

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.)

Arrête-flammes

DRA-09-103202-10000A

Juin 2010

INERIS

*maîtriser le risque |
pour un développement durable*

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

Nom du dispositif : Arrête-flammes
(annule et remplace les éditions précédentes)

Document élaboré par : l'INERIS

Personne ayant participé à l'étude : Patricia KUKUCZKA, Samuel MAUGER

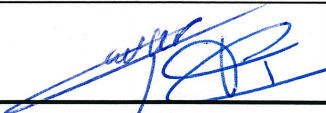
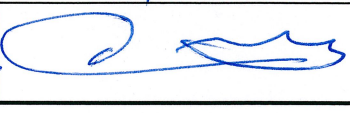
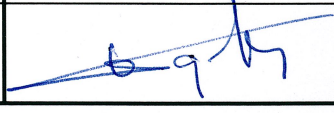
	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Patricia KUKUCZKA Samuel MAUGER	Jacques CHAINEAUX	Bernard PIQUETTE
Qualité	Ingénieurs Direction des Risques Accidentels	Référent Technique Direction des Risques Accidentels	Directeur Adjoint Direction des Risques Accidentels
Date	20/07/10	21/7/10	2/8/10
Visa			

TABLE DES MATIÈRES

1. OBJET DE LA FICHE.....	5
2. TECHNOLOGIES DISPONIBLES ET PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT	5
3. PRINCIPALES APPLICATIONS INDUSTRIELLES	7
4. EXIGENCES REGLEMENTAIRES	9
4.1 Mise sur le marché	9
4.2 Utilisation.....	10
5. CHOIX D'UN ARRETE-FLAMME	11
5.1 Types d'arrête-flammes.....	11
5.1.1 Arrête-flammes anti-déflagration en ligne	11
5.1.2 Arrête-flammes anti-déflagration bout de ligne	11
5.1.3 Arrête-flammes anti-détonation	11
5.1.4 Arrête-flammes mono ou bidirectionnels	12
5.2 Nature du mélange explosif.....	12
5.3 Distance de course	13
5.4 Brûlage après inflammation.....	13
5.5 Conditions opératoires et environnementales	14
5.5.1 Température et pression.....	14
5.5.2 Particules solides et condensats.....	14
5.5.3 Corrosion	15
5.5.4 Pertes de charge	15
6. MAINTIEN DES PERFORMANCES D'UN ARRETE-FLAMME	17
6.1 Maintenance.....	17
6.2 Gestion des modifications	17
7. FIABILITE DES ARRETE-FLAMMES	19
8. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	21

1. OBJET DE LA FICHE

Cette fiche fournit des informations et des conseils sur la façon d'évaluer le niveau de performance des arrête-flammes. Les éléments de cette fiche permettent de vérifier le respect des critères de performance tels qu'ils sont définis dans l'OMEGA 10 en termes d'« efficacité », de « temps de réponse » et de « niveau de confiance ».

2. TECHNOLOGIES DISPONIBLES ET PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Les arrête-flammes empêchent la propagation d'une explosion dans une canalisation ou une enceinte contenant des gaz ou vapeurs inflammables.

La plupart des arrête-flammes installés dans l'industrie sont constitués d'un corps et d'un élément de coincement de flamme formant une matrice perméable aux gaz. Les cellules de la matrice forment un maillage étroit qui empêche une flamme de se propager en refroidissant rapidement les gaz brûlés (cf. figure 1).

Les éléments d'arrête-flammes peuvent être fabriqués de différentes façons (métal gaufré, métal fritté, maillage de fils, plaques parallèles, etc.). Toutefois, les constructions aujourd'hui consacrées sont généralement constituées d'un enroulement en spirale d'une bande de métal lisse et d'une bande de métal gaufrée donnant aux cellules des formes triangulaires.

