



(ID Modèle = 454913)

Ineris - 212043 - 2190452 - v1.0

18/07/2023

## Systèmes de détection incendie

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

## PRÉAMBULE

Le présent document a été réalisé au titre de la mission d'appui aux pouvoirs publics confiée à l'Ineris, en vertu des dispositions de l'article R131-36 du Code de l'environnement.

La responsabilité de l'Ineris ne peut pas être engagée, directement ou indirectement, du fait d'inexactitudes, d'omissions ou d'erreurs ou tous faits équivalents relatifs aux informations utilisées.

L'exactitude de ce document doit être appréciée en fonction des connaissances disponibles et objectives et, le cas échéant, de la réglementation en vigueur à la date d'établissement du document. Par conséquent, l'Ineris ne peut pas être tenu responsable en raison de l'évolution de ces éléments postérieurement à cette date. La mission ne comporte aucune obligation pour l'Ineris d'actualiser ce document après cette date.

Au vu de ses missions qui lui incombent, l'Ineris, n'est pas décideur. Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient proposés par l'Ineris dans le cadre des missions qui lui sont confiées, ont uniquement pour objectif de conseiller le décideur dans sa prise de décision. Par conséquent, la responsabilité de l'Ineris ne peut pas se substituer à celle du décideur qui est donc notamment seul responsable des interprétations qu'il pourrait réaliser sur la base de ce document. Tout destinataire du document utilisera les résultats qui y sont inclus intégralement ou sinon de manière objective. L'utilisation du document sous forme d'extraits ou de notes de synthèse s'effectuera également sous la seule et entière responsabilité de ce destinataire. Il en est de même pour toute autre modification qui y serait apportée. L'Ineris dégage également toute responsabilité pour chaque utilisation du document en dehors de l'objet de la mission.

Nom de la Direction en charge du rapport : DIRECTION INCENDIE DISPERSION EXPLOSION

Rédaction : MOKRANI Mahdi - TARRISSE ALBIN

Vérification : MASSE FRANCOIS; PRATS FRANCK; TRUCHOT BENJAMIN; ADJADJ AHMED

Approbation : Document approuvé le 18/07/2023 par BOUET REMY

Liste des personnes ayant participé à l'étude :

## Table des matières

1	Acronymes et abréviations .....	7
2	Fonction de sécurité assurée .....	8
3	Normes applicables .....	9
4	Technologies de capteurs .....	12
4.1	Chaleur .....	12
4.1.1	Détecteur ponctuel .....	12
4.1.2	Détecteur linéaire .....	13
4.2	Energie de rayonnement .....	15
4.2.1	UV .....	15
4.2.2	IR .....	16
4.2.3	Multi-IR .....	17
4.2.4	UV/IR .....	17
4.2.5	Caméra thermique .....	17
4.2.6	Détection étincelle/braise .....	17
4.3	Fumées .....	18
4.3.1	Diffusion .....	18
4.3.2	Obscurcissement / cellule ou barrière .....	19
4.3.3	Détecteur ionique .....	19
4.4	Visuels : Vidéo .....	20
4.5	Multi-capteurs .....	20
4.5.1	Cas de la détection gaz .....	21
5	Traitement et centrales incendies .....	23
5.1	Le système de sécurité incendie .....	23
5.2	Les types de signaux .....	24
5.3	Interactions entre les différents traitements automatiques .....	24
6	Critères d'évaluation des performances .....	25
6.1	Efficacité .....	25
6.1.1	Dimensionnement .....	25
6.1.2	Positionnement .....	26
6.1.3	Résistance aux contraintes spécifiques .....	26
6.1.4	Maîtrise des déclenchements intempestifs .....	27
6.1.5	Stratégies de détection selon la norme NFPA 72 : .....	29
6.2	Temps de réponse .....	32
6.2.1	Discussion sur la distinction entre le temps de détection et le temps de réponse .....	32
6.3	Tableau récapitulatif des technologies de détection .....	35
6.4	Niveau de confiance .....	36
7	Tests et maintenance .....	39
7.1	Plan de maintenance .....	39
7.2	Nature des actions de maintien des performances dans le temps .....	39
7.2.1	Tests d'installation (commissioning test) .....	39
7.2.2	Les inspections visuelles .....	40

