

www.ineris.fr/badoris

www.ineris.fr/badoris www.ineris.fr/badoris www.ineris.fr/badoris

www.ineris.fr/badoris



Base de données sur les Barrières Techniques de Sécurité

BADORIS - Document de synthèse relatif à
une Barrière Technique de Sécurité (B.T.S.)

Détecteur de flamme

DRA-12-125696-06440A

INERIS

*maîtriser le risque |
pour un développement durable*

Document de synthèse relatif à une Barrière Technique de Sécurité (B.T.S.)

Type d'installation : Gaz inflammables liquéfiés
Liquides inflammables

Nom du dispositif : Détecteur de flamme

Document élaboré par : l'INERIS

Date : décembre 2012

Personne ayant participé à l'étude : Patricia KUKUCZKA

	Rédaction	Relecture	Vérification	Approbation
NOM	Patricia KUKUCZKA	Ahmed ADJADJ	Samuel MAUGER	Bernard PIQUETTE
Qualité	Ingénieure Direction des Risques Accidentels	Responsable de programme Direction des Risques Accidentels	Responsable de l'Unité Barrières Techniques et Systèmes Instrumentés de Sécurité Direction des Risques Accidentels	Directeur adjoint Direction des Risques Accidentels
Visa	SIGNÉ	SIGNÉ	SIGNÉ	SIGNÉ

TABLE DES MATIÈRES

1. FONCTION DE SÉCURITE ASSUREE – APPLICATIONS	5
2. REGLEMENTATION ET NORMES APPLICABLES.....	5
3. PRINCIPE DE LA DETECTION DE FLAMME	6
3.1 Détection mono-IR	6
3.2 Détection multi-IR.....	7
3.3 Détection UV	7
3.4 Détection UV/IR	9
3.5 Imagerie thermique (IR ou visible)	9
4. SYNTHESE DES AVANTAGES ET DES LIMITES DES DETECTEURS DE FLAMME PAR CATEGORIE.....	10
5. CRITERES D'ÉVALUATION DES PERFORMANCES	11
5.1 Efficacité.....	11
5.2 Temps de réponse	12
5.3 Niveau de confiance.....	13
6. MAINTENANCE – ENTRETIEN	13
7. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	13

1. FONCTION DE SÉCURITE ASSUREE – APPLICATIONS

La fonction de sécurité assurée par un détecteur de flamme consiste à détecter la naissance d'un feu et à transmettre l'information à une unité de traitement, qui peut déclencher un signal d'alarme et/ou l'arrosage et la mise en sécurité du site.

Un détecteur de flamme peut être pris en compte dans les études de dangers en tant que composant d'une barrière technique de sécurité.

Les détecteurs de flamme sont généralement implantés pour protéger des installations industrielles telles que :

- les raffineries,
- les plateformes de forage et de production offshore,
- les dépôts pétroliers,
- les installations de traitement et de stockage GNL/GPL,
- les turbines à gaz,
- les hangars d'avions.

Les détecteurs de flamme font partie de l'installation de détection incendie qui a pour objectif de déceler et de signaler le plus tôt possible la naissance d'un incendie en évitant au maximum de délivrer des alarmes intempestives.

On peut les trouver notamment installés au niveau des stockages fixes et des postes de chargement/déchargement.

2. REGLEMENTATION ET NORMES APPLICABLES

En Europe, les détecteurs de flamme sont couverts par la Directive Produits de Construction (DPC) 89/106/CEE et doivent satisfaire à la norme européenne harmonisée EN 54-10 "*Systemes de détection et d'alarme incendie – Partie 10 : détecteurs de flamme – Détecteurs ponctuels*". Cette norme spécifie les exigences, les méthodes d'essais et les critères de performances applicables aux détecteurs ponctuels réarmables qui sont utilisés dans les systèmes de détection incendie installés dans les bâtiments. Il se trouve qu'aucun référentiel européen ne couvre les usages industriels à l'air libre.

