

Notes techniques

ÉTUDE ET ÉVALUATION DE DÉTECTEURS INDIVIDUELS DE SÉCURITÉ « QUATRE-GAZ » À BAS COÛT

La détection d'atmosphère dangereuse en temps réel est un impératif pour les opérateurs amenés à exercer leurs activités dans des espaces clos ou confinés ou plus généralement dans des espaces industriels dont la qualité de l'air peut représenter un danger à court terme pour leur santé.

Le détecteur individuel de sécurité « quatre-gaz » permet d'alerter le porteur d'un danger imminent comme l'insuffisance du taux d'oxygène, la présence de gaz inflammables ou de gaz toxiques. Des détecteurs de sécurité à bas coût (DSBC) sont apparus récemment sur le marché et sont désormais facilement accessibles *via* les sites de ventes en ligne pour une centaine d'euros. Plusieurs modèles ont été évalués en laboratoire, sous l'angle de leurs performances métrologiques et de leurs fonctionnalités pratiques.

BRUNO
GALLAND
INRS,
département
Ingénierie
des procédés

Un détecteur individuel de sécurité comprend des capteurs permettant de mesurer :

- le taux d'oxygène, exprimé en pourcentage volumique (%_v) ;
- la présence de gaz inflammables exprimée en pourcentage de la limite inférieure d'explosivité d'un gaz de référence (% LIE ou % LEL en anglais), généralement le méthane (CH₄) ;
- les concentrations en monoxyde carbone (CO) et sulfure d'hydrogène (H₂S), exprimées en partie par million volumique (ppm_v).

La fonctionnalité première de ce type de matériel est de surveiller en temps réel l'atmosphère de travail d'un opérateur et de l'alerter de tout dépassement de seuils d'alarme. Même si le détecteur « quatre-gaz » est considéré par l'industrie comme le détecteur de sécurité par excellence pour les activités en espaces clos ou confinés, son usage doit être cohérent avec les résultats de l'évaluation des risques. Il s'agit notamment de s'assurer :

- que la configuration « quatre-gaz » est suffisante. Par exemple, pour des salariés du secteur de l'eau potable, l'ajout d'un capteur de chlore gazeux (Cl₂), utilisé pour la désinfection de l'eau, peut s'avérer pertinent ;
- que le niveau des seuils d'alarme et le choix du gaz de référence des explosimètres sont en adéquation avec l'environnement de travail.

Les appareils doivent de plus être à la fois fiables et robustes, pour être utilisables dans toutes les situations industrielles, de dimensions réduites pour être portés sans gêne par un opérateur et avoir une autonomie supérieure à la durée d'un poste de travail, soit huit heures *a minima*.

Avec l'essor des sites de vente en ligne, sont apparus plusieurs nouveaux détecteurs de sécurité à bas coût (DSBC) qui peuvent être facilement acquis pour une centaine d'euros, en dehors des circuits commerciaux de matériels de sécurité professionnels. Les rares spécifications techniques peu documentées par les fournisseurs et l'absence d'homologation ou de conformité aux normes métrologiques européennes ont soulevé la question légitime de leurs performances.

Outre la facilité d'acquisition propre au commerce en ligne, ces DSBC sont accessibles pour une centaine d'euros, alors qu'un appareil comparable à celui de référence réclame un budget quatre à huit fois supérieur.

Les objectifs de l'étude conduite par l'INRS étaient de vérifier que les performances et fonctionnalités des DSBC permettaient d'alerter l'opérateur que l'atmosphère de travail pouvait présenter un risque imminent pour sa santé. Pour cela, un échantillon de sept DSBC a été soumis à différents tests au laboratoire, selon une méthodologie combinant

RÉSUMÉ

La finalité d'un détecteur de gaz individuel est de prévenir l'opérateur d'un danger imminent pour sa santé. Il est maintenant possible d'acquérir hors des circuits commerciaux spécialisés des « détecteurs de sécurité quatre-gaz » à bas coût (DSBC). L'INRS a testé sept détecteurs de ce type.

Des essais de performances métrologiques ont été conduits en laboratoire. Les fonctionnalités pratiques associées aux documentations disponibles ont également été évaluées. Enfin, des essais de chutes et le démontage des appareils ont permis de tester la robustesse

et le niveau de maintenance possible de ces détecteurs. Les principaux résultats sont présentés et discutés en vue de répondre à la question d'établir si ces détecteurs de sécurité sont compatibles avec les exigences actuelles de santé et sécurité au travail.

Study and evaluation of low-cost individual "four-gas" safety detectors

The purpose of an individual gas detector is to alert the operator of an imminent danger to his health. It is now possible to buy low-cost "4-gas safety detectors" outside specialised commercial channels. INRS tested seven low-cost detectors.

Metrological specifications were measured in the laboratory. The main functions were also evaluated in association with the available documentation. Finally, fall tests and the study of the inside components made it possible to test

the robustness and the maintenance level of these detectors. The main results are presented and discussed to answer the question of whether these low-cost safety detectors are compatible with current occupational health and safety requirements.