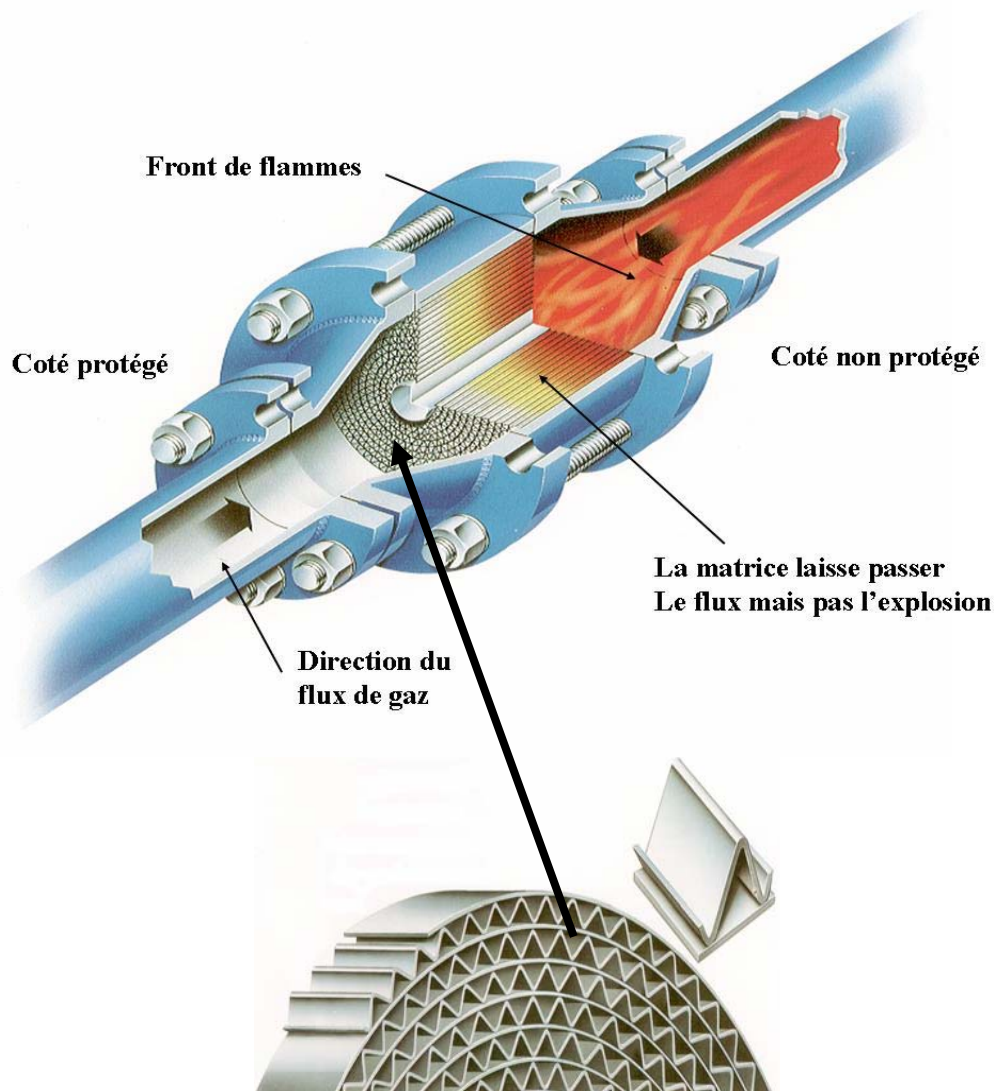


Figure 1 : Arrête-flamme statique en ligne à matrice en métal gaufré [11]

Bien que généralement l'élément soit solide, il peut être également constitué par un produit liquide (eau, liquide de procédé, etc.).

3. PRINCIPALES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

Les arrête-flammes sont couramment installés sur des évents de réservoirs de stockage et de réacteurs, sur les lignes de gaz alimentant des brûleurs, sur des machines tournantes (ventilateurs, pompes à vide sèches, compresseurs) ou encore sur les systèmes de récupération de vapeurs. Ils agissent comme une barrière de sécurité en empêchant la propagation de flamme.