En matière de certification et de normalisation, les détecteurs de flamme sont conformes aux directives européennes DPC, ATEX & CEM, ainsi qu'aux normes harmonisées correspondantes. La plupart ont également fait l'objet d'une évaluation de conformité, par un organisme tierce partie, aux exigences de sécurité fonctionnelle de la norme CEI 61508 (SIL) [5], ainsi qu'aux exigences de performance métrologique de la norme américaine FM 3260 [6].

3. PRINCIPE DE LA DETECTION DE FLAMME

Le détecteur de flamme détecte toute élévation de température ou présence de produits issus d'une combustion.

Les flammes produisent des rayonnements caractérisés par une fréquence de scintillement plus ou moins intense dans des bandes spectrales spécifiques. Le principe du détecteur de flamme est de répondre aux rayonnements électromagnétiques émis par une flamme, en les distinguant des rayonnements interférents présents dans l'environnement d'utilisation. Les détecteurs de flamme optiques sont constitués de capteurs UV et/ou IR pour détecter ces rayonnements.

Il existe trois catégories d'appareils pour détecter une flamme :

1. les détecteurs dotés de capteurs Infra-Rouge (IR)
2. les détecteurs composés de capteurs Ultra-Violet (UV)
3. et les détecteurs combinant IR et UV (en général, ils sont constitués de deux capteurs IR et d'un capteur UV)

Les détecteurs IR se divisent eux-mêmes en deux familles, à fréquence unique ou multi-spectre. Le plus souvent les détecteurs multi-IR identifient le spectre du dioxyde de carbone pour les feux carbonés et/ou celui de l'eau pour les feux non carbonés.

La vidéosurveillance associée à un traitement d'image peut également servir à la détection de flamme. Il s'agit de l'imagerie thermique dans le domaine de l'IR ou du visible.

3.1 DETECTION MONO-IR

Les détecteurs de flamme mono-IR sont sensibles à une bande de rayonnement située autour de 4,4 μm , caractéristique du spectre d'émission des feux d'hydrocarbures. Le rayonnement dans cette bande est issu de la relaxation du CO_2 produit pendant la combustion des feux carbonés.

Les détecteurs mono-IR mettent en œuvre un capteur pyroélectrique dont le principe est basé sur l'effet thermique des rayonnements. Un courant est généré par polarisation du cristal pyroélectrique exposé à une variation de température. Les scintillements de la flamme sont perçus par le cristal qui génère un signal traité par un filtre passe-bande basse fréquence.

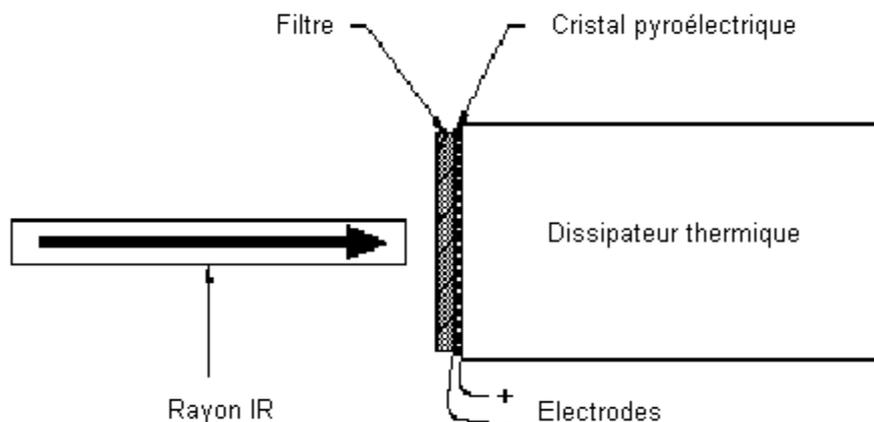


Figure 1 : Schéma de principe d'un capteur pyroélectrique (technologie IR)

3.2 DETECTION MULTI-IR

Les détecteurs multi-IR sont constitués de deux, trois ou quatre capteurs (IR2, IR3, IR4), chacun sensible à une fréquence de rayonnement spécifique dans le domaine infrarouge.