7.2.3	Les tests périodiques de bon fonctionnement .....	40
7.2.4	Les révisions programmées.....	40
7.2.5	Périodicité des actions de maintenance .....	40
7.2.6	Organisation et traçabilité .....	41
8	Références bibliographiques .....	42
9	Annexes.....	44
1	Dimensionnement.....	48
1.1	Spécificités des détecteurs de chaleur .....	48
1.1.1	Ponctuels .....	49
1.1.2	Linéaires .....	49
1.2	Spécificités des détecteurs de flamme .....	50
1.3	Spécificités des détecteurs de fumées .....	52
1.3.1	Ponctuels .....	52
1.3.2	Linéaires et par aspiration .....	52
1.3.3	Détection en conduit .....	53
1.3.4	Détecteurs de fumée pour la détection précoce, pour les feux couvant.....	53
1.4	Spécificités des capteurs vidéo .....	54
1.5	Spécificités des multi-capteurs .....	54
1.6	Spécificités des détecteurs de gaz .....	54
2	Positionnement.....	55
2.1	Détecteurs de chaleurs.....	55
2.2	Détecteurs de flammes.....	55
2.3	Détecteur de fumées .....	55
2.4	Visuels .....	55
2.5	Processus d'implantation des détecteurs de chaleur et de fumées .....	55
2.6	Détecteurs de gaz.....	58
Figure 1	: Arborescence des systèmes de détection.....	12
Figure 2	: Règles de déclenchement de capteurs thermostatiques et thermo-vélocimétriques .....	12
Figure 3	: Vue en coupe d'un câble détecteur multi-ponctuel .....	13
Figure 4	: Détecteur de chaleur linéaire non réarmable .....	14
Figure 5	: Schéma de principe d'un capteur UV .....	16
Figure 6	: Schéma de principe d'un capteur pyroélectrique (technologie IR).....	16
Figure 7	: Schéma de principe du détecteur par diffusion .....	18
Figure 8	: Cellule de détection par diffusion du VESDA .....	19
Figure 9	: Schéma de principe de la détection par obscurcissement.....	19
Figure 10	: Schéma de principe de la détection de gaz par semi-conducteur.....	21
Figure 11	: Schéma de principe de la détection électrochimique .....	22
Figure 12	: Schémas blocs des SSI de catégorie A .....	23
Figure 13	: Processus de dimensionnement d'un système de détection incendie .....	30
Figure 14	: Distinction entre le temps de détection et le temps de réponse d'un détecteur .....	32
Figure 15	: Déroulé d'un incendie.....	45
Figure 16	: Cinétiques d'un feu couvant et d'un feu vif.....	46
Figure 17	: Synoptique d'un système de détection fixe .....	47
Figure 18	: Cône de vision d'un détecteur de flamme .....	51
Figure 19	: Loi des carrés pour les détecteurs flammes (et vidéo).....	51
Figure 20	: Répartition des alvéoles en fonction de la hauteur h du local et u celle des retombées. (Les alvéoles prises en compte sont celles qui se situent dans la zone 2) .....	57

Tableau 1 : Comparatif des technologies de capteurs des caméras visibles .....	20
Tableau 2 : Exigences relatives aux tubulures des détecteurs par aspiration.....	27
Tableau 3 : Distances D10 et D30 pour les détecteurs de flammes .....	33
Tableau 4 : Principaux modes de défaillances des technologies de détecteurs incendie.....	37
Tableau 5 : RTI pour les détecteurs à température fixe .....	48
Tableau 6 : RTI pour les détecteurs à taux compensé.....	49
Tableau 7 : RTI pour les détecteurs à taux de montée .....	49
Tableau 8 : Classification des détecteurs de chaleur ponctuels.....	49
Tableau 9 : Protection des locaux - Réponse à la chaleur des détecteurs RLTHD avec et sans intégration .....	50
Tableau 10 : Protection ponctuelle - Réponse à la chaleur des détecteurs RLTHD avec et sans intégration.....	50
Tableau 11 : Ordre de grandeur des obscurcissements par technologie.....	52
Tableau 12 : Implantation - Détection ponctuelle de fumée et de chaleur .....	56
Tableau 13 : Implantation – Détection de fumée par aspiration .....	56
Tableau 14 : Implantation - Détection linéaire de fumée .....	56
Tableau 15 : Position du détecteur de fumée sous le plafond.....	57
Tableau 16 : Surface de l'alvéole et nombre d'alvéoles .....	57

## Résumé

Les documents de synthèse relatifs à une barrière de sécurité (B.S.) constituent un corpus pour la maîtrise des risques technologiques majeurs à l'usage des professionnels de la maîtrise des risques (Industriels, Administration, Bureaux d'études, etc.).

Chaque document présente une synthèse sur des dispositifs de sécurité (barrière technique ou humaine de sécurité) organisée par type d'équipement et fonction de sécurité.

Les informations présentées sont les suivantes :

- Fonction de sécurité assurée ;
- Principe de fonctionnement du ou des dispositifs ;
- Critère d'évaluation de la performance (efficacité, temps de réponse, mode de défaillance et niveau de confiance, etc.) ;
- Suivi de la performance dans le temps.

Ce document présente les informations relatives aux dispositifs de détection d'incendie pouvant être employés dans un contexte de maîtrise des risques industriels afin de détecter, prévenir et, selon les cas, initier une phase d'extinction.

Le contexte réglementaire est brièvement rappelé avant de présenter les différentes technologies de détecteurs et de développer leurs principes de fonctionnement. En apportant des informations sur les types de feux et leurs cinétiques, ainsi que sur les critères de performances de ces barrières, le lecteur a à sa disposition des éléments lui permettant de juger de l'efficacité d'un type de détecteur dans une configuration donnée. Ensuite, le document présente des modes de défaillances courants de ces dispositifs ainsi que des notions de fiabilité afin de guider l'évaluation du niveau de confiance. Enfin, des recommandations pour les tests et maintenances sont présentés, permettant de maintenir le niveau de confiance dans le temps.