RÉFÉRENCE NORME	TITRE	DATE	CAPTEUR
NF EN 50104	Appareils électriques de détection et de mesure de l'oxygène - Règles de performance et méthodes d'essai	10/2010	O ₂
NF EN 45544- 1 à 4	Atmosphères des lieux de travail - Appareillage électrique utilisé pour la détection directe des vapeurs et gaz toxiques et le mesurage direct de leur concentration	03/2015	CO/H ₂ S
NF En 60079-29-1	Atmosphères explosives - Partie 29-1 : détecteurs de gaz - Exigences d'aptitude à la fonction des détecteurs de gaz inflammables	12/2016	EX

← **TABLEAU 1**
Références
normatives
relatives aux
performances
métrologiques
des capteurs
embarqués dans
les DSBC.
La dernière colonne
précise le type de
capteur des DSBC
concerné par la
norme en question.

l'évaluation des performances métrologiques et l'évaluation des caractères pratique et opérationnel.

Approche méthodologique

L'objet premier de cette étude était de se placer dans la position d'un acheteur qui, en toute autonomie, choisit d'acquérir un détecteur multigaz. Un exemplaire unique de chacun des sept modèles disponibles au lancement de l'étude en mars 2021 a été commandé sur un site de vente en ligne. L'offre de ce type de matériel variant au gré des vendeurs de ces sites, il est possible que certains des matériels testés ne soient plus disponibles, voire que de nouveaux soient apparus.

L'observation des éléments reçus (appareils, accessoires, notices) a été la première étape. Ensuite, un état des lieux des réponses de ces DSBC à un test de référence a été conduit afin de simuler une première utilisation sans précaution particulière. Ce test a été

reconduit au moins cinq fois au cours du déroulement des différents essais, afin de vérifier l'impact d'un essai sur la réponse ou le fonctionnement de chacun des appareils. Les performances des explosimètres ont été particulièrement investiguées pour vérifier leur sensibilité à différents composés inflammables. Des tests fonctionnels ont été menés : calibrage des capteurs, autonomie, robustesse (test de chutes), accessibilité et changement des composants. Pour certains essais ou évaluations qualitatives des DSBC, une comparaison à un détecteur quatre-gaz Dräger X-am 2500 a été établie. Cet appareil, qualifié de « détecteur de référence » dans la suite de l'étude, est représentatif des détecteurs de sécurité disponibles auprès des revendeurs spécialisés. Il répond aux normes métrologiques européennes (Cf. *Tableau 1*) et est conforme aux directives européennes sur les atmosphères explosives (Atex) et la compatibilité électromagnétique (CEM).





FIGURE 1 →
Chaque DSBC
est livré
en mallette avec
une notice,
une coiffe
de calibrage,
un chargeur
secteur et
un câble USB.

Présentation des matériels

Les sept appareils de l'étude ont été livrés dans une mallette de transport (Cf. Figure 1), avec des accessoires comme un chargeur secteur et un câble USB, une coiffe de calibrage et une notice au format papier. Seuls deux DSBC sont totalement identifiables (marque et modèle inscrits sur l'appareil). Aussi,



↑ FIGURE 2 Matériels disponibles à une date donnée sur un site de vente en ligne et évalués dans le cadre de l'étude.

les appareils seront dénommés DSBC et affectés de numéros entre 01 et 07. D'une masse de 200 à 250 g et d'un volume de 0,3 dm³, les DSBC (Cf. Figure 2) comportent tous une pince en face arrière, assurant un maintien suffisant pour équiper un opérateur. Aucune des notices n'est écrite en français mais en anglais, une des notices étant complètement rédigée en chinois : succinctes, elles permettent à un utilisateur initié de naviguer dans les menus de l'appareil et de paramétrer par exemple les seuils d'alarme. Les notices pour la partie vérification et calibrage (Cf. Encadré) sont très peu détaillées : il est alors possible, pour un utilisateur non avisé,

ENCADRÉ

LA VÉRIFICATION DES DÉTECTEURS ET LE CALIBRAGE

La vérification d'un détecteur de sécurité comporte deux étapes.

- La première est réalisée automatiquement par les appareils à chaque démarrage en vérifiant principalement que les capteurs renvoient un signal, que les alarmes sont fonctionnelles et, enfin, en indiquant le niveau de charge de la batterie.
- La seconde étape, nommée vérification ou test aux gaz (en anglais : *bump test*), permet de statuer sur les capacités métrologiques (niveau de réponse et temps de réponse) des capteurs embarqués dans le détecteur de sécurité. Les fabricants commercialisent des stations de test, qui permettent une automatisation de l'opération

de vérification aux gaz et une traçabilité par enregistrement du résultat du test dans la mémoire du détecteur testé. La fréquence de réalisation du test aux gaz pour les détecteurs de sécurité n'est pas définie réglementairement. Une vérification avant chaque utilisation permet d'assurer une détection efficace d'une atmosphère dangereuse. Cependant, ce *bump-test* avant chaque utilisation n'est pas toujours simple, d'un point de vue technique et organisationnel, par exemple pour des opérateurs itinérants et/ou pour des lieux d'intervention éloignés des locaux de l'entreprise. Un compromis doit être établi en fonction du modèle du détecteur et de ses performances, de l'environnement d'utilisation...

Mais il est important et indispensable qu'un détecteur ayant subi un stress important (chute ou choc violent, immersion partielle ou totale, détection d'une forte concentration de gaz) soit vérifié rapidement, pour s'assurer de son bon fonctionnement. Si la vérification aux gaz est non conforme aux exigences de l'utilisateur en matière de sensibilité et/ou de temps de réponse, un calibrage doit être effectué. L'opération de calibrage, qui peut être réalisée manuellement par un personnel formé ou *via* une station automatique, consiste à ajuster les réponses des capteurs aux valeurs des concentrations des gaz de la bouteille étalon. Cette action permet de corriger les dérives des sensibilités des capteurs.