Le principe de fonctionnement des détecteurs multi-IR repose sur :

- Une analyse spectrale qui identifie la signature infrarouge des feux liée à la relaxation des molécules des substances émises : signature caractéristique du CO₂, dans la bande 4.2-4.7 μm , et/ou signature caractéristique de H₂O, dans la bande 2.7-3.0 μm . Des bandes spectrales complémentaires (au-dessus ou en-dessous de ces bandes) sont également analysées pour distinguer le bruit de fond.
- Une analyse des scintillements dans les bandes spectrales caractéristiques

L'alarme feu n'est déclenchée que si tous les seuils des paramètres de l'analyse spectrale et de l'analyse des scintillements sont atteints.

3.3 DETECTION UV

La détection UV se fait à l'aide d'un photomultiplicateur. Les photons arrivent sur une cathode et provoquent l'émission d'électrons dans un photo-tube contenant un gaz inerte (cf. figure 2) dans un champ électrique. Les électrons, propulsés vers l'anode, ionisent les molécules de gaz créant ainsi une réaction en chaîne. Le capteur génère alors une série d'impulsions de tension qui sont converties électroniquement en un signal d'alarme de sortie. La plage de sensibilité du détecteur au rayonnement UV est généralement très étroite, de 185 à 265 nm, afin de garantir une bonne immunité contre le rayonnement solaire.

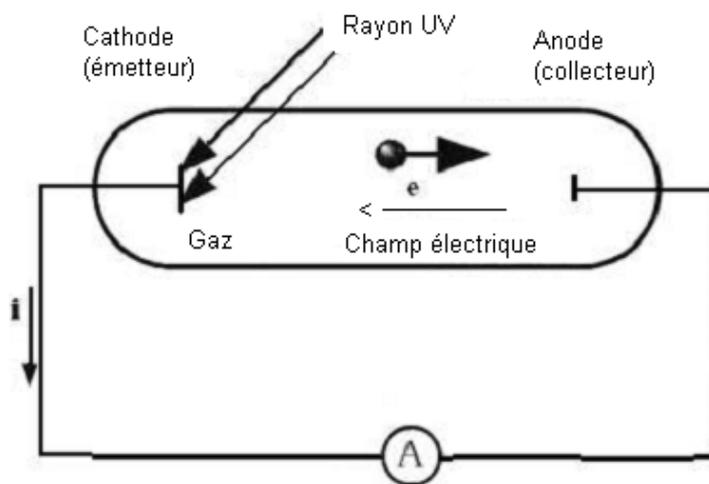


figure 2 : Schéma de principe d'un capteur UV

3.4 DETECTION UV/IR

Les détecteurs UV/IR sont constitués d'un capteur UV associé à un ou deux capteurs IR. Les circuits électroniques traitent les signaux issus des deux types de capteurs afin de confirmer le signal de feu de manière plus sûre.

3.5 IMAGERIE THERMIQUE (IR OU VISIBLE)

Actuellement, c'est l'imagerie visible qui est principalement utilisée, elle s'appuie sur du traitement d'image issue de matrices CCD (Charge Coupled Device – capteur à transfert de charges) « classique ».

L'imagerie IR, dans les bandes spectrales adéquates, reste encore peu utilisée notamment pour des raisons économiques.

4. SYNTHÈSE DES AVANTAGES ET DES LIMITES DES DÉTECTEURS DE FLAMME PAR CATÉGORIE

Les principaux avantages et limites des détecteurs de flammes sont présentés dans le tableau ci-dessous par catégorie.

