

Comportement de détecteurs de gaz dangereux en situation accidentelle et post-accidentelle

Antoinette Accorsi, Didier Gaston

▶ **To cite this version:**

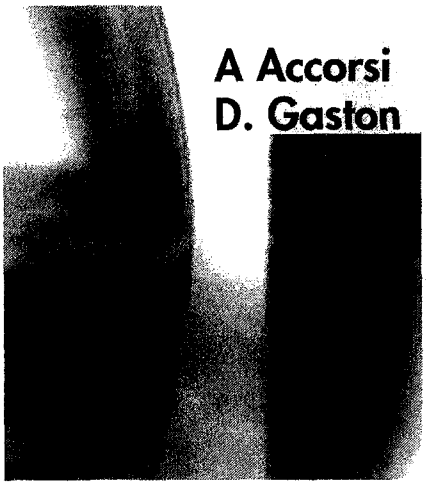
Antoinette Accorsi, Didier Gaston. Comportement de détecteurs de gaz dangereux en situation accidentelle et post-accidentelle. Mesucora 96, Dec 1996, Paris, France. pp.29-40. ineris-00971991

HAL Id: ineris-00971991
https://ineris.hal.science/ineris-00971991

Submitted on 3 Apr 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



A Accorsi
D. Gaston

INERIS - Parc Technologique ALATA - BP N°2
60550 Verneuil-en-Halatte
Tél. 03 44 55 66 77 - Fax 03 44 55 66 99

Comportement de détecteurs de gaz dangereux en situation accidentelle et post-accidentelle

RÉSUMÉ

Les capteurs de gaz explosifs ou toxiques sont sensibles à l'environnement dans lequel ils sont placés. La normalisation actuelle en tient compte, mais ne permet pas de prévoir leur comportement dans des conditions anormales, telles que température élevée, fortes pressions, fumées, gaz interférents, forts empoussièrements. Or, dans le cas de la prévention des risques ou du suivi de l'évolution d'une situation accidentelle, les capteurs de gaz sont une source d'informations fondamentalement importantes.

A partir de l'étude d'un site pilote présentant des risques technologiques majeurs : incendies, explosions, émissions de produits dans l'air, des tests réalistes de robustesse des capteurs pour différents types d'agression ont été réalisés ; ces tests simulent des situations accidentelles que l'on peut rencontrer dans l'industrie.

Nous décrivons ici les tests réalisés, présentons leurs résultats et les recommandations qui en découlent, en particulier vis-à-vis de l'étalonnage des détecteurs.

I - INTRODUCTION

L'étude de sûreté des capteurs et des systèmes d'information pour la prévention et le management des risques s'inscrivait dans le cadre plus vaste du projet EUREKA EU904 "MEMbrain- plateforme d'intégration d'aide à la décision dans la gestion des crises majeures".

Le projet MEMbrain visait à permettre la surveillance, le contrôle, la gestion, et les traitements, au cours d'une crise, de tous les évènements et mesures relatifs à des accidents d'origine naturelle ou industrielle.

Dans cette gestion d'une crise, la sûreté des informations fournies par les capteurs est primordiale, la prise en compte d'une valeur erronée pouvant entraîner des décisions inadaptées.

L'objet de notre étude visait donc à connaître le niveau de fiabilité des données fournies par les détecteurs de gaz explosibles ou toxiques répartis sur un site industriel.

Compte tenu de l'ampleur du sujet, nous n'avons étudié qu'un petit nombre de scénarios sur un seul site. Nous présentons ici la démarche qui pourrait être appliquée sur tout site à risque, et les recommandations qui découlent des résultats des essais, recommandations visant à aider au choix des détecteurs, à leur maintenance, à leur vérification après incident ou accident.

II - LA DÉMARCHE ADOPTÉE

La démarche adoptée est schématisée ci-après:
Le site pilote pris en considération en collaboration avec la DRIRE locale est un site pétrochimique présentant des risques technologiques majeurs (incendies, explosions, émissions de produits nocifs dans l'air).