CAPTEUR	TYPE	GAMME DE MESURES	RÉSOLUTION
O ₂	Électrochimique	0-30 % _v	0,1 % _v
CO	Électrochimique	0-1000 ppm _v	1 ppm _v
H ₂ S	Électrochimique	0-100 ppm _v	1 ppm _v
EX	Catalytique	0-100 % LEL	1 % LEL

← TABLEAU 2
Caractéristiques
des capteurs
embarqués
dans les DSBC.

d'affecter la sensibilité des capteurs et donc, de dégrader l'aptitude de l'appareil à détecter une atmosphère dangereuse.

Quatre des sept DSBC sont fournis avec des chargeurs secteur au format américain, un adaptateur, non fourni, est donc requis pour charger les détecteurs. Deux des chargeurs secteur apparaissent partiellement défectueux puisqu'ils ne permettent pas une charge complète, même après 72 heures. Deux des DSBC présentent la particularité d'un écran de veille qui s'active par défaut au bout d'une minute. Ces écrans de veille se désactivent automatiquement lors du déclenchement d'une des alarmes. Les niveaux des alarmes sonores et l'intensité des vibrations sont qualitativement d'une intensité faible au regard de ceux de l'appareil de référence. Le *Tableau 2* précise les gammes de mesures et les résolutions (plus petit incrément mesurable) associées pour chaque capteur.

Aucun des appareils ne précise quel gaz de référence (ou de calibrage) est utilisé pour l'explosimètre. Ce point est important, puisqu'il conditionne l'exactitude de la réponse de l'explosimètre. Les bonnes pratiques (*Cf. En savoir plus*) précisent qu'un explosimètre doit être calibré avec le gaz inflammable présent dans l'atmosphère de travail. En standard, les explosimètres sont calibrés avec le principal constituant du gaz de ville, à savoir le méthane.

Aucun appareil ne présente de certification Atex (Atmosphères explosives) : ils ne peuvent réglementairement pas être déployés en « zones identifiées Atex », puisque ne répondent pas à la directive n° 2014/34/UE. De même, aucune mention de conformité à la directive n° 2014/30/UE relative à la compatibilité électromagnétique (CEM) n'est précisée. On ne peut donc assurer que ces appareils ne viendront pas perturber, par exemple, des réseaux de communication, alors qu'un moyen de communication fait souvent partie de la dotation d'équipements d'un opérateur évoluant en espaces clos ou confinés. En matière d'étanchéité, tous les DSBC sont notés IP 65 (étanchéité totale à la poussière, protection contre les jets d'eau à la lance) et ne sont donc pas étanches en cas d'immersion accidentelle, comme cela peut se présenter lors d'activités dans des ouvrages d'assainissement. Par comparaison, le détecteur de référence est IP 66 ; autrement dit, il supporte une immersion jusqu'à trente minutes dans moins de 1 mètre d'eau.



← FIGURE 3
Montage type
utilisé pour le
test de référence
mais aussi pour
déterminer la
réponse des DSBC
à différents gaz
inflammables.
Le détendeur
délivre un débit
fixe de gaz de
0,5 dm³.min⁻¹
via une tubulure
en téflon d'environ
1 m de longueur
et de diamètre
intérieur = 4 mm.

GAZ	O ₂ % _v	CH ₄ % _v	CH ₄ % LIE	CO PPM _v	H ₂ S PPM _v
Concentration	18,0	2,50	50,0	50,0	15,0
Δ _{concentration}	0,4	0,05	1,0	2,5	1,5

↑ TABLEAU 3 Composition de la bouteille étalon utilisée pour le test de référence.
La concentration en méthane est exprimée en %_v dans la 2^e colonne et en % LIE dans la 3^e colonne, en considérant une LIE de 5 %_v. La dernière ligne précise les erreurs sur les concentrations, selon le certificat de la bouteille.

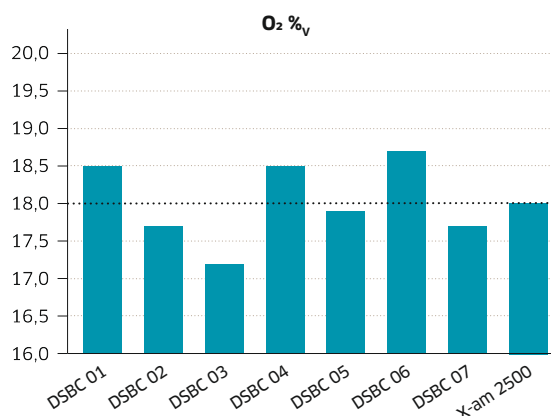
Évaluation en laboratoire des DSBC

Les essais présentés n'ont pas vocation à reproduire ceux des normes de performances métrologiques (*Cf. Tableau 1*) auxquelles répondent tous les détecteurs commercialisés sur le marché européen.