Les arrête-flammes sont installés pour protéger les équipements lorsque qu'une source d'inflammation est avérée. Ces sources d'inflammation peuvent être présentes en permanence (torchères, fours industriels, oxydeurs thermiques, etc.) ou occasionnellement (compresseurs/pompes, ventilateurs, etc.).



Figure 2 : Arrête-flammes en ligne installés sur un dégazeur d'une station de stockage de gaz

4. EXIGENCES REGLEMENTAIRES

4.1 MISE SUR LE MARCHÉ

En tant que système de protection contre l'explosion, tout arrête-flamme mis séparément sur le marché européen doit faire l'objet d'une évaluation de conformité à la directive européenne ATEX 94/9/CE par un Organisme Notifié. Cette évaluation comprend 2 étapes :

- un examen CE de type sur la base d'une norme européenne harmonisée fixant les exigences de performances ;
- un audit de contrôle fabrication visant à vérifier que le système de management de la Qualité mis en place apporte une garantie suffisante quant à la qualité de la production.

Dans le cas des arrête-flammes, la norme européenne EN 12874 est une norme « produit » harmonisée donnant présomption de conformité aux exigences minimales de la directive 94/9/CE. Cette norme détaille les exigences de performance et fixe les limites d'utilisation des arrête-flammes [9]. Cette norme sera remplacée à terme par la norme Pr EN ISO 16852 actuellement en projet.

Tout arrête-flamme ayant fait l'objet d'un examen CE de type doit porter un marquage faisant apparaître les informations suivantes :

Nom et adresse du fabricant
Type
Numéro d'attestation d'examen CE de type
(Numéro de série)
(Année de construction)
⊕ II G
EN 12874
Groupe de gaz (IIA, IIB1, IIB2, IIB3 ou IIC)

A l'international, les modalités de mise sur le marché de ces dispositifs sont différentes et sont généralement spécifiques à chaque pays ou groupes de pays. Il peut néanmoins exister des accords de reconnaissance mutuelle entre laboratoires conduisant les examens CE de type de manière à faciliter les échanges entre continents.

4.2 UTILISATION

En France, l'utilisation des arrête-flammes est réglementée par le décret 2002-1553 transposant la directive européenne ATEX 1999/92/CE relative à la protection en matière de sécurité et de santé des travailleurs exposés au risque d'atmosphères explosives, laquelle précise que « les équipements de travail, y compris les dispositifs d'alarme, doivent être conçus, utilisés et entretenus en tenant dûment compte de la sécurité ». Par ailleurs, si les arrête-flammes sont utilisés en tant que mesure de maîtrise des risques d'accidents majeurs, ils sont alors également soumis à l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005 relatif *« à l'évaluation et la prise en compte de la probabilité, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les installations soumises à autorisation »*. Cet arrêté précise que *« pour être prises en compte dans l'évaluation de la probabilité, les mesures de maîtrise des risques doivent être efficaces, avoir une cinétique de mise en œuvre en adéquation avec celle des événements à maîtriser, être testées, maintenues de façon à garantir la pérennité du positionnement précité »*.

5. CHOIX D'UN ARRETE-FLAMME

Le choix d'un arrête-flamme doit être fait à partir d'une évaluation visant à identifier :

- Les emplacements ou les équipements susceptibles de contenir des mélanges explosifs.
- Les sources d'inflammation permanentes ou occasionnelles de nature à enflammer les mélanges explosifs identifiés et leur distance par rapport à la position de l'arrête-flamme.
- L'éventualité d'une combustion maintenue après inflammation.
- Les conséquences d'une inflammation.

5.1 T YPES D'ARRETE-FLAMMES

La garantie de performance d'un arrête-flamme dépend étroitement des conditions d'utilisation pour lesquelles il est prévu. Ces conditions doivent donc être parfaitement définies avant de faire le choix d'un arrête-flamme.