Les documents de base ont été fournis par la socié-

Mesucora'96, Paris, 3 décembre 1996, p. 29-40

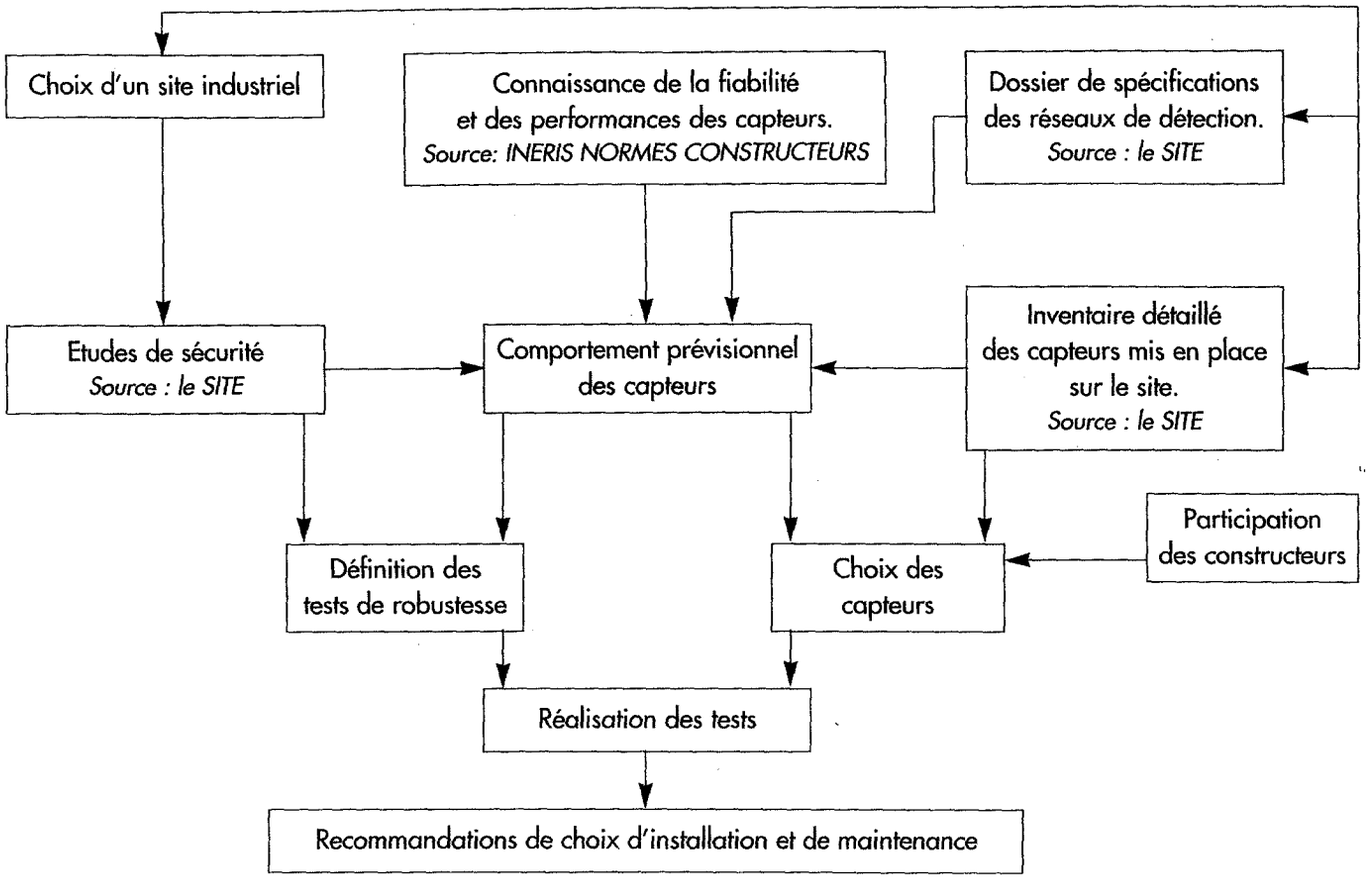


Figure 1 : La démarche de l'étude

té : études de sécurité, dossier de spécification des réseaux de détection, inventaire détaillé des capteurs mis en place sur le site.

A partir de ces documents donnant les performances des capteurs, nous avons évalué le comportement prévisionnel de ceux-ci lorsqu'ils sont "agressés", puis défini des tests de robustesse.

Le choix des capteurs a été fait en tenant compte de la représentativité des appareils, de leur comportement prévisionnel et de la collaboration des fournisseurs de détecteurs de gaz.

Les tests de robustesse réalisés restent à des niveaux réalistes simulant des situations accidentelles et les agressions qu'elles entraînent.

III - LES CAPTEURS

Les systèmes de détection, hors la détection incendie, utilisés sur ces sites sont de plusieurs types :

- explosimètres catalytiques,
- explosimètres optiques,
- appareils à barrières infrarouges,
- détecteurs H_2S à semi-conducteur,
- détecteurs à photo-ionisation,
- détecteurs électrochimiques.

Nous avons effectué un choix en cherchant :

- à retenir les systèmes les plus représentatifs sur les sites étudiés et également, compte tenu de notre expérience, sur des sites similaires en France,
- à travailler sur des séries complètes et suivies garantissant la présence sur le marché de ces produits dans les années à venir,
- à prendre en compte l'intérêt des constructeurs ou des distributeurs à collaborer à ces travaux.

Trois technologies différentes ont été retenues:

- explosimètres catalytiques,
- détecteurs H_2S à semi-conducteur,
- détecteurs H_2S et CO électrochimiques.

En annexe est donné un descriptif du principe de fonctionnement de chacune de ces technologies.

IV. - LES AGRESSIONS

Pour ces travaux, il nous a semblé fondamental de retenir les situations accidentelles les plus réalistes possibles. C'est pourquoi nous les avons définies en prenant comme données de base des éléments extraits des études de sécurité réalisées dans le cadre de la demande d'autorisation d'exploiter de ces sites industriels. Ces documents nous permettent d'évaluer les effets des scénarios accidentels susceptibles d'affecter la sécurité des personnes ou de dégrader les biens ou l'environnement. Le tableau ci-après donne la liste des scénarios retenus et des effets correspondants.

