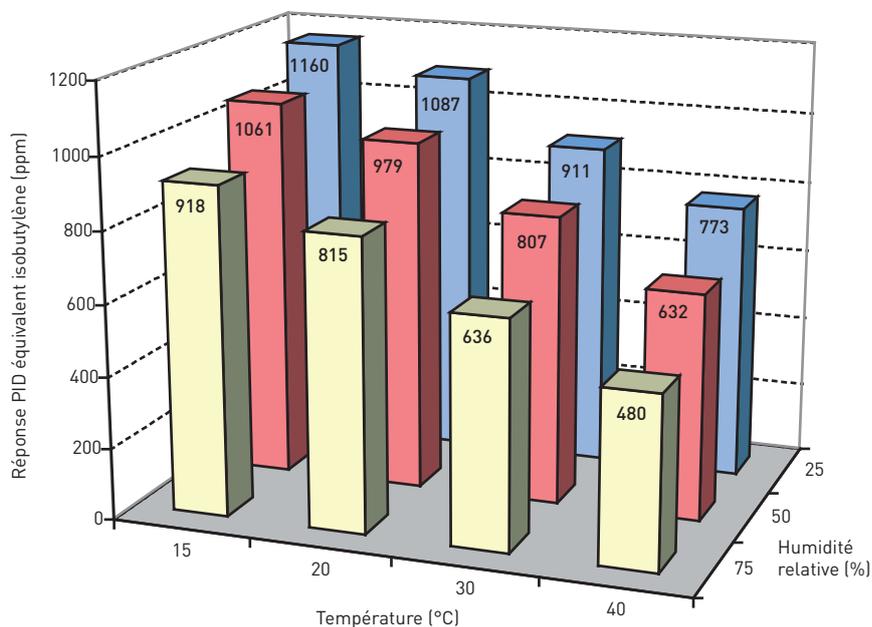


TABLEAU I

Protocole expérimental de mise en œuvre des PID
Experimental procedure for implementing PIDs

| Mise en route des PID | |
|-----------------------|---|
| 1. | Temps de chauffe de l'ordre d'une dizaine de minutes. |
| 2. | Vérification visuelle du bon fonctionnement des PID. |
| Calibrage | |
| 3. | Vérification du zéro en air propre. |
| 4. | Vérification de la valeur cible 100 ppm _v d'isobutylène C ₄ H ₈ à l'aide d'une bouteille étalon (100,2 ppm _v ± 1 ppm _v) et du montage décrit en <i>figure 3</i> . |
| 5. | Si la valeur affichée par le PID diffère de plus de 3 ppm _v de la consigne, alors un ajustage est opéré et ensuite une nouvelle vérification est réalisée. |

TABLEAU II

Caractéristiques des PID utilisés lors des essais
Characteristics of PIDs used during tests

| | ToxiRAE | EntryRAE | BW GasAlert5MicroPID |
|---|-------------------------|--------------|--|
| Autonomie (heures) - données expérimentales | ≈ 6 | ≈ 22 | ≈ 20 |
| Précision (ppm _v) | 0,1 si [polluant] < 100 | | |
| 1 sinon | 1 | 1 | |
| Etendue de mesure (ppm _v) | 2 000 | 1 000 | 1 000 |
| Intervalle d'enregistrement minimum | 1 s | 1 min | 1 s |
| Choix de l'intervalle d'enregistrement | oui | non | oui |
| Capacité d'enregistrement | 4 000 points | 7 200 points | Variable selon capacité carte mémoire de type SD |

ment la concentration réelle en polluant mais que la détermination du facteur de réponse expérimental de l'appareil s'impose, si le but est d'utiliser les PID comme appareils de quantification.

TEMPS DE RÉPONSE DES PID

Un paramètre important à considérer pour l'utilisation de ces détecteurs dans le cadre de la sécurité industrielle est le temps de réponse des PID pour un seuil de pollution donné. Typiquement, ce type de détecteur doit permettre d'informer un opérateur sur le niveau de pollution d'un lieu et donc sur un possible danger pour sa santé et, ce, en temps réel. Il est impératif pour cet opérateur d'avoir conscience du temps de réponse de l'outil de sécurité qu'est le PID.

La méthodologie suivie pour déterminer les temps de réponse est résumée sur le schéma de la *Figure 7*.