5.1.1 A RRETE-FLAMMES ANTI-DEFLAGRATION EN LIGNE

Les arrête-flammes anti-déflagration en ligne peuvent être installés sur des canalisations (conduite d'alimentation en gaz, évènements de respiration, etc.) pour empêcher toute transmission de flamme d'un côté à un autre lorsque celle-ci se déplace à vitesse subsonique. Ils doivent être placés au plus près de la source d'inflammation prévisible pour éviter tout risque de détonation.

5.1.2 A RRETE-FLAMMES ANTI-DEFLAGRATION BOUT DE LIGNE

Lorsqu'il existe une interface avec l'extérieur (cas d'un évènement de respiration débouchant à l'air libre), les arrête-flammes bout de ligne peuvent être installés pour protéger les équipements contre la propagation d'une flamme prenant naissance à l'air libre par suite d'une inflammation d'origine « naturelle » (foudre) ou « humaine » (opérateur).

5.1.3 A RRETE-FLAMMES ANTI-DETONATION

Les arrête-flammes anti-détonation sont utilisés en ligne pour arrêter la propagation d'une détonation pouvant se déplacer dans un réseau de tuyauteries à des vitesses et des pressions élevées (plusieurs milliers de m/s et 40 à 400 bar). La détonation est un phénomène très violent pouvant apparaître après seulement quelques mètres de tuyauterie. Elle se produit lorsque la vitesse de la flamme dépasse celle du son et se caractérise par la formation d'une onde de choc. Les conditions les plus sévères auxquelles peut être confronté un arrête-flamme sont celles rencontrées lors de la transition d'une déflagration rapide vers une détonation. Dans de telles circonstances, la détonation est dite instable et les vitesses peuvent dépasser 2000 à 3000 mètres par seconde et les pressions 300 à 400 bar. La détonation instable est un phénomène dangereux spécifique nécessitant l'utilisation d'arrête-flammes plus performants que ceux utilisés pour

les détonations dites stables. Il est donc recommandé d'être particulièrement vigilant en cas de possibilité de transition vers une détonation. Les arrête-flammes anti-détonation mis sur le marché ne couvrent pas tous les mêmes risques et le choix doit se faire en tenant compte de la nature et des conditions initiales du mélange explosif ainsi que de la configuration de l'installation.

5.1.4 ARRÊTE-FLAMMES MONO OU BIDIRECTIONNELS

En présence de différents points d'inflammation potentiels, la mise en place de plusieurs arrête-flammes monodirectionnels ou encore d'arrête-flammes bidirectionnels peut s'avérer nécessaire pour protéger une installation.

5.2 NATURE DU MELANGE EXPLOSIF

Les arrête-flammes sont classés dans le Groupe II (matériels utilisables dans les industries de surface), lequel est décomposé en plusieurs subdivisions (cf. tableau 1). Le groupe IIA est représentatif d'arrête-flammes utilisables pour des mélanges explosifs formés par des gaz couramment rencontrés dans l'industrie tels que le méthane, le propane ou de nombreux produits pétroliers. La plupart des solvants organiques sont classés en IIB1, IIB2 ou IIB3.

Le groupe IIC couvre les gaz les plus réactifs tels que l'hydrogène ou l'acétylène.

Groupe d'explosion	Interstice Expérimental Maximal de Sécurité (I.E.M.S. ¹)
IIA	> 0,9 mm
IIB1	≥ à 0,85 mm
IIB2	≥ à 0,75 mm
IIB3	≥ à 0,65 mm
IIB	≥ à 0,50 mm
IIC	< à 0,50 mm

Tableau 1 : I.E.M.S. des gaz d'essai selon le groupe d'explosion de l'arrête-flamme

Le choix d'un arrête-flamme doit donc être limité aux gaz ayant un IEMS supérieur ou égal à celui de son groupe d'explosion. En cas de doute quant aux propriétés de tout gaz ou de toute combinaison de gaz spécifiques, il est recommandé de demander l'avis de spécialistes. Dans le cas d'une utilisation « multi-gaz », l'arrête-flamme peut soit offrir une protection contre l'espèce la plus réactive, soit avoir fait l'objet d'une étude par un spécialiste du groupe d'explosion correspondant au mélange. Une attention toute particulière doit être accordée aux mélanges contenant de l'oxygène ou du chlore qui sont des oxydants diminuant la taille de l'IEMS.