## Pour citer ce document, utilisez le lien ci-après :

Institut national de l'environnement industriel et des risques, , Verneuil-en-Halatte : Ineris - 212043 - v1.0, 18/07/2023.

# 1 Acronymes et abréviations

**AAFD** : Automatic Area Fire Detection

**ANA** : Analogique

**ANSI** : American National Standards Institute

**APSAD** : Assemblée Plénière de Sociétés d'Assurance Dommage

**B.T.S. / B.S.** : Barrière Technique de Sécurité / Barrière de Sécurité

**BAAS** : Bloc Autonomes d'Alarme Sonore

**CCD** : Charge-Coupled Device

**CMOS** : Complementary Metal Oxide Semiconductor

**CMSI** Centralisateur de Mise en Sécurité Incendie

**CNPP** : Centre National de Prévention et de Protection

**DAC** : Dispositif Adapteur de Commande

**DAI** : DéTECTeur Automatique d'Incendie

**DAS** : Dispositif Actionné de Sécurité

**DCT** : Dispositif Commandé Terminal

**DEL** : Diode Electro-Luminescente

**DL** : Dispositif Lumineux

**DM** : Déclencheur manuel

**DS** : Dispositif Sonore

**ECS** : Ecran de Contrôle et de Signalisation

**ECSAV** : Equipement de Contrôle et de Signalisation d'Alarme Vocale

**ERP** : Etablissement Recevant du Public

**GESI** : Groupement Français des Industries Electroniques de Sécurité Incendie

**Ineris** : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques

**IR** : Infrarouge

**NETD** : Noise Equivalent Temperature Difference

**NFPA** : National Fire Protection Association

**RAMS** : Reliability, Availability, Maintenance, Safety

**RLTHD** : Resettable Line-Type Heat Detector

**SC** : Systematic Capability

**SDI** : Système de Détection Incendie

**SIL** : Safety Integrity Level

**SMSI** : Système de Mise en Sécurité Incendie

**SSI** : Système de Sécurité Incendie

**ToR** : Tout ou Rien

**UCMC** : Unité de Commande Manuelle Centralisée

**UGA** : Unité de Gestion d'Alarme

**UGCIS** : Unité de Gestion Centralisée des Issues de Secours

**US** : Unité de Signalisation

**UV** : Ultraviolet

## 2 Fonction de sécurité assurée

La fonction de sécurité assurée par un système de détection incendie est de signaler l'apparition d'un feu le plus tôt possible en évitant au maximum les faux signalements. Ceci s'effectue par la mise en œuvre d'un ou plusieurs capteurs capables de réagir à une stimulation physique provoquée par la combustion ou au moins l'un des produits de combustion générés par l'incendie à détecter, et de transformer cette grandeur physique en signal électrique exploitable par l'appareil. Le capteur est associé à un transmetteur dont le rôle est de transmettre l'information issue du capteur à une centrale incendie qui déclenchera les actions prévues.

La détection incendie est un des éléments constitutifs d'une barrière de sécurité, pour assurer une fonction de sécurité, elle doit être associée à des dispositifs de traitement de l'information (centrales incendies, automates...) permettant de déclencher différents types d'actions automatiques ou humaines appropriées selon le scénario considéré : déclenchement d'alarmes en vue de réaliser des évacuations, levées de doute ou la mise en œuvre de moyens de lutte incendie par les services compétents, le déclenchement automatique de moyens de lutte incendie, l'arrêt ou la mise en repli d'installations, etc. Le plus souvent une combinaison de plusieurs de ces actions sera prévue.

Les sprinklers, même s'ils peuvent être parfois valorisés en tant que moyen de détection sur certains scénarios, sont avant tout des dispositifs de lutte incendie. Ils font l'objet d'une fiche barrière dédiée<sup>1</sup> et ne sont, par conséquent, pas détaillés dans le présent document.

---

<sup>1</sup> Ineris, BADORIS - Document de synthèse relatif à une Barrière Technique de Sécurité (B.T.S.), Sprinkleur, DRA-11-117743-13772A.

### 3 Normes applicables

Le Code de l'Environnement ainsi que le Code du Travail (Art.4216-1 & suivants, Art.4227-1 & suivants) ne disposent pas explicitement d'exigences de performance pour les systèmes de détection incendie mais formulent essentiellement des exigences de conception et d'exploitation pour la prévention et la maîtrise des risques incendies. On se réfèrera donc principalement aux normes décrites dans ce paragraphe pour la suite du document, notamment concernant les performances des différents systèmes de détection.