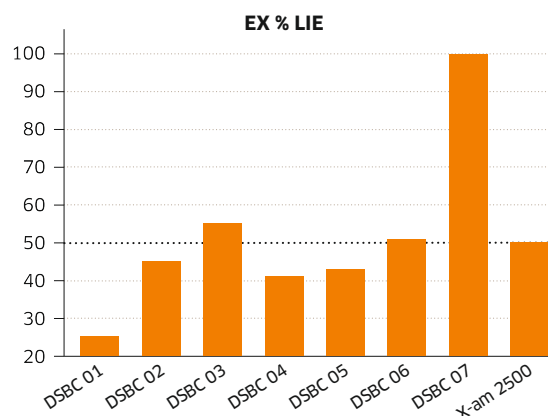
Test de référence

Le test de référence (*Cf. Figure 3*) consiste à laisser chacun des appareils en fonctionnement en air propre depuis au moins quinze minutes puis à les exposer à un mélange de quatre gaz connus, contenus dans une bouteille étalon (*Cf. Tableau 3*). Les réponses de chacun des capteurs sont relevées et consignées au bout d'une minute d'exposition.

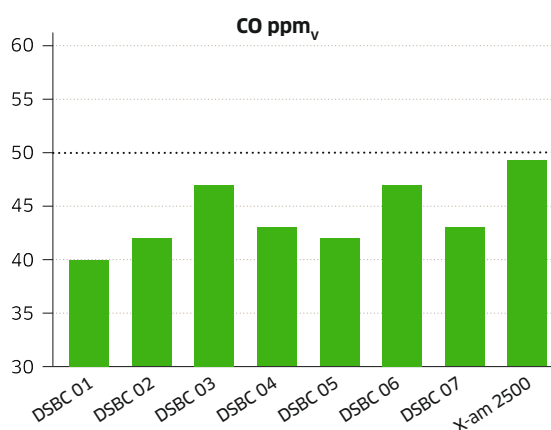




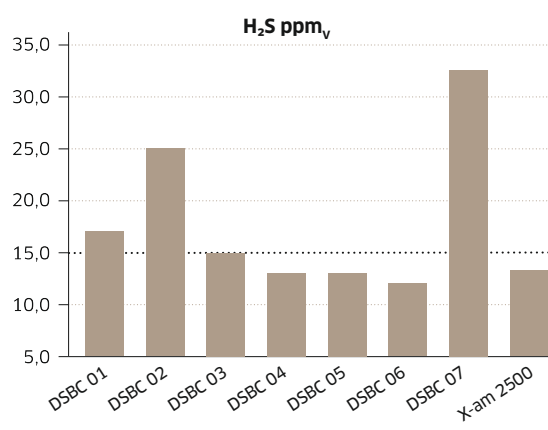
↑ FIGURE 4 Résultats du premier test de référence pour les cellules O₂ des DSBC. Pour chacun des quatre graphes, le trait en pointillés correspond à la concentration étalon.



↑ FIGURE 5 Résultats du premier test de référence pour les explosimètres.



↑ FIGURE 6 Résultats du premier test de référence pour les cellules CO.



↑ FIGURE 7 Résultats du premier test de référence pour les cellules H₂S.

Ce test est mené au premier démarrage des DSBC et ensuite de manière régulière, pour évaluer les dérives potentielles de sensibilité et s'assurer que les DSBC sont toujours opérationnels entre les différents essais. Les résultats du test de référence révèlent de manière générale que les DSBC réceptionnés présentent des réponses peu homogènes d'un DSBC à l'autre. Pour ce qui est de la détection d'oxygène (Cf. Figure 4), la capacité à avertir d'une déficience d'oxygène est réelle, même si les réponses varient de 17,2 %_v à 18,7 %_v. Pour la détection de monoxyde de carbone (Cf. Figure 6), les DSBC montrent une tendance à la minoration, mais là encore, la gamme des réponses, de 40 ppm_v à 47 ppm_v, n'est pas incompatible avec la fonction de détecteur de sécurité.

Cependant, les réponses des explosimètres (Cf. Figure 5) font apparaître que deux appareils posent problème : le DSBC 01 minore de 50 % et le DSBC 07 majore de 100 % la concentration étalon de méthane. De même, pour les réponses des capteurs H₂S (Cf. Figure 7), les DSBC 02 et 07 présentent des réponses fortement majorées à la concentration étalon. Si ce caractère peut sembler non problématique, dans la pratique, cela peut entraîner des déclenchements intempestifs de l'alarme.

En plus des sensibilités des capteurs au démarrage, le test de référence a permis d'estimer le temps de retour à zéro des DSBC après la fin de l'exposition au gaz. Ce temps de retour à des valeurs en air propre est en moyenne inférieur à trente secondes pour les cellules O₂, CO et H₂S, mais est de plusieurs minutes pour les explosimètres.

Test d'exposition à des gaz inflammables

Les performances des explosimètres sont évaluées selon un montage et un protocole identiques à ceux du test de référence. Le Tableau 4 détaille les concentrations des bouteilles de gaz étalon mises en œuvre et auxquelles sont exposés les DSBC.

Des expositions au dihydrogène (H₂) et à des vapeurs d'éthanol (CH₃CH₂OH) ont été réalisées dans une enceinte de génération en acier inoxydable (Cf. Figure 8).