Des compléments d'étude ont permis d'appliquer ces résultats aux capteurs. Ces compléments ont été déterminés après l'inventaire détaillé des capteurs mis en place sur le site et en tenant compte du comportement prévisionnel de ces capteurs lorsqu'ils sont « agressés». Par exemple, les seuils retenus dans le cadre des études de danger pour les effets induits par les ondes de pression sont faibles (quelques dizaines de millibars) alors qu'il est plus intéressant d'étudier des seuils de plusieurs centaines de millibars pour les effets sur les capteurs, ceux-ci résistant mieux aux ondes de pression que les individus. A l'inverse, les seuils à rechercher pour les effets des flux thermiques sont plus faibles. Ces effets étant liés au produit de l'intensité d'exposition par le temps d'exposition, les capteurs peuvent être exposés pendant la durée totale de l'incendie, alors que les individus peuvent rapidement s'éloigner.

Les contraintes extraites de cette analyse peuvent se résumer ainsi :

- Les flux thermiques générés par des explosions (par exemple BLEVE, UVCE) ont des durées trop faibles (quelques secondes) pour affecter les capteurs. Par contre, les feux de réservoir dont la durée est de plusieurs minutes, voire plusieurs heures, peuvent libérer des flux suffisants pour échauffer des capteurs situés sur des unités voisines, au-delà des limites de résistance,
- Les feux de réservoirs sont également générateurs d'imbrûlés qui peuvent retomber à proximité et donc venir colmater les têtes des capteurs. Les calculs réalisés montrent que très peu de particules retombent. Ces effets,

Installation	Scénarios	Effets principaux retenus	Repères de seuils/études de sécurité (effets pour l'homme)
Stockage	feu de nappe	thermique toxique	5 kW/m² : début létalité IDLH
	BLEVE	thermique projection d'éclats	dépend de la durée
	UVCE	explosion	50 mbars : début létalité
	émission	explosion toxique	50 mbars IDLH
Canalisation	UVCE	explosion	50 mbars
	émission	explosion toxique	50 mbars IDLH
Réacteur	UVCE	explosion	50 mbars
	explosion thermique	- toxique - thermique - explosion	IDLH dépend de la durée 50 mbars

IDLH (Immediatly Dangerous for Life or Health): concentration maximale dans l'air jusqu'à laquelle une personne exposée pendant au plus 30 minutes peut fuir sans risque d'effets irréversibles pour la santé.
BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) : vaporisation rapide d'un liquide surchauffé libéré suite à la rupture d'un réservoir.
UVCE (Unconfined Vapor Cloud Explosion) : déflagration d'une nappe de gaz dérivant à l'air libre.

Tableau I : Agressions potentielles sur un site pétrochimique

cumulés à ceux d'une pollution chronique liée aux résidus issus des cheminées, ne peuvent tout de même pas être écartés.

- Les ondes de pression induites par les explosions suite à des pertes de confinement principalement sur les réservoirs peuvent atteindre plusieurs centaines de millibars à plus de 100 mètres du point d'inflammation créant ainsi des dégâts sur les unités voisines les plus proches et perturbant les détecteurs installés,
- Les données fournies sur les risques de projection d'éclats sont insuffisantes pour évaluer les effets produits par une telle agression, nous n'avons donc pas pris en compte les risques présentés par les projections d'éclats,
- Les produits toxiques principalement utilisés ou générés sur ces sites, hors fumées d'incendie, sont le benzène et l'hydrogène sulfuré. Les scénarios accidentels majorants peuvent induire des concentrations d'environ 200 ppm de benzène ou 50 ppm d'hydrogène sulfuré à plusieurs centaines de mètres du point d'émission.

NOTA : Ces contraintes traduisent les effets induits par un accident sur les capteurs situés sur les unités avoisinantes, en excluant les capteurs situés sur l'unité accidentée. Ces derniers sont soumis à des contraintes nettement plus sévères, contraintes que nous n'avons pas retenues dans le cadre de cette étude.

V - LES DYSFONCTIONNEMENTS

Les détecteurs de gaz, faits pour donner une alarme, peuvent avoir trois types de dysfonctionnement :

- ils donnent une alarme gaz alors qu'ils ne devraient pas en donner, soit parce qu'il n'y a pas de gaz, soit parce que la teneur volumique en gaz est inférieure à la valeur d'alarme. Il s'agit ici d'alarme intempestive. Cette alarme peut être de courte durée, ou définitive. Dans le premier cas elle peut générer une alarme verrouillable et donc gêner excessivement l'utilisateur (cas le plus habituel des explosimètres),
- ils ne donnent pas d'alarme gaz alors qu'ils devraient en donner, ayant perdu tout ou partie de leur sensibilité,
- enfin ils donnent une alarme de défaut, correspondant à une coupure du capteur, une dérive trop importante du zéro ...

Le tableau ci-dessous résume les types de dysfonctionnement retenus.

Alarme intempestive	Pas d'alarme	Alarme défaut
dérive du zéro (+)	dérive du zéro (-)	coupure capteur
augmentation sensibilité	diminution sensibilité	dérive trop importante du zéro (-)
parasitage	empoisonnement	problème de liaisons (câbles)
interférent		problème électronique
aveuglement(*)	interférent	

(*) pour les capteurs optiques

Tableau 2 : Types de dysfonctionnement

VI - LES COMPORTEMENTS

Les agressions retenues et leurs seuils respectifs sont les suivants:

- flux thermique de puissance 12 kW/m^2 pendant 25 min (5 kW/m^2 = début de la létalité pour l'homme), illustrant l'incendie d'une nappe de produit combustible,
- fumées froides, d'incendie de fuel, génératrices de produits nocifs et d'imbrûlés pouvant colmater les capteurs,
- onde de choc de 200 mbars à 400 mbars, créée par 140 g d'explosif, simulant une explosion,
- flux thermique et champ de surpression créés par l'explosion puis l'incendie d'un nuage de méthane, les capteurs se trouvant dans le nuage enflammé,
- pollution de l'air par 200 ppm de benzène et 100 ppm d'hydrogène sulfuré.