Deux polluants ont été générés, l'acétate d'éthyle (cf. *Figure 8*) et le 2-propanol (cf. *Figure 9*), pour des concentrations cibles de 10, 50, 100 et 300 ppm_v. Pour chacune de ces générations, les temps de réponse des deux appareils, à 50 %, 70 % et 90 % ont été déterminés.

Il apparaît, à la lecture du graphique de la *Figure 8*, que le détecteur à photo-ionisation BW présente des temps de réponse proportionnels à la concentration d'acétate d'éthyle. Ainsi, 30 secondes sont nécessaires à cet appareil pour détecter les 300 ppm_v générés. Ce problème n'est pas notable pour le modèle EntryRAE qui présente des temps de réponse de l'ordre de 10 secondes quelles que soient les concentrations du polluant.

La *Figure 9* montre une invariance du temps de réponse des deux types d'instruments vis-à-vis de la concentration en 2-propanol. Ces temps de réponse sont tous de l'ordre de 10 secondes (ce qui correspond aux performances du

modèle EntryRAE exposé à de l'acétate d'éthyle).

Ces différences notables peuvent être en grande partie imputées à des conceptions différentes des deux types d'appareils, notamment au regard du positionnement de la pompe d'aspiration et des matériaux constitutifs des circuits de prélèvements. Rappelons que ces tests ont été réalisés avec des appareils neufs équipés de leurs accessoires d'origine. Ainsi, les appareils ont été connectés à l'enceinte de tests avec leurs embouts propres de prélèvements (y compris leur filtre anti-humidité) afin de simuler un temps de réponse identique à celui qui serait obtenu en utilisation réelle sur le terrain.

STABILITÉ DANS LE TEMPS/CALIBRAGE

Les résultats précédents sont issus de 23 journées d'expérimentation. Selon la méthodologie mise en œuvre, les détecteurs à photo-ionisation ont été vérifiés

TABLEAU III

Caractéristiques des solvants générés lors des essais Characteristics of solvents generated during tests

| Dénomination | Numéros CAS | Formule | Tension de vapeur | Potentiel d'ionisation (eV) | VME [g] (ppm _v /mg.m ⁻³) | VLE [g] (ppm _v /mg.m ⁻³) | Seuil olfactif (ppm _v) [8] | LIE / LSE (% dans l'air) | Facteur de réponse usuel donné par les fabricants |
|------------------|-------------|--|---|-----------------------------|---|---|--|--------------------------|---|
| Acétate d'éthyle | 141-78-6 | C ₄ H ₈ O ₂ | 5,6 kPa à 10 °C 15,5 kPa à 30 °C 37,3 kPa à 50 °C | 10,01 | 400 / 1400 | | 1 | 2,0 / 11,5 | 4,6 |
| 2-butanone (MEC) | 78-93-3 | C ₄ H ₈ O | 13,3 kPa à 25 °C 26,7 kPa à 41,6 °C | 9,51 | 200 / 600 | 300 / 900 | 5,4 | 1,8 / 11,5 | 0,9 |
| 2-propanol | 67-63-0 | C ₃ H ₈ O | 4,4 kPa à 20 °C 14,1 kPa à 40 °C | 10,12 | | 400 / 980 | 22 | 2,0 / 12,0 | 6,0 |
| Toluène | 108-88-3 | C ₇ H ₈ | 3,0 kPa à 20 °C 3,8 kPa à 25 °C | 8,82 | 100 / 375 | 150 / 550 | 2,5 | 1,2 / 7,1 | 0,5 |
| Cyclohexane | 110-82-7 | C ₆ H ₁₂ | 10,3 kPa à 20 °C 24,6 kPa à 40 °C | 9,86 | 300 / 1050 | 375 / 1300 | 25 | 1,3 / 8,4 | 1,4 |

TABLEAU IV

Facteurs de réponse (F_R) des PID calculés lors des essais PID's correction factors calculated during the experiments

| | Toluène | 2-Butanone (MEC) | Cyclohexane | Acétate d'éthyle | 2-propanol |
|----------------------|-----------|------------------|-------------|------------------|------------|
| FR(fabricants) | 0,5 | 0,9 | 1,4 | 4,6 | 6,0 |
| ToxiRAE | 0,64±0,03 | 1,30±0,08 | 1,68±0,02 | 4,57±0,13 | 6,51±0,06 |
| EntryRAE 1 | 0,37±0,01 | 0,81±0,02 | 1,12±0,03 | 3,70±0,20 | 4,71±0,11 |
| EntryRAE 2 | 0,21±0,02 | 0,85±0,05 | 1,55±0,23 | 7,00±1,150 | 10,49±0,75 |
| BW GasAlert5MicroPID | 0,57±0,02 | 1,04±0,02 | 1,55±0,00 | 4,78±0,18 | 6,57±0,10 |