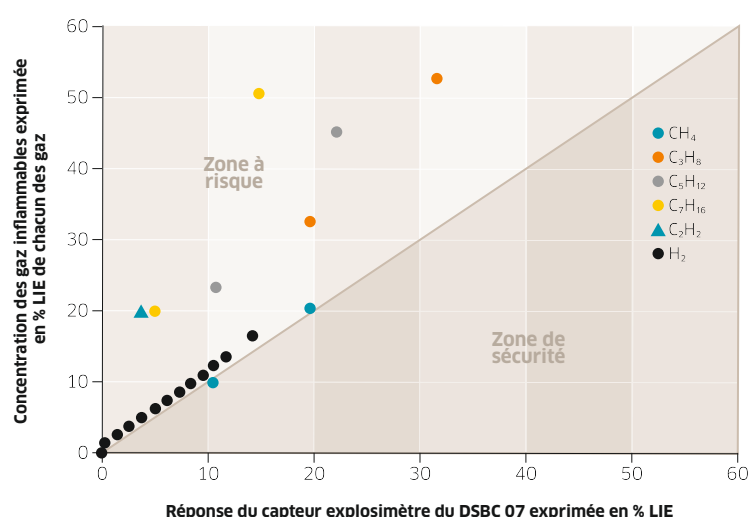
Comme le capteur de composés inflammables du DSBC 07 est saturé dès le premier test de référence, il a été acté la nécessité de le calibrer au méthane (50 % LIE) pour cette série d'essais. La Figure 9 résume les réponses du DSBC 07. La zone bleutée, en dessous de la droite identité qui correspond à la réponse du gaz de référence de l'explosimètre, soit le méthane

GAZ	FORMULE	LIE (% _v)	CONCENTRATION % LIE	Δ %LIE
Méthane	CH ₄	2,5	10,0	0,2
			20,1	0,4
			49,9	1,0
Propane	C ₃ H ₈	2,1	32,5	0,6
			52,4	1,0
Pentane	C ₅ H ₁₂	1,5	23,2	0,5
			44,9	0,9
Heptane	C ₇ H ₁₆	1,1	20,0	0,4
			50,2	1,0
Acétylène	C ₂ H ₂	2,5	19,9	0,4

← TABLEAU 4
Détail des gaz étalon utilisés pour la caractérisation des explosimètres. La dernière colonne précise l'erreur sur la concentration.



↑ FIGURE 8 Enceinte de génération de 42,5 dm³ utilisée pour les essais d'expositions au dihydrogène et à l'éthanol. Le volume d'essai est étanche. Des hublots permettent de visualiser les appareils posés sur le fond de la cuve. Un ventilateur de brassage assure l'homogénéisation de l'atmosphère. Deux septa permettent d'introduire via des seringues soit un composé gazeux (hydrogène H₂), soit un composé liquide (éthanol CH₃-CH₂-OH), qui va s'évaporer.



↑ FIGURE 9 Réponses du DSBC 07 lors des différentes expositions à des gaz inflammables. L'explosimètre de ce détecteur a été préalablement calibré au méthane, à une concentration équivalente à 50 % LIE. En abscisse, la réponse de l'appareil testé et en ordonnée, les concentrations des gaz inflammables exprimées en % LIE. La zone plus foncée représente la zone de sécurité, i.e. la zone dans laquelle le capteur majore la concentration réelle des composés inflammables. Au dessus de la « droite identité » figure la zone à risque, dans laquelle l'explosimètre minore le risque d'inflammation de l'atmosphère.

pour cette étude, est qualifiée de zone de sécurité : dans cette zone, la réponse de l'explosimètre majore le risque réel. Dans la zone au-dessus de la droite identité se trouve la zone à risque dans laquelle le capteur catalytique minore le risque réel d'inflammation de l'atmosphère ambiante. Ainsi, pour une concentration en heptane de 50 % LIE, la réponse du DSBC 07 affichée sur l'écran est de seulement 16 % LIE, soit une sous-estimation d'un facteur trois du risque d'inflammation. Ce comportement est bien typique d'un capteur catalytique calibré au méthane (Cf. *En savoir plus*).

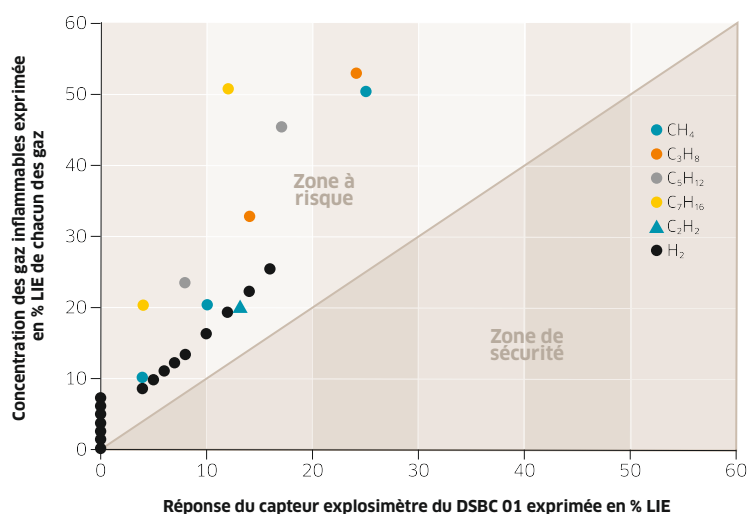
Pour l'hydrogène et le méthane, la réponse du capteur est comparable à celle de l'appareil de référence. En résumé, le calibrage préalable du DSBC 07 en fait un appareil dont les aptitudes à déceler un risque d'inflammation de l'atmosphère sont comparables à celle de l'appareil de référence. Les autres DSBC présentent des résultats de même nature, sauf pour

le DSBC 01, dont les réponses sont résumées sur la Figure 10.