Les essais ont été réalisés dans des installations "en grand" (galerie incendie, Carrière de Montlaville) ou en laboratoire.

Lors de ces essais, les conditions opératoires sont

plus sévères que celles imposées dans les normes traitant des conditions environnementales – lorsqu'elles existent – ou que les spécifications choisies par les fabricants. Ces conditions restent, cependant, à des niveaux "réalistes" simulant des situations accidentelles que l'on peut rencontrer dans l'industrie.

VI.1 - Choix des environnements reconstitués

FLUX THERMIQUE

Les flux thermiques générés par les scénarios d'accidents vont entraîner une augmentation de la température des capteurs. Par ailleurs, un capteur exposé au soleil peut être porté aux environs de 50°C ce qui correspond soit à des températures proches des températures limites préconisées dans les normes, soit aux spécifications des constructeurs.

Le calcul théorique de l'élévation de température d'un détecteur en fonction du flux reçu a conduit à retenir deux types d'essais :

Essais d'exposition à un flux radiant

L'essai a consisté à exposer les détecteurs, à l'aide de panneaux radiants, à un flux de puissance 12 kW/m^2, pendant 25 minutes, ce qui correspond à 18 000 kJ/m^2. On est ainsi sûr que tous les détecteurs auront dépassé leur limite de fonctionnement.

Essais en enceinte climatique

Dans ces essais nous considérons que l'appareil se trouve dans un environnement assez proche d'un incendie, et donc que l'air ambiant s'est réchauffé, pour atteindre une température de 70°C ou de 120°C. La durée d'exposition à chacune de ces températures est d'environ 2 heures.

FUMÉES FROIDES PRODUITES PAR UN INCENDIE :

Pour simuler les fumées froides nous avons choisi un empoussièrement, lié à un incendie réel, de 3,5 g/m^3. Ce niveau d'empoussièrement provoque des alarmes gaz sur certains détecteurs optiques.

ONDE DE CHOC :

Dans ces essais, nous avons recherché à étudier, dans des conditions plus sévères, l'effet isolé d'une onde de pression. Nous avons donc fait subir aux détecteurs de gaz des essais d'onde de choc "franches" produites à l'air libre par la détonation d'une charge d'explosif de façon à engendrer des surpressions de 200 à 400 mbars au droit des capteurs.

FLUX THERMIQUE + CHAMPS DE SURPRESSION :

Dans le cadre du projet européen EMERGE, l'INERIS a effectué des essais à l'air libre consistant à enflammer dans différentes conditions une atmosphère explosive (méthane et air), afin d'étudier les champs de vitesse de flamme et les surpressions, et d'en déduire une modélisation des effets de pression générés par la propagation d'une flamme dans un nuage non uniforme de gaz inflammable. Dans ces essais, l'onde de pression est de l'ordre de 50 mbars et les capteurs sont exposés pendant plusieurs secondes dans la flamme, donc à des températures pouvant atteindre 800°C.

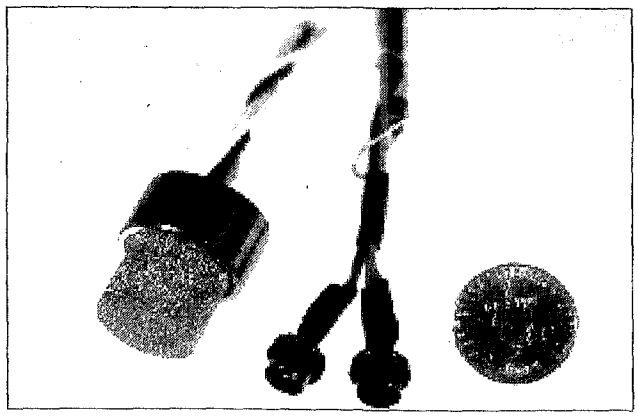
POLLUTION DE L'AIR PAR DE L'HYDROGÈNE SULFURÉ OU DU BENZÈNE :

Il s'agit d'injecter sur un capteur une concentration de gaz ou vapeur dit interférent et de mesurer la variation du signal.

Ceci peut se faire soit en injectant un mélange air - interférent, soit en injectant un mélange air-gaz-interférent.

Le premier type d'essai permet de se rendre compte d'une possibilité de fausse alarme, le second d'un défaut d'alarme, donc d'une dérive de la teneur d'alarme.