FIGURE 5

Courbes de réponse du PID type EntryRAE en présence de vapeurs d'acétate d'éthyle
EntryRAE PID response curves under ethyl acetate vapours

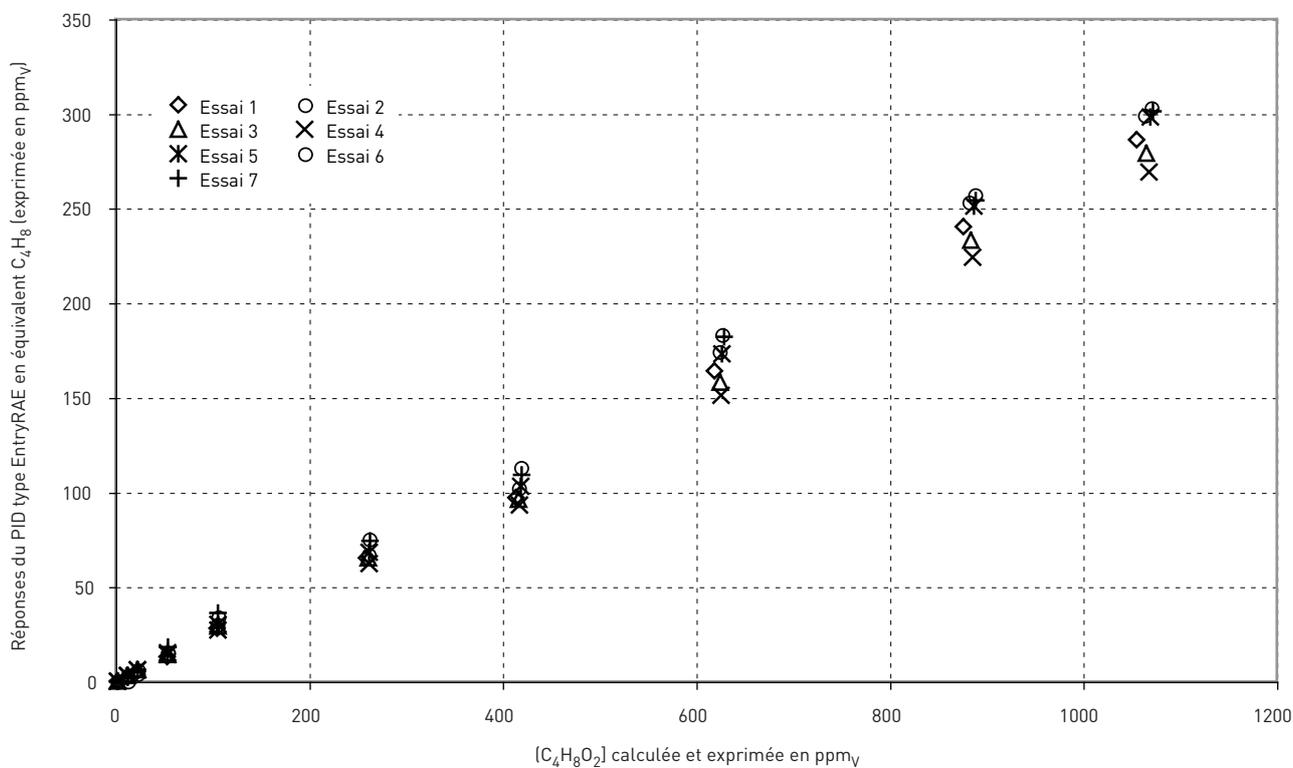


FIGURE 6

Courbes de réponse moyenne de tous les PID pour la détection de vapeurs d'acétate d'éthyle
Mean response curves for all PIDs detecting ethyl acetate