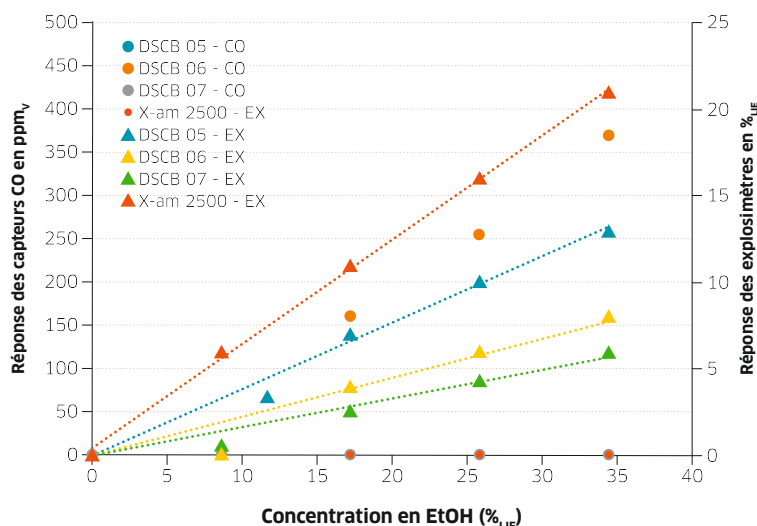
Le DSBC 01 tend à minorer le risque d'inflammation, y compris lors de l'exposition à du méthane. De plus, il offre une médiocre sensibilité au dihydrogène : sa réponse demeure nulle jusqu'à des concentrations en H₂ inférieures à 9 % LIE.

Les réponses de trois DSBC à des expositions d'éthanol, dont la LIE est de 3 %_v, sont présentées sur la Figure 11. Les trois explosimètres présentent des sensibilités différentes avec une sous-estimation importante du risque d'inflammation. Pour une concentration en éthanol de 34 % LIE, soit 10 300 ppm_v, les trois DSBC testés indiquent une réponse comprise entre 6 et 13 % LIE alors que le détecteur de sécurité de référence, conforme aux standards européens et placé dans l'enceinte lors de l'essai, indique 21 % LIE du CH₄.





↑ FIGURE 10 Synthèse des réponses du DSBC 01 lors de l'exposition à plusieurs gaz inflammables.



↑ FIGURE 11 Réponse de trois DSBC lors de l'exposition à des vapeurs d'éthanol, dont la limite inférieure d'explosivité est de 3 %. L'échelle de gauche est propre aux réponses des capteurs CO et celle de droite, aux réponses des explosimètres.

De plus, l'éthanol est un interférent positif des capteurs électrochimiques de monoxyde de carbone. Les capteurs sont pourvus d'un matériau adsorbant en entrée de cellule pour épurer les vapeurs d'éthanol. Dès que cet épurateur est saturé, le capteur devient très sensible à l'éthanol, mais aussi à d'autres composés, tel le sulfure d'hydrogène. Lors de cet essai, on peut noter que les capteurs CO des DSBC 05 et 07 (ainsi que celui du détecteur de référence) ne sont pas influencés par les vapeurs d'éthanol, alors que celui du DSBC 06 indique rapidement une réponse positive, signe que la qualité ou la quantité d'épurant de son capteur sont moindres que celles des deux autres. Ce point peut devenir problématique en période de pandémie, pendant laquelle le recours à du gel ou des solutions hydroalcooliques est fréquent et peut donc conduire à de fausses alarmes en CO. On peut préciser

que le nettoyage de ces appareils avec un chiffon doux légèrement humidifié est préconisé. Enfin, les essais sur les composés inflammables ont mis en évidence que le DSBC 06 est insensible à une concentration de 19,9 % LIE d'acétylène.

Autonomie

Les appareils ont été soumis à un test d'autonomie. Une charge complète est réalisée avec les chargeurs secteur d'origine. Après une charge de quarante heures, les appareils sont mis en route en air propre et les capacités des batteries relevées toutes les heures environ (Cf. Tableau 5).

Le DSBC 01, n'étant pas chargé complètement, du fait d'un chargeur secteur défectueux, cesse de fonctionner quelques minutes avant les huit heures de fonctionnement. L'utilisation d'un chargeur de rechange permet de pallier ce point et l'autonomie de l'appareil est alors supérieure à dix heures. Cependant, cet appareil s'est éteint seulement une minute après le déclenchement de l'alarme batterie faible, ce qui laisse en pratique peu de temps à un opérateur pour quitter une zone potentiellement dangereuse et approvisionner un nouveau détecteur pour poursuivre sa tâche. Le DSBC 07 présente la capacité résiduelle de batterie la plus faible à l'issue de l'essai. Cet appareil possédant un affichage en couleurs est pourvu d'une option de mise en veille de l'écran, option désactivable et désactivée pour ce test. Les performances des autres DSBC sont satisfaisantes du point de vue de l'autonomie.