La Directive des Produits de Construction 89/106/CEE impose aux systèmes de détection incendie d'être conformes aux normes de la série EN 54 qui incluent un volet conséquent portant sur les différents types de détecteurs utilisés sur le marché. En France, l'AFNOR a transposé la série NF EN 54 comprenant les parties suivantes :

Marquage	Titre
NF EN 54-1 :2021	Introduction
NF EN 54-2 :1997	Equipement de contrôle et de signalisation
NF EN 54-2/A1 :2007	
NF EN 54-3+A1 :2019	Dispositifs sonores d'alarme feu
NF EN 54-4 :1997	Equipement d'alimentation électrique
NF EN 54-4/A1 :2003	
NF EN 54-4/A2 :2006 (projet de révision en cours)	
NF EN 54-5 :2017 +A1 :2018	Détecteurs de chaleur – Détecteurs ponctuels
NF EN 54-7 :2018	Détecteurs de fumée – Détecteurs ponctuels fonctionnant suivant le principe de la diffusion de la lumière, de la transmission de la lumière ou de l'ionisation
NF EN 54-10 :2002	Détecteurs de flamme – Détecteurs ponctuels
NF EN 54-10/A1 :2006 (projet de révision en cours)	
NF EN 54-11 :2001	Déclencheurs manuels d'alarme
NF EN 54-11/A1 :2006 (projet de révision en cours)	
NF EN 54-12 :2015	Détecteurs de fumée – Détecteurs linéaires fonctionnant suivant le principe de la transmission d'un faisceau d'ondes optiques rayonnées
NF EN 54-13+A1 :2019	Evaluation de la compatibilité et de l'aptitude au raccordement des composants d'un système
NF EN 54-16 :2008	Elément central du système d'alarme incendie vocale
NF EN 54-17 :2006	Isolateurs de court-circuit
NF EN 54-18 :2006	Dispositifs d'entrée/sortie
NF EN 54-20 :2006 (projet de révision en cours)	Détecteur de fumée par aspiration
NF EN 54-21 :2006	Dispositif de transmission de l'alarme feu et du signal de dérangement
NF EN 54-22+A1 :2020	Détecteurs de chaleur de type réenclenchables
NF EN 54-23 :2010	Dispositifs d'alarme feu – Dispositifs visuels d'alarme feu

NF EN 54-24 :2008	Composants des systèmes d'alarme vocale – Haut-parleurs
NF EN 54-25 :2008 (projet de révision en cours)	Composants utilisant des liaisons radioélectriques
NF EN 54-26 :2015	Détecteurs de monoxyde de carbone – Détecteurs ponctuels
NF EN 54-27 :2015 (projet de révision en cours)	Détecteurs de fumées dans les conduits
NF EN 54-28 :2016	Détecteurs de chaleur de type linéaire non réenclenchables
NF EN 54-29 :2015 (projet de révision en cours)	Détecteur d'incendie multi-capteurs – Détecteurs ponctuels utilisant une combinaison de capteurs de fumée et de chaleur
NF EN 54-30 :2015	Détecteurs d'incendie ponctuels utilisant une combinaison de capteurs de monoxyde de carbone et de température
NF EN 54-31+A1 :2016	Détecteurs d'incendie multicapteurs – Détecteurs ponctuels combinant l'utilisation de capteurs de fumée, de capteurs de monoxyde de carbone et éventuellement de capteurs de chaleur
<b>Normes européennes non transposées</b>	
CEN/TS 54-14	Guide d'application pour la planification, la conception, l'installation, la mise en service, l'utilisation et la maintenance des systèmes de détection et d'alarme incendie
CEN/TS 54-32	Planification, conception, installation, mise en service, utilisation et maintenance des systèmes d'alarme vocale

La série NF EN 54 ne se réfère qu'aux détections en intérieur, aucun référentiel européen ne couvre l'usage extérieur de détection. Il peut être utilisé comme ligne directrice mais n'est qu'indicatif pour tout usage hors d'un bâtiment.

L'équivalent à l'international de l'EN 54 est l'ISO 7240 qui lui est presque en tout point équivalent, mais comporte des différences notamment en raison d'une structuration et d'exigences de tests différentes.

Aux Etats-Unis, l'ANSI a confié à la NFPA le soin d'établir une norme pour les systèmes d'alarmes incendie. Le NFPA 72 traite de l'intégralité du système d'alarme, du capteur aux communications. Son champ d'application, bien que non explicitement indiqué, est tacitement compris comme étant celui du bâtiment (et donc ne concerne pas a priori l'extérieur, les véhicules, etc.). On retrouve dans ce document des recommandations générales concernant le dimensionnement, les protections des systèmes et les opérations de tests et maintenance à effectuer.

Les normes FM Approvals ont été initiées par la compagnie américaine Factory Mutual Insurance Company (FM Global) pour les tests de produits dans le monde entier et sont fréquemment utilisées par les assurances. Quatre normes sont liées à la détection incendie :

- FM 3210 : Détection de chaleur pour alarme automatique d'incendie ;
- FM 3230 : Détection de fumée pour alarme automatique d'incendie ;
- FM 3232 : Détection image vidéo de fumée d'incendie pour alarme automatique d'incendie ;
- FM 3260 : Détection d'énergie radiative pour alarme automatique d'incendie.