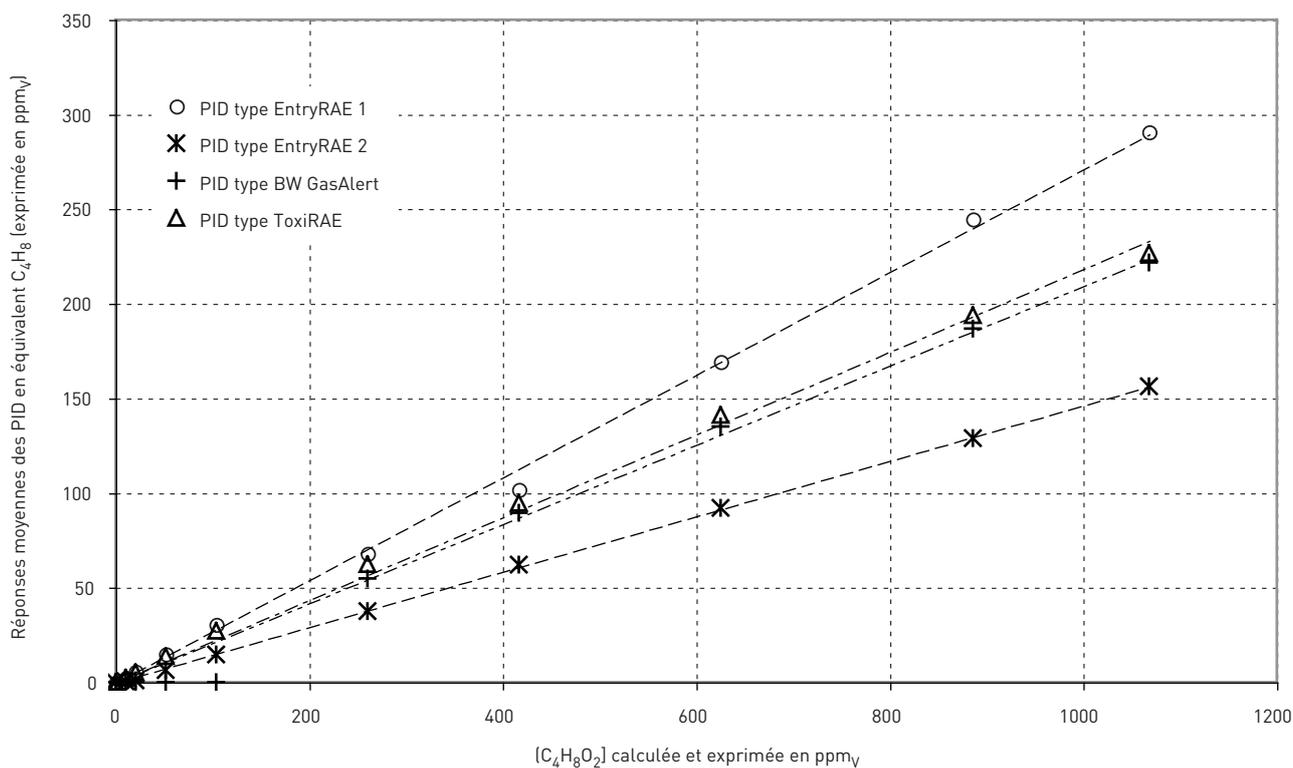
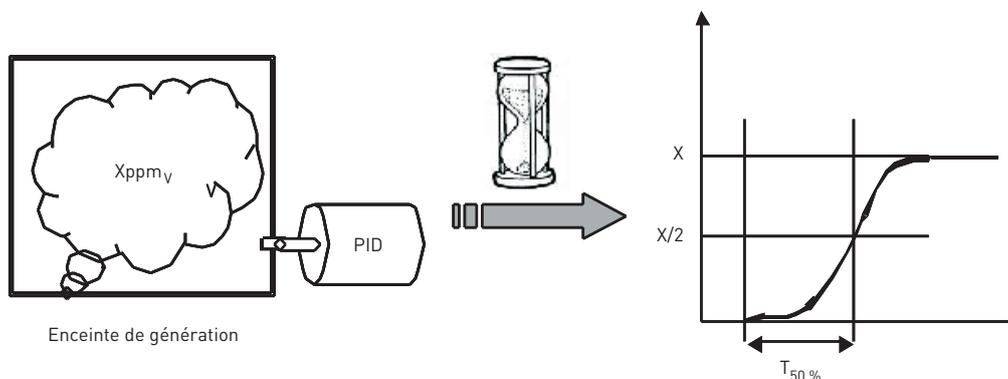


FIGURE 7

Principe de la détermination du temps de réponse des PID. Chaque appareil est connecté à l'enceinte de génération lorsque la concentration en polluant X(ppmv) est atteinte et constante. Un graphe de la réponse du détecteur est alors enregistré (par incrément d'une seconde) et permet la détermination des temps de réponse