Le benzène a été étudié pour voir s'il créait une fausse alarme car étant un composé hydrocarboné contenant seulement H et C, il doit se comporter d'une façon additive avec les gaz combustibles. Nous avons donc choisi une concentration approximative de benzène de 200 ppm dans l'air



Perle catalytique et fritté de protection

PRÉSENCE DE FUMÉES FROIDES D'INCENDIE

Types de capteur	Explosimètre catalytique	Détecteur toxique (H_2S) à semi-conducteur	Détecteur toxique (H_2S et CO) électrochimique
Fausse alarme gaz	–	–	–
Manque d'alarme gaz (ou dérive négative de l'alarme)	• diffusion plus lente du gaz à travers filtre ou fritté.	• diffusion plus lente du gaz à travers filtre ou fritté.	• diffusion plus lente du gaz à travers filtre ou fritté.
Alarme défaut	–	–	–
Défauts non indiqués	• filtre ou fritté entièrement colmaté • rapports de sensibilité entre différents gaz changés • sensibilité devenue nulle pour certains gaz • temps de réponse augmenté	• filtre ou fritté entièrement colmaté • rapports de sensibilité entre différents gaz changés • sensibilité devenue nulle pour certains gaz • temps de réponse augmenté	• filtre ou fritté entièrement colmaté • rapports de sensibilité entre différents gaz changés • sensibilité devenue nulle pour certains gaz • temps de réponse augmenté

Tableau 4 : Influence de la présence de fumées froides d'incendie

ONDE DE CHOC

Types de capteur	Explosimètre catalytique	Détecteur toxique (H_2S) à semi-conducteur	Détecteur toxique (H_2S et CO) électrochimique
Fausse alarme	- phase de surpression de l'onde de choc : déclenchement en-dessous du seuil fixé	- phase de surpression de l'onde de choc : déclenchement en-dessous du seuil fixé - dérive du zéro	- gradient positif de pression : déclenchement bien en-dessous du seuil fixé
Manque d'alarme	- phase de dépression de l'onde de choc : déclenchement au-dessus du seuil fixé	- phase de dépression de l'onde de choc : déclenchement au-dessus du seuil fixé	- gradient négatif de pression : déclenchement bien au-dessus du seuil fixé - membrane détériorée
Alarme défaut	- rupture de l'élément résistif	- rupture de l'élément résistif	- une membrane détériorée ne donne pas d'alarme défaut, mais le capteur va fuir et on doit remarquer le problème au prochain étalonnage

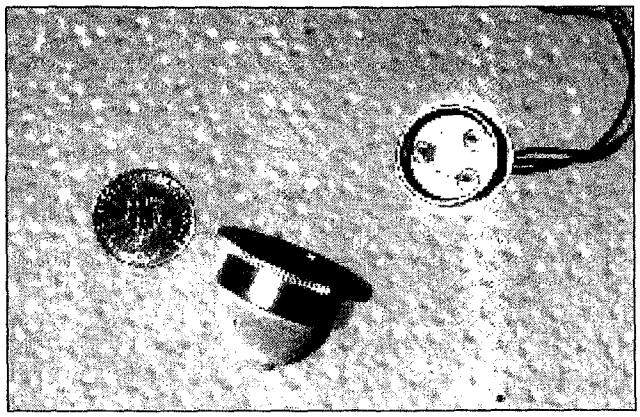
Tableau 5 : Influence d'une onde de choc

PRÉSENCE DE L'HYDROGÈNE SULFURÉ (H_2S) ET DU BENZENE (C_6H_6)

Types de capteur	Explosimètre catalytique	Détecteur toxique (H_2S) à semi-conducteur	Détecteur toxique (H_2S et CO) électrochimique
Interférence	• dépend de la température du capteur et du type de catalyseur utilisé	• dépend de la température de fonctionnement du capteur • peut augmenter ou diminuer le signal gaz	• dépend du catalyseur, donc chaque type va réagir différemment • possibilité de diminuer l'interférence en appliquant une tension sur la troisième électrode
Empoisonnement et inhibition	• H_2S est connu comme un inhibiteur /12/	• peu ou pas d'études faites	

Tableau 6 : Influence de l'H_2S et du C_6H_6

Le gaz H_2S a été regardé comme interférent du détecteur électrochimique de CO pour voir s'il pouvait créer une fausse alarme. La concentration choisie est de 100 ppm dans l'air.



Filament de platine catalytique et fritté de protection

VI.2 Les résultats des essais

De ces essais nous dégageons des comportements que nous considérerons avec prudence, pour les raisons suivantes :

- seuls les détecteurs de deux fournisseurs ont été testés,
- pour des raisons de coût (un point de mesure coûtant 4 000 à 6 000 F) nous ne pouvions pas souvent mettre plusieurs détecteurs identiques dans un essai.

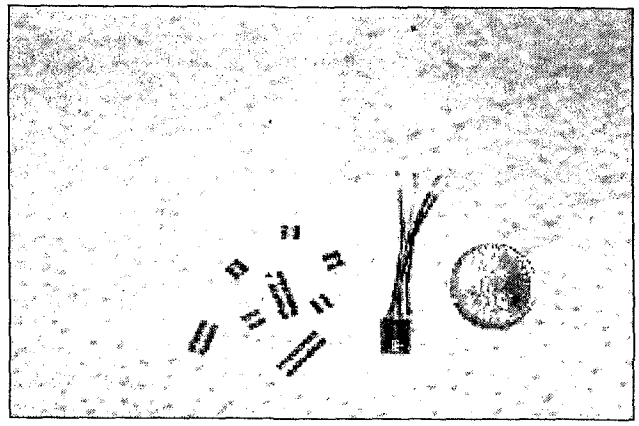
Nous retiendrons donc ces résultats comme des tendances, qui seraient à confirmer avec un plus grand nombre de capteurs de différentes origines.