Là où ses standards et critères de performances sont comparables aux EN 54 et NFPA 72 par exemple, les tests préconisés et l'ordre de priorité donné sur les conditions environnementales ne sont pas les mêmes. En outre il est à noter que le standard FM préconise des tests sur de faux stimuli absents des autres standards, ainsi que des éléments portant sur la détection extérieure.

Une norme académique plus poussée et complète a été produite par UL (Underwriters Laboratories) aux Etats-Unis, et comporte les parties suivantes pour la détection incendie :

- UL 217 : Alarmes fumées simples et multiples ;
- UL 268 : Détecteurs de fumée pour systèmes d'alarme incendie ;
- UL 268A : Détecteurs de fumée pour application dans des conduites de ventilation ;

- UL 521 : DéTECTeurs de chaleurs.

À noter que le FM 3230 consiste essentiellement en un renvoi vers les UL 268 et 268A, sans complément par rapport à ceux-ci.

Le CNPP délivre au travers de l'APSAD (Assemblée Plénière des Sociétés d'Assurance et Dommages) des certifications selon différents référentiels pour l'installation (I7) et la maintenance (F7) de système de détection incendie (SDI) et de centralisateurs de mise en sécurité incendie (CMSI). Il a également établi des règles d'installation de système automatique de détection d'incendie et publié le référentiel APSAD R7 qui contient des informations essentielles, notamment sur les points suivants :

- La conception de l'installation et ses exigences ;
- La conception des zones de détection ;
- Le choix des détecteurs de leur nombre et de leur implantation.

Ainsi que des considérations sur les câblages et l'intégration du dispositif de détection dans le reste du système de sécurité et de façon plus globale dans l'installation. Ce référentiel R7 définit aussi des foyers types servant aux essais de vérification des performances, foyers qui sont dimensionnés en fonction du facteur de risque K et du placement des détecteurs.

L'installation du Système de Détection Incendie (SDI) se fait en général en même temps que le reste du Système de Sécurité Incendie (SSI) qui comprend aussi la mise en sécurité et l'extinction. Selon les règles APSAD, Ces systèmes suivent les normes suivantes :

Marquage	Titre
NF S 61-931 :2014	SSI – dispositions générales
NF S 61-932 :2015 + A1/A2 :2018 + A3 :2019	SSI – Règles d'installation du système de mise en sécurité (SMSI)
NF S 61-933 :2019 & 2022 (deux dates indiquées en vigueur)	SSI – règles d'exploitation et de maintenance
NF S 61-934 :1991	SSI – centralisateur de mise en sécurité incendie (C.M.S.I.) – règles de conception
NF S 61-935 :1990	SSI – unité de signalisation (U.S.) – règles de conception
NF S 61-936 :2013	SSI – équipements d'alarme pour l'évacuation (E.A.) – règles de conception
NF S 61-937 :1990-2022	SSI – dispositifs actionnés de sécurité (D.A.S.)
NF S 61-938 :2022	SSI – dispositifs de commande (DCM, DCMR, DCS, DAC)
NF S 61-939 :1992-2014	SSI – alimentations pneumatiques de sécurité (A.P.S.) – règles de conception
NF S 61-940 :2000	SSI – alimentations électriques de sécurité (A.E.S.) – règles de conception
NF S 61-941 :2020-2021	SSI – Equipements de répétition d'exploitation
FD S 61-949-1 :2021	SSI – commentaires et interprétations des normes NF S 61-931 à NF S 61-941
NF S 61-970 :2013 + A1 :2017	SDI – Règle d'installation

## 4 Technologies de capteurs

Ce chapitre présente les technologies de capteurs permettant de détecter la présence d'un incendie. Le diagramme ci-dessous regroupe les différentes technologies présentées dans ce chapitre selon les paramètres mesurés.