¹ L'IEMS est défini comme le plus grand écartement entre deux plaques planes et parallèles sans qu'une flamme d'un mélange explosif donné puisse s'y propager

5.3 D ISTANCE DE COURSE

La distance de course correspond à la longueur de canalisation séparant l'arrête-flamme de la source d'inflammation potentielle. Plus la distance entre l'arrête-flamme et la source d'inflammation est grande et plus la flamme qui se propage en consommant les gaz imbrûlés pourra accélérer jusqu'à éventuellement atteindre un régime de détonation en amont de l'arrête-flammes et des équipements à protéger.

Les coudes, les restrictions et la rugosité de surface peuvent être à l'origine de phénomènes de turbulence susceptibles d'accélérer la flamme mais ils sont difficilement prévisibles.

Le choix des arrête-flammes anti-déflagration en ligne doit notamment être limité aux conditions suivantes :

- le rapport Longueur/Diamètre (L/D) du côté non protégé de la tuyauterie ne doit pas dépasser le rapport L/D d'essai, soit un maximum de 50 pour les mélanges d'hydrocarbures/air (IIA, IIB1, IIB2, IIB3) et de 30 pour les mélanges hydrogène/air (IIB et IIC) ;
- la canalisation du côté non protégé ne doit pas être d'un diamètre supérieur au raccordement de l'arrête-flamme (effet « pré-volume »). Il faut noter que les arrête-flammes ne sont pas prévus pour protéger des capacités et qu'un simple pot de purge placé sur une conduite peut modifier les caractéristiques d'une explosion et rendre l'appareil inefficace.

5.4 B RULAGE APRES INFLAMMATION

Dans certaines applications où le débit de gaz du mélange explosif est faible et continu (ex : brûleur à pré-mélange), la combustion peut se poursuivre du côté non protégé de l'arrête-flamme après que l'inflammation a eu lieu. Dans ces conditions, l'arrête-flamme va s'échauffer jusqu'à ne plus pouvoir interdire la transmission de flamme.

Certains arrête-flammes bout de ligne disponibles sur le marché ont donc été évalués spécifiquement en tenant compte de la possibilité de brûlage après inflammation (cf. tableau 2).

Phénomène dangereux	Exigence de choix
Brûlage stabilisé après inflammation avec débit de gaz stoppé dans un délai de 1 min	Arrête-flammes à brûlage courte durée
Brûlage stabilisé après inflammation ne pouvant être stoppé	Arrête-flammes à brûlage continu (2 h)

Tableau 2 : Choix du type d'AF en fonction des conditions de brûlage après inflammation

Tout produit considéré qui n'est pas un hydrocarbure simple doit avoir fait l'objet d'un test spécifique de brûlage continu (ex : alcools).

Seuls les arrête-flammes en bout de ligne sont à brûlage continu. Si un risque de brûlage continu est avéré, il est recommandé d'instrumenter l'appareil avec un dispositif de détection de flammes afin de pouvoir éteindre la flamme en coupant le flux gazeux ou en envoyant un inertant (N₂, vapeur) dans la conduite.