VI.2.1 - Après une explosion (par exemple BLEVE, UVCE, explosion d'un réacteur) :

Les contraintes imposées aux capteurs installés sur les unités voisines de l'unité accidentée (distance de l'ordre de quelques centaines de mètres) sont susceptibles d'affecter l'information fournie par ces capteurs du fait principalement de l'onde de pression si celle-ci atteint quelques centaines de millibars. Les explosimètres seront moins affectés que les toximètres et parmi ces derniers, les détecteurs électrochimiques semblent être plus sensibles que les détecteurs à semi-conducteur.

Les variations de sensibilité et du zéro des explosimètres sont inférieures à +/- 10 %. La fiabilité de l'information fournie par ces capteurs restera donc compatible avec une exploitation de ces données dans le cadre de la gestion de la crise et le traitement post accidentel.

Les variations de sensibilité et du zéro des toximètres sont supérieures à 10 % et peuvent atteindre jusqu'à 50% pour les détecteurs électrochimiques. Les informations fournies par ces détecteurs ne peuvent pas être considérées comme sûres tant qu'ils n'auront pas subi un réétalonnage.



Microcapteur catalityque de platine INERIS/LETI

VI.2.2 - Après un incendie (par exemple feu sur un réservoir) :

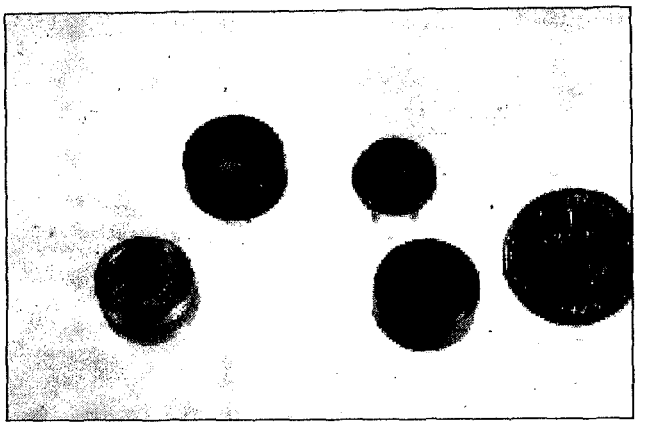
Deux aspects sont à considérer :

- le flux thermique qui va élever la température du capteur,
- les particules émises par l'incendie qui risquent de venir limiter la diffusion de gaz à travers le fritté de protection du capteur.

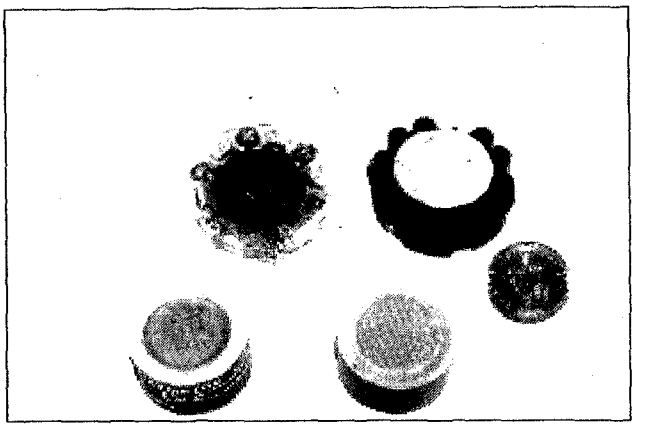
FLUX THERMIQUE :

L'énergie nécessaire pour engendrer une élévation de température des capteurs au-delà des températures limites préconisées par les normes ou les fabricants dépend de la conception et de la réalisation des capteurs (matériaux, masse,... mais également couleur) ainsi que de leur positionnement et de leur température initiale. Les capteurs situés à une distance telle que le flux reçu soit supérieur à 3 kW/m^2 peuvent être portés à des niveaux de températures dépassant les seuils limites préconisés par les fabricants.

Pour les explosimètres, la montée en température peut engendrer une dérive positive du zéro et une perte de sensibilité. Afin d'éviter que ces deux phénomènes entraînent une alarme intempestive, il est préférable d'avoir un seuil d'alarme aux alentours



Semi-conducteurs



Capteurs électrochimiques

de 25 % LIE. Les informations fournies par ces détecteurs ne peuvent pas être considérées comme sûres tant qu'ils n'auront pas subi une vérification, voire un re-étalonnage.

Les détecteurs H_2S présentent une dérive notable (sous-estimation de la concentration pouvant atteindre plus de 50 %) dès que la température dépasse les limites spécifiées. Les informations fournies par ces détecteurs ne doivent pas être utilisées dans le cadre de la gestion d'une crise. Lorsque ces capteurs sont revenus à la température ambiante, leur sensibilité reste inférieure de 20 à 40 % par rapport à la sensibilité initiale. Ils doivent donc être recalibrés avant de considérer l'information qu'ils fournissent comme fiable.

Les détecteurs électrochimiques CO résistent bien à des élévations de température et l'information qu'ils fournissent peut être considérée comme fiable, voire légèrement surestimée.

Quel que soit le type de détecteur (explosimètre ou toximètre), les capteurs avec électronique intégrée ne sont pas fiables dès qu'ils dépassent les températures spécifiées par les fabricants. Après chaque exposition anormale à un flux de chaleur, l'information qu'ils fournissent n'est pas sûre tant qu'ils n'ont pas été vérifiés, voire changés.