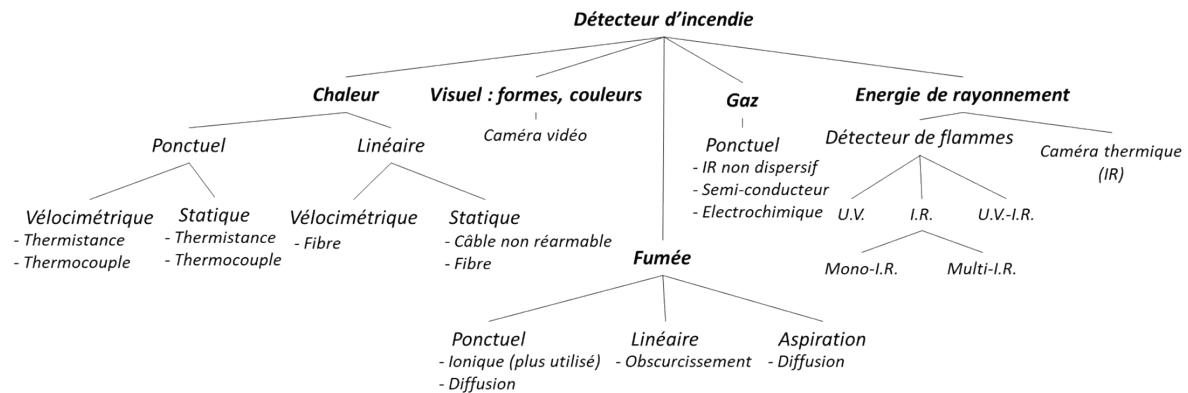


Figure 1 : Arborescence des systèmes de détection

## 4.1 Chaleur

Les capteurs capables de mesurer l'évolution de la température en continu peuvent faire l'objet de traitements particuliers. Lorsque la mesure du capteur franchit un seuil de température fixe ou calculé (différence entre la mesure du capteur et la température moyenne de la zone considérée), il s'agit d'un capteur thermostatique. Lorsque le capteur émet un signal basé sur la mesure de la hausse de température dans un intervalle de temps donné, il s'agit d'un capteur thermo-vélocimétrique.

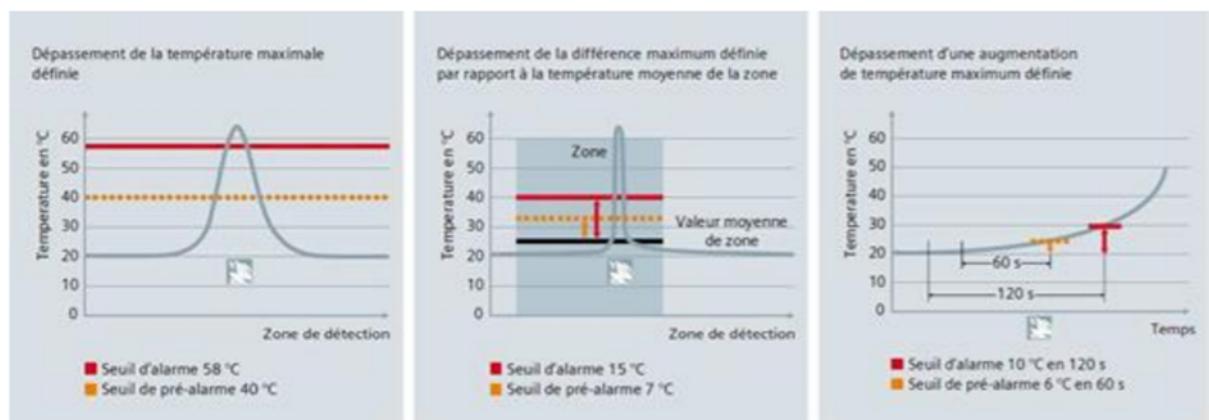


Figure 2 : Règles de déclenchement de capteurs thermostatiques et thermo-vélocimétriques

### 4.1.1 DéTECTEUR ponctuel

Certains détecteurs de chaleur ponctuels se déclenchent, par conception, à un seuil température prédéfini. Ces derniers fonctionnent grâce à un matériau fusible qui va fondre à la température de seuil et déclencher la fonction de sécurité associée.

D'autres détecteurs de chaleur qui permettent d'effectuer une mesure sont constitués de matériaux réagissant à un changement de température en générant une variation de leur résistance ou de tension, on trouve notamment les thermocouples et les thermistances.

#### 4.1.1.1 Thermocouple

Le thermocouple exploite l'effet Seebeck pour déterminer la température. Il est constitué de deux fils de métaux différents soudés l'un à l'autre pour former une jonction de mesure, appelée soudure chaude. Cette jonction, généralement protégée par une gaine métallique, est placée dans le milieu où la température doit être mesurée. Les extrémités opposées à la jonction des deux fils est généralement raccordée à un voltmètre (points connus sous le nom de soudures froides). La présence d'une différence de température entre soudure chaude et soudure froide, engendre une différence de potentiel entre les deux bornes du circuit. Cette tension dépend des métaux constituant le thermocouple (type du thermocouple). Elle est convertie en température à l'aide des tables qui caractérisent le thermocouple considéré, après compensation en tension de la température de soudure froide

#### 4.1.1.2 Thermistance

Les thermistances sont des capteurs basés sur la variation de la résistance électrique en fonction de la température. A l'aide d'un montage électrique adapté du type pont de Wheatstone, il est possible d'analyser le changement de résistance.

### 4.1.2 DéTECTEUR linéaire

#### 4.1.2.1 DéTECTEUR multi-ponctuel

Les détecteurs linéaires multi-ponctuels sont des câbles qui contiennent plusieurs capteurs de températures ponctuels. L'adresse réseau attribuée à chaque capteur permet de déterminer précisément la localisation de l'incendie. Les capteurs permettent de détecter des températures allant jusqu'à 80°C, 120°C voire 200°C selon les modèles. Ces détecteurs ont une précision de 0,1°C et une répétabilité de +/-0,1°C. La distance entre les capteurs va de 0,25 m à 10 m selon les modèles de câbles.