PID time response determination. Each detector is connected to the generation chamber, when pollutant concentration X(ppmv) is reached and constant. A response curve is then recorded for 1 second increments, enabling the response time to be determined



et calibrés, si nécessaire, avant chaque essai. Le *Tableau V* résume les données de ces vérifications réalisées avant les essais d'exposition aux divers polluants. Il en ressort qu'un PID de la famille des mono-fonctions comme le ToxiRAE est très stable dans le temps. En effet, aucun calibrage n'a été nécessaire au cours de ces essais, ce qui démontre la stabilité de cet appareil. Par contre, les détecteurs de la famille des multi-fonctions que sont l'EntryRAE et le GasAlert5MicroPID sont victimes d'une dérive dans le temps plus ou moins importante selon le modèle (cf. *Figure 10*) qui rend indispensable des opérations de calibrage. L'utilisation des PID d'entrée de gamme nécessite donc une surveillance et un entretien plus contraignants.

CONCLUSION

Les tests réalisés ont mis en évidence les performances des détecteurs PID GasAlert5MicroPID et EntryRAE qui sont typiques des détecteurs PID en général.

Les résultats permettent de souligner les points auxquels il faut prêter attention lors de la détection de vapeurs organiques dans les atmosphères des lieux de travail avec un détecteur de type PID :

- prise en compte de la non-sélectivité et des interférents non organiques - notamment H_2S , NH_3 - potentiellement présents dans l'atmosphère à surveiller ;
- vérification fréquente des appareils à l'aide d'un gaz étalon et calibrage si nécessaire.

Utilisés dans le respect des règles de l'art, ces nouveaux types de détecteurs multi-gaz comportant une cellule PID, permettent de répondre, en partie, aux exigences de mise en œuvre dans le domaine de la sécurité et de l'hygiène industrielle. Leur faible coût et leur facilité d'utilisation rendent possible leur déploiement sur le terrain mais plusieurs facteurs imposent des restrictions d'usage. Comme le résume le *Tableau VI*, l'utilisation de ces PID à bas coût doit être restreinte aux applications suivantes :

- surveillance des niveaux d'exposition ;
- aide à la mise en place d'une stratégie de prélèvement ;
- estimation de l'efficacité d'un système de captage de polluants.

Pour couvrir l'ensemble des applications potentielles des PID pour l'hygiène du travail, il faut recourir à un détecteur à photo-ionisation de gamme supérieure qui offre des temps de réponse plus courts, de bonnes précisions, des sensibilités de l'ordre du dixième de ppmv et des gammes de mesure atteignant 10 000 ppmv mais pour un coût 4 à 5 fois plus élevé. Ce type d'appareil de classe supérieure permet alors de réaliser les tâches suivantes :

- détection de fuites sur des installations ou des procédés ;
- détermination de profils d'exposition d'un opérateur ;
- détermination d'un profil de pollution d'un local.

En résumé, dans la mesure où des produits à faible valeur limite d'exposi-

tion ne sont pas présents, les appareils testés, EntryRAE et GasAlert5MicroPID, sont utilisables comme détecteurs de niveaux d'exposition, pour la mise en place d'une stratégie de prélèvements atmosphériques et pour l'évaluation d'un système de protection collective.

Par contre, leur utilisation pour la détermination d'un profil d'exposition ou d'un profil de pollution est limitée, principalement par leur temps de réponse relativement important, leur faible gamme de mesure et leurs nombreux calibrages nécessaires.

LISTE DES APPAREILS COMPACTS MULTIGAZ À CAPTEUR PID

Cette liste, non exhaustive, énumère les modèles de détecteurs multigaz compacts comportant un capteur PID disponibles sur le marché français :

- BW Technologies, modèle GasAlert5MicroPID™
- GrayWolf TG-502 (sonde avec PID, acquisition avec Pocket PC / PDA)
- Industrial Scientific - Oldham, modèle iBRID™ MX6
- MSA Gallet, modèle SIRIUS™
- RAE Systems, modèle EntryRAE™

Reçu le : 03/03/2008

Accepté le : 28/04/2008

FIGURE 8

Temps de réponse des PID : génération d'acétate d'éthyle
PID response time: ethyl acetate exposure