PARTICULES ÉMISES PAR L'INCENDIE :

Il est très difficile d'évaluer les quantités de particules qui vont retomber sur les unités voisines d'un stockage soumis à un incendie. Seule une partie de l'installation située sous le vent pourra être affectée. Avec des conditions d'essai retenues très pénalisantes (détecteurs placés directement au-dessus du feu) on constate que les détecteurs se comportent plutôt bien.

Du fait, d'une part de la conception de la chaîne de mesure (l'obturation du fritté n'entraîne pas une alarme défaut) et, d'autre part, que les capteurs sont susceptibles d'avoir un niveau de colmatage non négligeable lié à la pollution chronique générée par les particules rejetées au niveau des diverses cheminées du site, il apparaît souhaitable de procéder à une vérification des capteurs situés sous le vent avant de considérer l'information qu'ils fournissent comme sûre.

Tous les détecteurs situés sur des installations ayant été soumises à un arrosage en préventif pendant l'incendie ne fournissent pas une information fiable aussi bien pendant l'arrosage qu 'après : une vérification est alors indispensable.

Dans les installations pour lesquelles un nettoyage est prévu, la vérification des capteurs devra être réalisée après le nettoyage.

Enfin ces recommandations s'appliquent également aux détecteurs protégés par des coiffes ou protections spécifiques.

VI.2.3 - Après une émission de produits toxiques (hydrogène sulfuré ou benzène):

Une fuite industrielle de produit vaporisable (par rupture d'une canalisation) va générer un nuage de produit qui va se diluer avec l'air. La durée classique d'un tel accident est de quelques dizaines de minutes et les zones touchées par des nuages avec une concentration supérieure à 100 ppm d'hydrogène sulfuré ou 200 ppm de benzène peuvent atteindre un kilomètre sous le vent.

C_6H_6

Des concentrations de l'ordre de 200 ppm de benzène n'affectent pas la fiabilité de l'information fournie par les capteurs d'explosimètrie ou de toxicité (H_2S). Il faudrait certainement atteindre des concentrations de l'ordre du pour-cent pour perturber de façon notable cette information ; ce niveau de concentration sur les unités voisines est très improbable suite à un accident.

H_2S

Les détecteurs électrochimiques CO détectent l'H_2S avec une sensibilité quatre fois meilleure que le CO. Il n'est donc pas possible de faire une discrimination entre CO et H_2S avec de tels détecteurs.
Les explosimètres, bien qu'il y ait des variations importantes de comportement selon les constructeurs, voient leur sensibilité décroître de 20 à 30 % pendant qu'ils sont dans une atmosphère polluée par 100 ppm de H_2S. Cette perte de sensibilité augmente par la suite. Les informations fournies par ces détecteurs ne peuvent pas être considérées comme sûres tant que la sensibilité n'aura pas été vérifiée. Cette vérification devra être répétée sur plusieurs jours afin de vérifier que la sensibilité n'évolue pas.

VII - CONCLUSIONS

Nous résumons les tendances fournies par les tests, tout en insistant sur le terme tendances, pour les raisons évoquées plus haut.

FLUX THERMIQUES :

- pour un même flux, l'élévation de température des capteurs est variable, et dépend beaucoup de la surface faisant face au flux nature (couleur, état de surface),
- les capteurs à électronique intégrée "souffrent" plus des chaleurs élevées que les autres : au delà de 70°C il n'est plus question de les utiliser,
- une alarme explosimétrique assez basse, par exemple 25 %, permet une fiabilité correcte, la dérive positive du zéro compensant la diminution de sensibilité, ce qui permet, même pendant l'incendie, de se fier à l'alarme délivrée par ces appareils,
- après l'incendie, le recalibrage des détecteurs H_2S est indispensable.

FUMÉES FROIDES

- une perte de sensibilité est mesurée sur tous les types de détecteur,
- le lavage au jet est néfaste pour les appareils électrochimiques,
- les coiffes de protection contre les intempéries conduisent parfois à l'accumulation des suies et donc ont un rôle néfaste.

ONDES DE PRESSION

- les détecteurs électrochimiques semblent moins robustes que les autres, mais le nombre d'appareils n'est pas significatif,
- d'une façon générale l'information restera suffisamment fiable pendant la situation post-accidentelle.

HYDROGÈNE SULFURÉ (100 ppm)

- les détecteurs explosimétriques s'empoisonnent : perte de 15 à 30 % de sensibilité, augmentant même après suppression de l'hydrogène sulfuré.
  Il est donc indispensable de vérifier ce type d'appareil dès qu'on a soupçonné une fuite de H_2S, et de reprendre ces contrôles les jours suivants.
  Une vraie sécurité consisterait à avoir systématiquement des détecteurs de H_2S à proximité des explosimètres, si des fuites de H_2S sont à craindre,
- le détecteur électrochimique de CO utilisé est quatre fois plus sensible à H_2S qu'à CO, ce qui implique de faire attention lors de l'interprétation des mesures !

BENZÈNE (200 ppm) pendant 10 minutes

- l'ensemble des détecteurs utilisés n'est pas spécialement affecté.

L'identification et la détection des poisons de ces détecteurs doit être faite.