Les câbles sont reliés à des centrales de détections qui permettent de traiter les signaux reçus. On trouve également des boîtes de jonction qui font le lien entre les câbles et la centrale et qui permettent d'ajouter des détecteurs ponctuels.

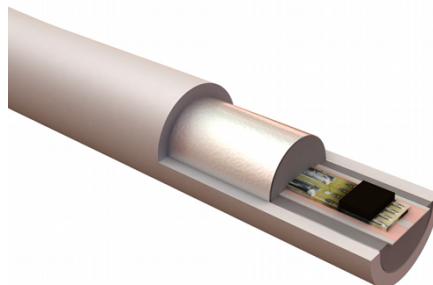


Figure 3 : Vue en coupe d'un câble détecteur multi-ponctuel

Source : Listec

#### 4.1.2.2 Câble non-réarmable

Les câbles non-réarmables sont traversés en continu par une source d'énergie correspondant à un signal en conditions opérationnelles, c'est-à-dire en l'absence d'incendie. Lorsque l'intégrité du câble est atteinte à cause d'une source thermique ou d'une source mécanique, le signal modifié et le capteur envoie le signal correspondant. Le câble est détruit et doit être changé après chaque détection. Chaque câble est associé à une électronique assurant les fonctions d'analyse du signal.

#### Electrique

Le câble est constitué de deux fils conducteurs métalliques entrelacés qui sont isolés individuellement par un polymère thermosensible. Lorsque la température de fusion du polymère est atteinte, ce dernier fond et un court-circuit est créé par le contact des deux conducteurs. Cela a pour conséquence de générer un signal électrique qui est interprété par la centrale de détection. L'analyseur associé au câble peut dans certains cas distinguer les causes de modifications du signal correspondant à une élévation

thermique caractéristique d'un incendie des causes mécaniques correspondant à un déclenchement intempestif. Il peut également localiser la zone où le seuil thermique a été dépassé.

Les câbles sont conçus pour se déclencher à un seuil de température fixe choisi en fonction des objectifs de performance visés. On trouve par exemple des câbles détectant à : 68°C, 89°C, 105°C, 138°C ou 180°C.

Toutefois, certains câbles permettent d'affiner la détection en fonction de la température ressentie par le capteur. Certains câbles sont équipés de trois fils permettant de mettre en place une détection à deux niveaux. Il existe également des modèles CTI (Confirmed Temperature Initiation) qui utilisent les propriétés thermoélectriques des conducteurs afin de mesurer la température au niveau de la détection. Selon la logique de mise en œuvre la plus simple, le capteur ne permet pas de détecter précisément la localisation de l'incendie sur toute la longueur du câble. Dans le but d'affiner la détection spatiale, il est possible de segmenter le câble afin de localiser plus précisément le point de détection.

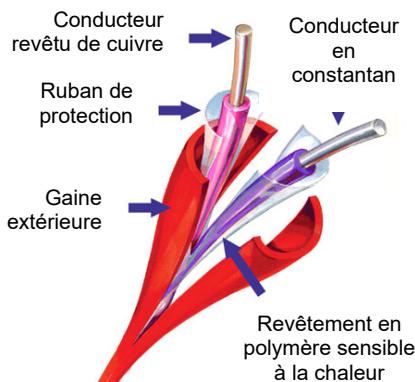


Figure 4 : Détecteur de chaleur linéaire non réarmable

Source : ProtectoWire, modifié

### Pneumatique

On peut également trouver des flexibles thermosensibles sous pression d'air. Dès lors qu'ils sont soumis à une température définie, ils vont se percer et leur pression interne va chuter. Un système d'alarme ou d'extinction automatique peut alors être déclenché sur cette baisse de pression. A l'inverse, il existe des détecteurs linéaires de chaleur remplis par un gaz dont la pression va augmenter lors de l'exposition à des températures plus élevées. De la même manière que pour les câbles électriques, les détecteurs pneumatiques sont associés à un analyseur qui interprète le signal lié à la baisse de pression comme étant la cause d'un incendie.

#### 4.1.2.3 Fibre optique

Un système de détection à fibre optique est composé d'une fibre et d'un interrogateur qui envoie une impulsion de lumière monochromatique et analyse sa rétrodiffusion. De la même manière que les câbles non-réarmables, la fibre optique joue à la fois le rôle de capteur et de support de transmission de l'information entre l'interrogateur et le point de mesure.

La fibre optique est un guide d'onde cylindrique dans lequel passe le faisceau lumineux. Elle est constituée d'un cœur en verre de silice enveloppé dans une gaine optique et recouverte par une gaine mécanique. La gaine mécanique a pour but de protéger la fibre contre les agressions physiques et chimiques. En fonction de l'application, la fibre peut être plus ou moins renforcée. Les câbles de fibres optiques sont en général composés d'un tube en inox ou en Aramide contenant la ou les fibres.