Test de chutes

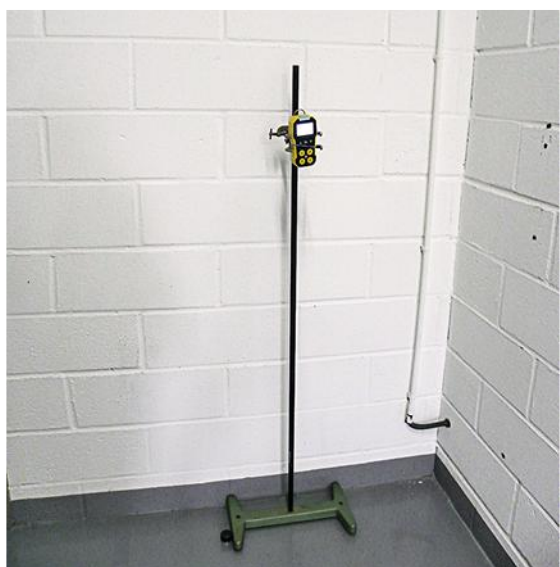
Un essai de chutes a été conduit pour évaluer la robustesse des DSBC, car lors de travaux en espaces restreints, il arrive fréquemment que ces détecteurs, portés au niveau du torse, se décrochent et chutent sur le sol. Il est important de vérifier que le DSBC est toujours opérationnel après un tel événement. Les normes métrologiques européennes prévoient un test de ce type.

Chaque DSBC est positionné et fixé par un ruban caoutchouc sur un support à 135 ± 5 cm d'un sol en béton (Cf. Figure 12). L'opération simule la chute d'un détecteur porté au niveau de la poitrine par un opérateur. Le ruban caoutchouc est coupé instantanément à l'aide d'une paire de ciseaux. Les niveaux affichés par les DSBC (en l'absence de tout polluant), puis dans l'atmosphère du test de référence, sont relevés. L'essai est réitéré trois fois par appareil.

Globalement, les détecteurs ont physiquement bien résisté à ce test, bien que trois des explosimètres aient présenté des réponses positives non justifiées comme cela est précisé au Tableau 7. Les appareils subissent un test de référence à l'issue des trois chutes : les réponses des explosimètres et celle du capteur CO du DSBC 06 sont impactées par les chutes et précisées au Tableau 7.

TPS (HH:MM)	DSBC 01	DSBC 04	DSBC 05	DSBC 02			DSBC 03			DSBC 06			DSBC 07		
00:00	60	100	94												
01:00	51	100	89												
02:00	42	97	83												
03:15	35	88	75												
04:15	30	81	70												
05:15	25	75	65												
06:15	16	66	58												
07:20	4	53	50												
08:00	Éteint	46	44												
08:40	Éteint	41	40												

↑ **TABLEAU 5 Autonomie des appareils en air propre.** Les résultats sont donnés sous la forme d'un pourcentage ou d'un bargraphe de 3 à 5 cases selon les appareils. À noter : pour quatre DSBC, l'état de la batterie n'est pas visible sur l'affichage principal, mais sur un écran secondaire. L'opérateur ignore l'état de charge de la batterie à la mise en route du détecteur, s'il ne connaît pas la procédure pour accéder à cette information. Sur le détecteur de référence, dont l'autonomie mesurée est supérieure à quinze heures, cette information capitale est visible à tout instant, sans intervention de l'opérateur.



↑ **FIGURE 12 Banc de test de chutes des détecteurs.** Les appareils sont placés à 135 ± 5 cm du sol. Le ruban caoutchouc qui les maintient sur le support est coupé instantanément par une paire de ciseaux. La chute est reproduite trois fois.

Composants internes des DSBC

Afin d'évaluer les possibilités de maintenance des appareils, un démontage complet de chacun d'eux est réalisé. Les DSBC présentent deux types de configuration intérieure illustrées en Figure 13 et Figure 14.

Une seule des batteries possède un marquage reprenant ses caractéristiques. Les fils d'alimentation sont reliés à la carte principale via un connecteur ou directement soudés. Les batteries sont dans un logement spécifique ou directement collées sur le fond de la coque, ou simplement coincées entre la carte et le boîtier avec un bloc de mousse. Les capteurs électrochimiques sont brochés sur la carte, autrement dit, ils sont facilement remplaçables. Les références des cellules électrochimiques sont

1 ^{RE} CHUTE	2 ^E CHUTE	3 ^E CHUTE
• L'alarme de l'explosimètre du DSBC 06 se déclenche et affiche une valeur stable de 10 % LIE. • L'explosimètre du DSBC 07 affiche quant à lui une valeur stable de 2,1 % LIE.	• L'explosimètre du DSBC 04 affiche une valeur stable de 9 % LIE. • Les explosimètres des DSBC 06 et 07 affichent une réponse de 0 % LIE.	• Le cache de la diode lumineuse de l'alarme visuelle du DSBC 03 se désolidarise de la coque. • L'explosimètre du DSBC 04 reste à 9 % LIE. • L'explosimètre du DSBC 07 affiche 3,2 % LIE.