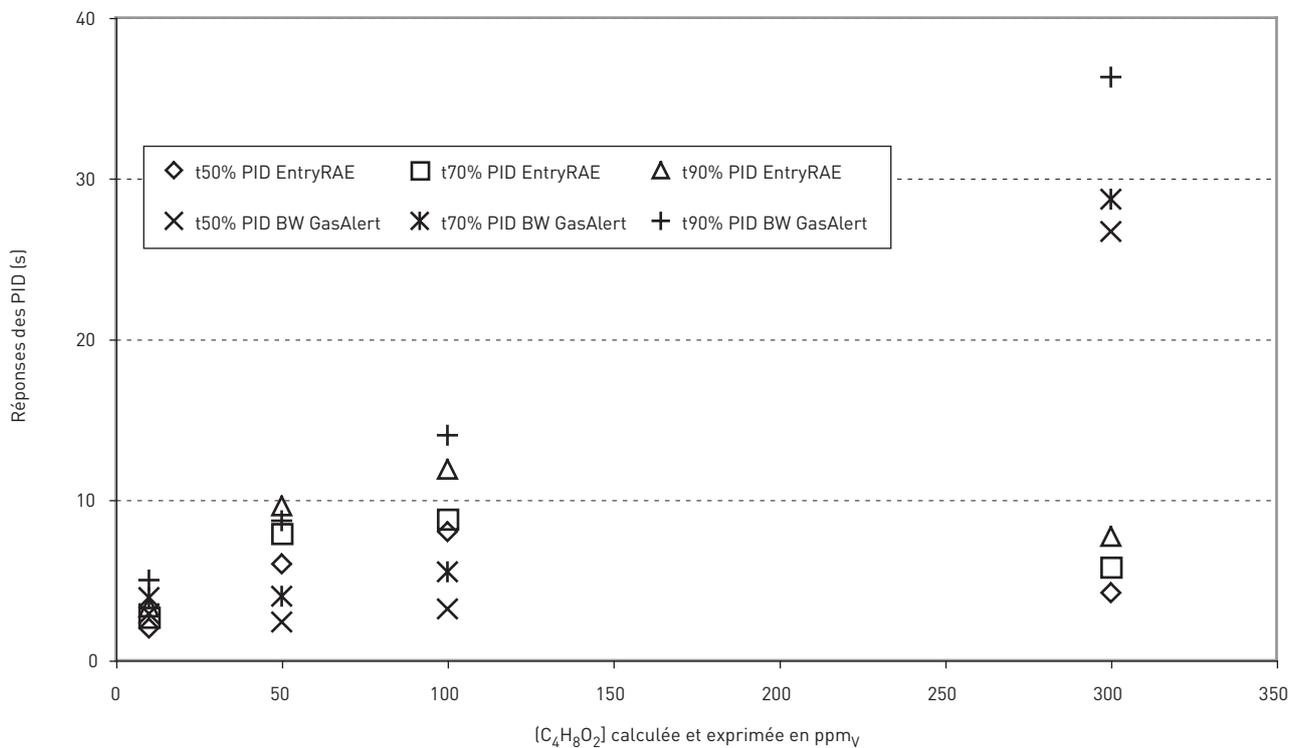


FIGURE 9

Temps de réponse des PID : génération de 2-propanol
PID response time: 2-propanol exposure