5.5 C ONDITIONS OPERATOIRES ET ENVIRONNEMENTALES

5.5.1 T EMPERATURE ET PRESSION

Une augmentation de température ou de pression peut avoir pour effet de remettre en cause l'efficacité d'un arrête-flamme. La température de service et la pression de service doivent être limitées comme suit :

- Utilisation aux conditions atmosphériques : -20°C à +60°C et 0,8 bar à 1,1 bar absolu
- Utilisation à une température et à une pression élevées : température/pression de service < température/pression prescrites par le fabricant.

Un arrête-flamme pourrait également être défaillant s'il venait à être placé trop près d'une source de chaleur (brûleur, traçage, etc.) ou bien encore si la pression aval venait à augmenter par suite d'une obstruction.

5.5.2 P ARTICULES SOLIDES ET CONDENSATS

En présence de particules solides en suspension dans les gaz ou vapeurs et/ou de condensats, les arrête-flammes peuvent se colmater plus ou moins rapidement en fonction de la technologie utilisée (l'écoulement laminaire étant préférable de ce point de vue à un écoulement turbulent) et entraîner ainsi des blocages dans les écoulements de fluide, voire même permettre la transmission de flamme (notamment en présence de particules solides combustibles). En particulier, les arrête-flammes bout de ligne doivent être systématiquement protégés contre la pénétration d'eau et de poussières venant de l'extérieur et maintenus hors gel. Les arrête-flammes peuvent être munis de dispositifs de purge antidéflagrants en cas de besoin. En cas de colmatage régulier, une surveillance continue de la pression différentielle peut s'avérer utile. L'évacuation des condensats se fait naturellement sur un arrête-flamme positionné verticalement. Si un arrête-flamme est positionné horizontalement, des constructions à fond plat empêchent l'accumulation de condensat dans le fond de l'appareil.

L'utilisation d'arrête-flammes est à éviter avec des substances susceptibles de polymériser et, en tout état de cause, il faudrait demander l'avis au fabricant.

5.5.3 C ORROSION

Les matrices d'arrête-flammes sont généralement réalisées en acier inoxydable. Néanmoins, elles peuvent être fabriquées avec des alliages spéciaux (ex : hastelloy®, tantale, zirconium, etc.) si l'environnement de service le nécessite. Les conditions d'environnement et d'utilisation doivent donc être précisément décrites aux fabricants afin qu'ils puissent proposer une solution appropriée. Une corrosion même infime n'est pas tolérée sur la matrice des arrête-flammes, celle-ci pouvant remettre en cause son efficacité.

5.5.4 P PERTES DE CHARGE

Les arrête-flammes peuvent être une source d'importantes pertes de charge et à ce titre ils peuvent être à l'origine de dysfonctionnements des équipements placés en aval.

Les fabricants d'arrête-flammes peuvent proposer des diamètres de matrice adaptés pour un même diamètre de raccordement afin de compenser au mieux les pertes de charge générées.

6. MAINTIEN DES PERFORMANCES D'UN ARRETE-FLAMME

6.1 M AINTENANCE

Les arrête-flammes doivent faire l'objet d'une inspection et d'une maintenance périodiques sous couvert d'une procédure tenant compte des instructions du fournisseur. Une inspection doit être systématiquement réalisée en cas de sollicitation avérée ou suspectée. Toutes les interventions réalisées doivent être tracées.

Les arrête-flammes statiques peuvent se colmater (condensats, particules, etc.). Il est donc particulièrement important de les entretenir régulièrement. Une surveillance en continu des pertes de charge peut s'avérer utile pour fixer une périodicité de nettoyage optimale. Autrement, il est toujours possible de réaliser une inspection périodique visuelle.

Les méthodes de nettoyage (solvants, eau, vapeur, air comprimé, ultrasons) doivent être compatibles avec les matériaux constitutifs de l'arrête-flamme.

Il faut noter que les opérations de maintenance sur un arrête-flamme peuvent être dangereuses pour le personnel si elles ne sont pas exécutées en tenant compte des mesures de protection nécessaires à toute intervention en atmosphère explosive.