Catégorie	Avantages	Limites
Détecteurs mono-IR	<ul style="list-style-type: none"> - Peu d'atténuation de la réponse en présence de contaminants tels que les huiles, les encrassements ou les poussières. - Faibles temps de réponse. - Insensibles au soleil, aux arcs de soudure, aux éclairs, aux étincelles et arcs électriques. 	<ul style="list-style-type: none"> - Limités à la détection des feux carbonés. - Potentiellement sensibles aux sources de rayonnements modulés IR. - Sensibles à la pluie, au givre et à la vapeur d'eau.
Détecteurs multi-IR	<ul style="list-style-type: none"> - Peu d'alarmes intempestives. - Sensibilité élevée et longues distances de détection. - Insensibles au soleil, aux arcs de soudure, aux éclairs et aux corps chauds. 	<ul style="list-style-type: none"> - Incompatibles pour les feux non carbonés (excepté pour la détection basée sur le pic de H₂O). - Longs temps de réponse en comparaison au détecteur mono-IR. - Sensibles au givre. - Distances de détection limitées pour les versions H₂O.
Détecteurs UV	<ul style="list-style-type: none"> - Détection de feux carbonés et non carbonés (métaux, hydrogène, ammoniac...). - Faibles temps de réponse. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sensibilité possible au soleil selon la gamme de détection (quelques capteurs ne sont prévus que pour l'usage intérieur). - Sensibles aux éclairs, aux arcs de soudure, aux étincelles et arcs électriques.
Détecteurs UV/IR	<ul style="list-style-type: none"> - Faible niveau d'alarmes intempestives. - Temps de réponse rapides. 	<ul style="list-style-type: none"> - Incompatibles avec les feux non carbonés à cause des limitations de la détection IR (excepté pour la détection basée sur le pic d'émission H₂O). - Possible inhibition par les gaz, les vapeurs ou les fumées.
Imagerie visible	<ul style="list-style-type: none"> - Discrimination des feux « amis » (ex : torchère). - Non limitée aux feux hydrocarbonés. 	<ul style="list-style-type: none"> - Limitations propres au domaine du visible : en cas de fumées ou de feux très peu émissifs dans le domaine du visible (hydrogène, méthanol, ...). - Portée de détection - Temps de réponse
Imagerie IR	<ul style="list-style-type: none"> - Avantages liés à l'utilisation dans le domaine de l'IR. 	<ul style="list-style-type: none"> - Coût économique. - En cours de développement.

Tableau 1 : principaux avantages et limites des détecteurs de flammes par catégorie

5. CRITERES D'ÉVALUATION DES PERFORMANCES

5.1 EFFICACITE

De façon générale, les détecteurs de flamme doivent être en mesure de voir le feu. Par conséquent, la zone dans laquelle ils sont implantés ne doit pas être encombrée.

L'implantation (emplacement et nombre) des détecteurs est propre à chaque site, elle est fonction des intérêts à protéger.

Par ailleurs, l'efficacité du détecteur de flamme est également liée à :

- sa sensibilité de réponse à la flamme, c'est-à-dire sa portée ou distance maximale de détection,
- sa résistance aux agressions induites par un accident à proximité (surpression, flux thermique, fumées d'incendie...),
- son alimentation électrique (en cas de coupure de l'alimentation générale, existe-t-il une alimentation de secours ?)
- son aptitude à générer une alarme (la batterie est-elle assez puissante pour générer le signal attendu ?)
- l'influence de son angle de positionnement (hauteur, orientation),
- sa résistance aux conditions atmosphériques (le vent modifie la surface d'émission de la flamme, la pluie, la neige, un temps nuageux, la chaleur sèche ou humide, le froid...),
- son immunité en présence de sources de fausses alarmes,
- sa compatibilité électromagnétique,
- la présence d'atmosphères poussiéreuses, brumeuses (aérosols) ou enfumées, la fenêtre transparente risquant d'être encrassée...

Les détecteurs de flamme prévus pour un usage industriel sont des appareils efficaces au regard des exigences et des vérifications techniques qui leurs sont applicables avant leur mise sur le marché. En revanche, les distances de détection spécifiées par les constructeurs sont des distances obtenues dans des conditions normalisées. Aussi, lorsque les détecteurs de flamme sont installés à l'air libre, les distances de détection peuvent différer de celles spécifiées. Il est donc recommandé de respecter une marge de sécurité de 50% sur la distance maximale spécifiée par les constructeurs lors d'une utilisation des détecteurs en extérieur [3]. Cette marge est la garantie d'une probabilité de détection, d'un temps de réponse et d'un champ de vision optimaux, notamment lorsque les détecteurs de flamme sont intégrés dans une chaîne réalisant une fonction de maîtrise des risques d'accidents majeurs.