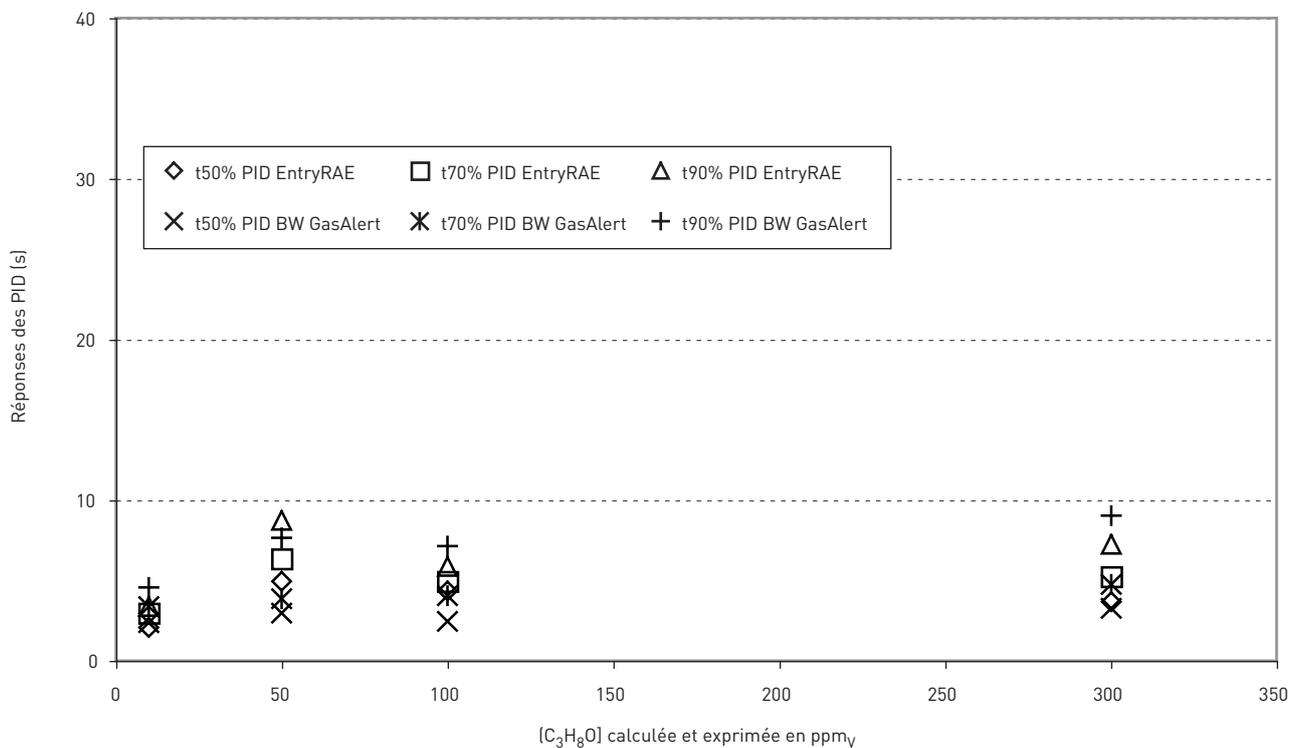


TABLEAU V

Nombre d'opérations de calibrages opérées par appareil. Le calibrage est effectué dès que la valeur retournée par l'appareil lors de l'opération de vérification diffère de plus de 3 % de la consigne de la bouteille étalon
 Number of calibrations performed on each detector. Calibration performed as soon as value fed back by device during checking differs by more than 3% from standard bottle value

| Appareils | Nombre d'essais | Nombre de vérifications | Nombre de calibrages |
|-----------------------|-----------------|-------------------------|----------------------|
| ToxiRAE | 23 | 23 | 0 |
| EntryRAE 01 | 23 | 23 | 20 |
| EntryRAE 02 | 23 | 23 | 22 |
| BW GasAlert5Micro5PID | 23 | 23 | 5 |

FIGURE 10

Vérifications des détecteurs en début de journée avant les essais d'exposition aux polluants
 Detector's checkings before pollutants exposure trials