6.2 G ESTION DES MODIFICATIONS

Le dimensionnement d'un arrête-flamme valant pour des conditions de vitesse de flamme et de pression d'explosion maximales spécifiées, toute modification apportée aux tuyauteries (restrictions, coudes, etc.) ou aux conditions opératoires (pression, température) doit faire l'objet d'une analyse d'impact par un spécialiste. Cette analyse doit permettre de statuer sur les conditions de remise en service.

7. FIABILITE DES ARRETE-FLAMMES

Selon les sources bibliographiques étudiées, les probabilités de défaillance à la sollicitation des arrête-flammes anti-détonation ou anti-déflagration varient entre 10^{-1} et 10^{-4} . L'ouvrage « Layer Of Protection Analysis » [14] indique une probabilité de défaillance à la sollicitation de 10^{-2} pour un arrête-flamme anti-détonation ou anti-déflagration. Major U.S. Chemical Company [13] suggère une probabilité de défaillance à la sollicitation de 10^{-4} pour un arrête-flamme anti-déflagration maintenu régulièrement et une probabilité de défaillance à la sollicitation de 10^{-4} pour un arrête-flamme anti-détonation approuvé et maintenu régulièrement. Au regard de ces données de fiabilité et étant entendu qu'un arrête-flamme est un dispositif passif au sens de la définition donnée dans le rapport Q10 [12], qu'il est généralement approuvé avant sa mise sur le marché mais qu'il est difficilement testable après mise en service, **l'INERIS propose de retenir un NC2 sous réserve qu'il soit correctement installé, utilisé et maintenu.**

8. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. Kito : Prospektblatt : Flammendurchschlagsichere KITO-Armaturen für die Lagerung und den Transport brennbarer Flüssigkeiten und Gase, Wilke-Werke AG, Am Alten Bahnhof 15, D-3300 Braunschweig.
- [2]. Protego : Prospektblatt : Braunschweiger Flammenfilter, Armaturen- und Apparatebau GmbH, D-3300 Braunschweig (1981).
- [3]. Explosions accidentelles d'origine chimique – Prévention et protection – CERCHAR (08 décembre 1986).
- [4]. Bartknecht, W. : Explosionsschutz - Grundlagen und Anwendung, Springer Verlag Berlin. Heidelberg, New York (1993).
- [5]. I. VUIDART - Étude sur les équipements de réservoirs de stockages de liquides et de gaz liquéfiés - INERIS (1996).
- [6]. EuropEx - 2nd WORLD SEMINAR on the Explosion Phenomenon and on the Application of Explosion Protection Techniques in Practice (4th, 5th, 6th, 7th and 8th March 1996 Flanders Expo Gent - Belgium).
- [7]. E. DANNIN – C. PROUST - Régimes de propagation d'une flamme dans les canalisations d'unités de récupération de vapeurs inflammables – Efficacité d'un arrête-flamme (décembre 1998).
- [8]. Loss prevention and safety promotion in the process industries - Stockholm-Sweden (19-21 June 2001).
- [9]. EN 12874 – Arrête-flamme – Exigences de performance, méthodes d'essai et limites d'utilisation (juillet 2001).
- [10]. Les mélanges explosifs – 1. Gaz et vapeurs – INRS (décembre 2004).
- [11]. A. BUCHER - Définition des arrête-flammes- ALSATEC (2005).
- [12]. Évaluation des performances des Barrières Techniques de Sécurité (DCE DRA-73) Ω 10 (2008).
- [13]. Major U.S. Chemical Company.
- [14]. Layers Of Protection Analysis - Center for Chemical Process Safety of American Institute of Chemical engineers.
- [15]. S. MAUGER – Aide à l'intervention des inspecteurs des installations classées dans les établissements où des atmosphères explosives peuvent se présenter - « Arrête-flammes dans les stations-service distribuant du Superéthanol » (31/01/2008)
- [16]. HSE Flame arresters the spread of fires and explosions in equipment that contains flammable gases and vapours - 2008