↑ **TABLEAU 6 Effets des chutes sur l'intégrité et les performances des DSBC.**

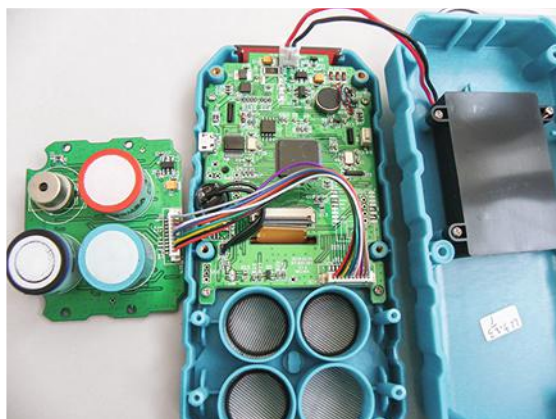
	AVANT	APRÈS	VAR (%)
DSBC 01-EX	49	23	- 53 %
DSBC 02-EX	47	55	17 %
DSBC 03-EX	55	48	- 13 %
DSBC 04-EX	49	57	16 %
DSBC 05-EX	39	30	- 23 %
DSBC 06-EX	48	44	- 8 %
DSBC 07-EX	45	50	11 %
DSBC 06 - CO	50	38	- 24 %

↑ **TABLEAU 7 Effet des chutes sur les réponses (exprimées en % LIE) des explosimètres de tous les DSBC et sur celle du capteur CO (exprimée en ppm_v) du DSBC 06.** Les valeurs de la 2^e colonne sont celles relevées lors d'un test de référence avant les chutes et celles de la 3^e colonne, celles relevées lors d'un test de référence après les chutes. La dernière colonne illustre la variation des réponses imputables aux chutes. Ce tableau illustre bien que toute chute d'un appareil impose de vérifier ce dernier. Il apparaît que, a minima, les DSBC 01, 02, 05 et 06 devraient faire l'objet d'un calibrage avant toute nouvelle utilisation. À titre d'information, l'appareil de référence a subi le même test avec succès : absence de dégât et aucune influence sur la réponse lors d'un test de référence, à l'issue des trois chutes.

lisiblement imprimées. Tous les capteurs catalytiques sont soudés sur les cartes électroniques : il est donc impossible de les changer sans faire appel à un technicien confirmé possédant le matériel nécessaire.

À noter : tous les explosimètres sont de même modèle, excepté celui du DSBC 06 qui, rappelons-le,





↑ FIGURE 13 Configuration où les capteurs sont sur une carte électronique secondaire connectée à la carte principale via un connecteur électrique.
À noter, un logement spécifique pour la batterie.



↑ FIGURE 14 Configuration où les capteurs sont positionnés directement au niveau de la carte principale. Les capteurs bleu (H₂S), rouge (CO) et noir (O₂) sont facilement retirables, le capteur catalytique (ovale doré) est soudé sur la carte.
À noter que l'accès à la batterie est difficile, car il nécessite de démonter la carte supportant l'écran d'affichage.

POINTS POSITIFS	POINTS NÉGATIFS
• Bas coût. • Disponibilité rapide.	• Maintenance et/ou réparation quasi impossibles : absence d'un réseau de distribution dédié ; identification des appareils et de leurs composants incomplète ; composants soudés...
• Performances métrologiques, après calibrage, conformes aux attentes d'un détecteur de sécurité.	• Documentations succinctes, au mieux disponibles en anglais.
• Portabilité avérée et robustesse acceptable.	• Aucune certification ni homologation européennes. • Étanchéité médiocre. • Aucune mention de gaz de calibrage des explosimètres et ainsi, sous-estimation potentielle des risques incendie / explosion.
• Réglages et calibrages réalisables sans interface informatique.	• Performances métrologiques à réception insuffisantes pour certains modèles : calibrage à réception alors nécessaire.
	• Pas de traçabilité des vérifications et calibrages dans la mémoire de l'appareil.
	• Calibrage des quatre capteurs simultanément impossible, même avec une bouteille étalon contenant les quatre gaz : procédure de calibrage peu explicite et chronophage ; absence de stations de vérification et de calibrage automatique.

↑ TABLEAU 8 Synthèse des principaux points positifs et négatifs des DSBC évalués.

était le seul à ne pas être sensible à l'acétylène à 20 % LIE.

Synthèse

Cette étude a porté sur une évaluation succincte de sept nouveaux détecteurs de gaz de sécurité accessibles *via* des sites de commerce en ligne, dont les enseignements sont décrits dans le *Tableau 8*. Même si les performances métrologiques, après calibrage, sont satisfaisantes pour des détecteurs de sécurité, la synthèse des aspects positifs et négatifs alerte

sur le caractère opportun ou non d'acquérir en ligne un détecteur de sécurité à bas coût (DSBC). Rappelons que le principe de cette étude était de se positionner comme un acquéreur non averti et sans compétence particulière en métrologie ; et de définir si les performances de ces DSBC étaient compatibles avec leur fonction de système d'alarme, opérationnel et efficace. Or, l'essai des réponses à réception a notamment montré que plusieurs DSBC pourraient être sources de déclenchements intempestifs d'alarmes voire de sous-estimation du risque, et qu'ils nécessitent alors un calibrage avant toute mise en situation opérationnelle.

L'absence à ce jour d'un réseau de distribution ne permet pas à un acheteur d'être conseillé sur l'importance et le choix de ce type de matériel de sécurité, et sur la nécessité de les vérifier périodiquement à l'aide d'une bouteille de gaz étalon. Enfin, la maintenance préventive et curative de ces matériels sera complexe à mettre en place. ●

POUR EN SAVOIR +

• *Détecteurs portables de gaz et de vapeur – Guide de bonnes pratiques pour le choix, l'utilisation et la vérification.* INRS, ED 6088, 2022.

• *Les explosimètres.* INRS, ED 116, 2014.

Accessibles sur : www.inrs.fr (pages « Publications et outils »).