Nous remercions le Ministère de l'Environnement, les DRIRE, les industriels fournisseurs de détecteurs, sans qui cette étude n'aurait pu être menée à bien.

ANNEXE

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES DÉTECTEURS

1. - Les appareils à oxydation catalytique

Le principe consiste à provoquer l'oxydation catalytique d'un gaz inflammable et à mesurer l'échauffement produit. Le détecteur catalytique est équipé en réalité de deux éléments : un détecteur actif et un élément compensateur non-actif. Chaque élément est composé d'un filament de platine dans une perle de matériau réfractaire. Pour l'élément détecteur, un mélange catalytique est appliqué sur cette perle, tandis que pour l'élément compensateur, la perle est traitée de sorte que l'oxydation catalytique ne puisse avoir lieu. Les deux éléments sont connectés dans un pont de Wheastone. Le courant continu qui traverse les perles porte le détecteur à une température appropriée au gaz à détecter. Le filament du détecteur fonctionne comme un thermomètre: quand le gaz combustible s'oxyde sur la perle du détecteur, l'augmentation de la température résultante accroît la résistance du filament. Ceci déséquilibre le pont, donnant un signal pouvant être lu, soit en pourcentage gaz, soit en pourcentage de la LIE, ou bien encore déclenchant une alarme sonore ou visuelle.

2 - Les semi-conducteurs

Un semi-conducteur est un matériau dont les propriétés conductrices de l'électricité sont intermédiaires entre celles d'un conducteur et celles d'un isolant. La présence d'un gaz provoque une variation de résistance électrique de l'élément semi-conducteur du détecteur par les phénomènes d'adsorption physique (phénomènes réversibles) et de combustion catalytique à la surface du semi-conducteur ; le gaz adsorbé s'oxyde en présence de l'oxygène à la surface et le produit de la combustion se désorbe. La modification de la teneur en oxygène à la surface entraîne une modification de l'équilibre électrons-trous (le trou étant le site d'absorption) dans le semi-conducteur. Cette variation est directement liée à la concentration en gaz et modifie l'équilibre électrique du circuit dans lequel le détecteur est placé.

3 - Les appareils à cellules électrochimiques

Chaque cellule électrochimique est relativement spécifique de la détection d'un seul gaz. Le gaz à mesurer traverse une membrane semi-perméable, c'est-à-dire perméable aux gaz mais imperméable aux liquides. Le gaz arrive au contact d'une électrode sensible recouverte d'un catalyseur en présence duquel il est oxydé, tandis qu'une contre-électrode réduit l'oxygène de l'air. Ces phénomènes d'oxydoréduction s'accompagnent d'un courant d'ions à travers l'électrolyte et d'un courant d'électrons à l'extérieur.

COMPORTMENT DE DÉTECTEURS
DE GAZ DANGEREUX EN SITUATION
ACCIDENTELLE ET POST-ACCIDENTELLE

Janvier 93 - Décembre 95

A. ACCORSI - D. GASTON

1

PLAN DE L'EXPOSÉ

- Introduction : contexte de l'étude et objectif
- La démarche
- Les capteurs
- Les agressions
- Les dysfonctionnements
- Les comportements
- Conclusions

2

INTRODUCTION

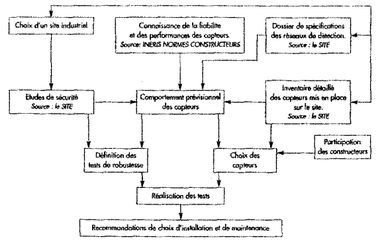
Contexte : EUREKA EU 904

MEMBrain - Plate-forme d'intégration de systèmes d'aide à la décision dans la gestion de crises majeures.

Objectif : quelle est la FIABILITÉ DES DONNÉES fournies par les détecteurs de gaz ?

3

DÉMARCHE



4

CAPTEURS

Explosimètres
CATALYTIQUES
optiques barrière infrarouge

Détecteurs H_2S
SEMI-CONDUCTEURS ELECTROCHIMIQUES

Détecteurs de benzène
photo-ionisation

Autres détecteurs de toxiques (CO, Cl_2,...)
électrochimiques

5

AGRESSIONS

■ FLUX THERMIQUE	
radiant	18 000 kJ/m²
environnant	70°C à 120°C (2 heures)
■ FUMEES FROIDES	
incendie	3,5 g/m³ empoussièrement
■ FLUX THERMIQUE + SURPRESSION	
explosion gaz	50 mbars
	800°C (qqs secondes)
■ ONDE DE CHOC	
détonation en air libre	200 à 400 mbars
■ POLLUTION	
H_2S	100 ppm vol.
C_6H_6	200 ppm vol.

6

DYSFONCTIONNEMENTS

- Alarme intempestive
- Absence d'alarme
- Alarme défaut
- Vieillissement prématuré

COMPORTEMENTS

- Influence théorique
- Résultat pratique

Exemple :

FLUX THERMIQUE

CONCLUSIONS

- Tendances
- Électronique intégrée ou non ?
- La pollution par H_2S
- La sélectivité
- Les poussières

9

POUR SURVEILLER LES INSTALLATIONS

- Installer des **CAPTEURS** c'est **BIEN**
- Pourvoir se **FIER** à leurs indications c'est **MIEUX**

DONC

- Connaître leurs comportements
- Les **SURVEILLER** c'est **ENCORE MIEUX**

10