Il est à noter que les détecteurs de flamme sont susceptibles d'être installés dans leur configuration prévue par défaut (paramétrage usine) car le réglage du niveau de sensibilité n'est pas toujours accessible à l'utilisateur. Ils ne sont donc pas forcément réglés à leur niveau de sensibilité maximale.

La solution de détection par imagerie peut s'avérer intéressante sur le principe en tant que complément utile à la détection de flamme ponctuelle. En effet, elle pourrait permettre d'augmenter la couverture de détection du système de protection incendie notamment lorsque les surfaces à surveiller sont étendues.

5.2 TEMPS DE REPONSE

Les normes imposent un temps de réponse inférieur à 30 secondes [4], ce qui correspond à une distance de détection D30¹. Les constructeurs annoncent néanmoins des temps de réponse inférieurs à 10 secondes. Or la distance de détection (cf. figure 3) peut être inférieure de 20 à 30% selon que les temps de réponse souhaités sont de 10 secondes ou de 30 secondes ; exemple : pour l'heptane, la distance de détection, avec un temps de réponse de 10 secondes (maximum), peut être comprise entre 5 mètres et 65 mètres en fonction du détecteur (cf. tableau 2).

Type de feu testé	D10 : Distances pour un temps de réponse de 10 s (m)	D30 : Distances pour un temps de réponse de 30 s (m)
Heptane	5m<D10<65m	13m<D30<75m
Éthanol	7m<D10<45m	9m<D30<60m
Carton	9m<D10<45m	9m<D30<50m
Méthane	9m<D10<65m	15m<D30<80m

tableau 2 : distances à la flamme mesurées lors des tests



figure 3 : détermination de la distance de détection

¹ Distance entre le détecteur et le foyer à laquelle le détecteur déclenche un signal d'alarme valide dans les 30 secondes après exposition à la flamme.

5.3 NIVEAU DE CONFIANCE

On peut accorder aux détecteurs de flamme un niveau de confiance qui se situe entre 1 et 2 lorsque les exigences d'efficacité et de temps de réponse sont remplies.

En règle générale, les détecteurs de flamme industriels rencontrés sur le marché sont certifiés SIL2 selon la norme CEI 61508. Le niveau de confiance qu'on leur accorde est donc NC2. En revanche, lorsque les détecteurs de flamme ne sont pas certifiés selon la norme CEI 61508, une évaluation conformément au référentiel $\Omega 10$ permettra de préciser le NC.

6. MAINTENANCE – ENTRETIEN

Les détecteurs de flamme doivent faire l'objet d'une politique de test et de maintenance pour s'assurer du maintien de leurs performances dans le temps.

Un grand nombre de détecteur de flamme intègre des fonctions d'autodiagnostic permettant la détection de défaillance sur les optiques (lampes de test interne).

Le point de maintenance auquel il faudra accorder une attention particulière est le nettoyage des parties optiques (propreté de la fenêtre protectrice). La fréquence de nettoyage varie en fonction de l'environnement du site.

Un test global du détecteur de flamme (communication, câblage...) doit se faire dans le cadre du test de la fonction de sécurité « détection de flamme ».

7. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. Évaluation des performances des Barrières Techniques de Sécurité (DCE DRA-73) - Évaluation des Barrières Techniques de Sécurité - $\Omega 10$ (2008).
- [2]. Face au risque n°470 (février 2011).
- [3]. Essais de performance comparatifs sur une gamme de détecteurs de flamme (juillet 2011)
- [4]. S.MAUGER – 36 détecteurs de flammes passés au banc d'essais – Mesures (novembre 2011).
- [5]. CEI 61508 - Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques / électroniques / électroniques programmables relatifs à la sécurité.
- [6]. FM 3260 : Radiant Energy - Sensing Fire Detectors for Automatic Fire Alarm Signaling.