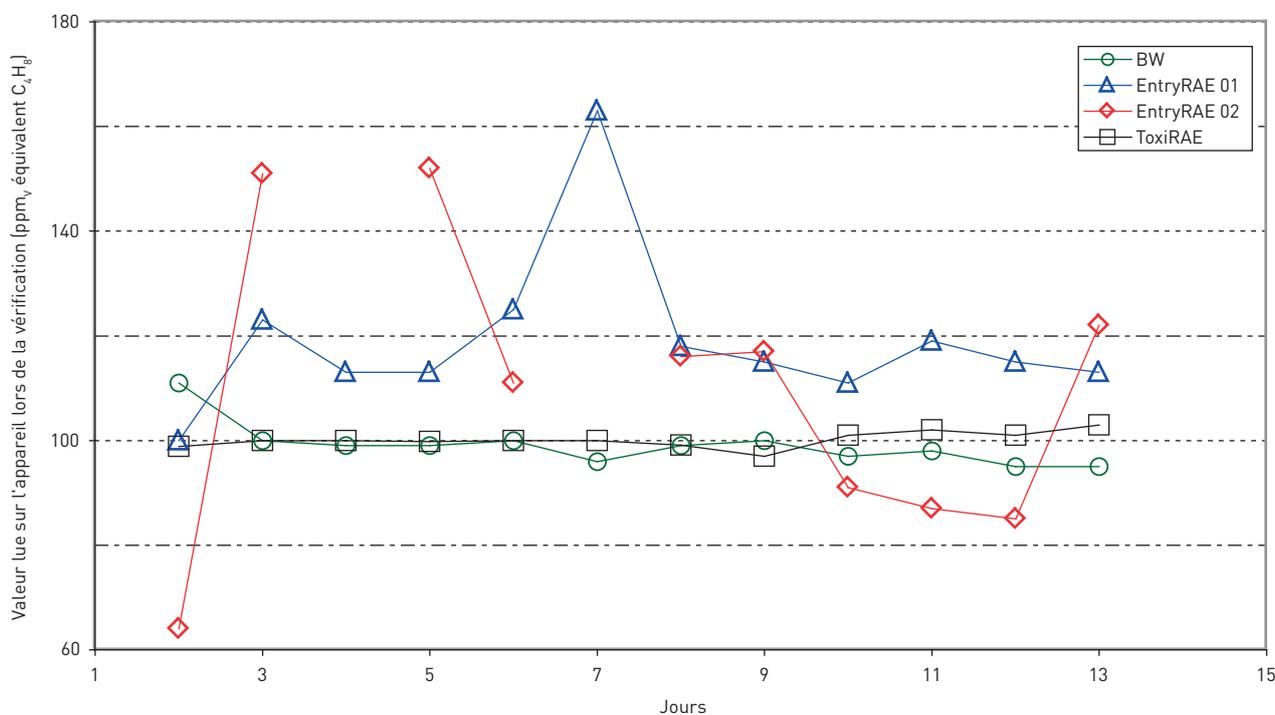


TABLEAU VI

Synthèses des essais : applications potentielles de ces détecteurs dans le cadre de l'hygiène industrielle
 Test summaries: detector potential applications in the industrial hygiene field

| Utilisation | Adéquation | Non adéquation | Commentaires |
|---|------------|----------------|--|
| Surveillance de niveaux d'exposition ; détection de vapeurs toxiques | ✓ | | Valable pour des polluants dont la VME > 10 ppm _v Autres gaz détectables |
| Détection de fuite sur des installations ou des procédés | | ✓ | Temps de réponse long Gamme de mesures limitée |
| Détermination d'un profil d'exposition d'un opérateur | | ✓ | Temps de réponse long Gamme de mesures limitée Médiocre répétitivité Calibrages fréquents |
| Détermination d'un profil de pollution d'un local | | ✓ | Temps de réponse long |
| Aide à la mise en place d'une stratégie de prélèvements atmosphériques | ✓ | | Faible coût Facilité de mise en œuvre Faible encombrement |
| Estimation de l'efficacité d'un système de protection collective | ✓ | | Facilité mise en oeuvre |

BIBLIOGRAPHIE

[1] COY J.D., BIGELOW P.L., BUCHAN R.M., TESSARI J.D. and PARNELL J.O. – Field Evaluation of a Portable Photoionization Detector for Assessing Exposure to Solvent Mixtures. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 2000, 61, pp. 268-274.

[2] POIROT, P. HUBERT-PELLE G. – Determination of short time exposure with a direct reading photoionization air monitor. *Annals of Occupational Hygiene*, 2004, 48, pp. 75-84.

[3] WALSH, P.T., CLARK, R.D.R., FLAHERTY, S. and GENTRY, S.J. – Computer-Aided Video Exposure Monitoring. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 2000, 15, pp. 48-56.

[4] GALLAND B., COURTOIS B. - Solvants organiques dans l'atmosphère des lieux de travail – Les détecteurs portables à lecture directe. ED952, INRS, 2005, 12 p.

[5] GALLAND B., MARTIN P., NICOT T. et POIROT P. – Apport de l'utilisation de détecteurs à photo-ionisation pour la qualification en laboratoire d'un chromatographe en phase gazeuse, 4^e colloque interdisciplinaire en instrumentation (Nancy, 17-19 octobre 2007), éditions Hermes.

[6] BARSKY J.B., HEE S.S. QUE and CLARK C.S. – An evaluation of the Response of Some Portable, Direct-Reading 10.2 eV and 11.8 eV Photoionization Detectors, and a Flame Ionization Gas Chromatograph for Organic Vapors in High Humidity Atmospheres. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 1985, 46, pp. 9-14.

[7] TRIOLET J. - Panorama de l'utilisation des solvants en France fin 2004. ND 2230-199-05, INRS, 2005, 33 p.

[8] FALCY M., MALARD S. - Comparaison des seuils olfactifs de substances chimiques avec des indicateurs de sécurité utilisés en milieu professionnel. ND 2221-198-05, INRS, 2005, 21 p.

[9] COURTOIS B. - Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France. ED 984, INRS, 2006, 19 p.

[10] DRUMOND I. – On-the-Fly Calibration of Direct Reading Photoionization Detectors', *American Industrial Hygiene Association Journal*, 1997, 58, pp. 820-822.