L'onde lumineuse est constituée de trois composantes ayant des longueurs d'onde différentes : la composante de Rayleigh, la composante de Raman et la composante de Brillouin. C'est l'observation de l'amplitude et de la longueur d'onde de la lumière rétrodiffusée qui permet de détecter l'occurrence d'un phénomène physique. Dans le cas des détecteurs d'incendie, on les désigne également sous le

nom de Distributed Temperature Sensing (DTS). Ces derniers mesurent l'amplitude de la diffusion de Raman ou de Brillouin (Cf. document (3)).

La fibre peut mesurer des températures allant de -60°C à +300°C ce qui offre une large plage de détection de températures adaptée à des environnements variés. Elle résiste également aux environnements difficiles, tels que ceux qui sont soumis à l'humidité, la corrosion ou la saleté.

La technologie permet de couvrir de très longues distances de détection. Certains fabricants indiquent des longueurs supérieures à 60 km. Cependant, en pratique il s'avère qu'au-delà de 30 km, les signaux deviennent très bruités et donc difficilement exploitables.

La température mesurée par la fibre correspond à la moyenne de la température ressentie sur l'ensemble d'un segment de fibre. A partir de la vitesse de propagation de la lumière, il est possible de déduire la localisation de la hausse de température à partir du temps écoulé entre l'émission de la lumière et sa rétrodiffusion.

La résolution spatiale et donc la précision de la détection peut être améliorée en segmentant davantage la fibre, néanmoins, plus la résolution spatiale de la fibre est fine, plus le temps de réponse est long. Ce dernier varie d'une dizaine de secondes à une dizaine de minutes.

Un autre avantage de la segmentation réside dans la possibilité d'attribuer des règles différentes de détection à chaque segment. Cela permet d'adapter la détection aux singularités de l'environnement ou du procédé et d'adapter au mieux la détection.

## 4.2 Energie de rayonnement

Les flammes produisent des rayonnements électromagnétiques dans des bandes spectrales spécifiques. Le principe du détecteur de flamme est de réagir à ces rayonnements, en les distinguant des rayonnements interférents présents dans l'environnement d'utilisation. Les détecteurs de flamme optiques sont constitués de capteurs UV (Ultra-Violet) et/ou IR (Infra-Rouge) pour détecter ces rayonnements.

Les capteurs de flammes peuvent être perturbés par la lumière du soleil, les éclairs, les rayons X, gammas et cosmiques, les rayons UV émis par les arcs de soudure, les interférences électromagnétiques.

### 4.2.1 UV

La détection UV des flammes passe par la mise en œuvre de photodiodes tubulaires Geiger-Muller sensibles aux VUV (vacuum ultra-violets, 200-120 nm) ou d'un photomultiplicateur dont la sensibilité est sur une bande très étroite comprise entre 185 et 265 nm pour garantir l'immunité contre le rayonnement solaire. Chaque photon capté dans cet intervalle de longueur d'onde arrive sur une cathode et provoque l'émission d'électrons dans un photo-tube contenant un gaz inerte dans un champ électrique. Propulsés vers l'anode, les électrons ionisent les molécules de gaz générant une réaction en chaîne qui en bout

de course entraîne un bref courant électrique. Si la fréquence de ce phénomène est assez élevée et dépasse un certain seuil préétabli, une alarme est enclenchée signalant la détection de l'incendie.

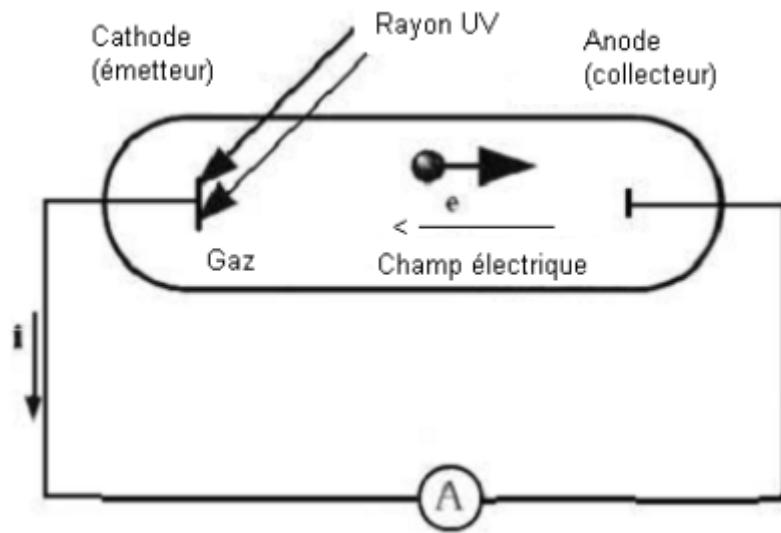


Figure 5: Schéma de principe d'un capteur UV

#### 4.2.2 IR

Les détecteurs de flamme mono-IR sont sensibles à une bande de rayonnement située autour de  $4,4 \mu\text{m}$ , caractéristique du spectre d'émission des feux d'hydrocarbures. Le rayonnement dans cette bande est issu de la relaxation du  $\text{CO}_2$  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. Le rayonnement de la flamme est perçu par le cristal qui génère un signal traité par un filtre passe-bande basse fréquence.

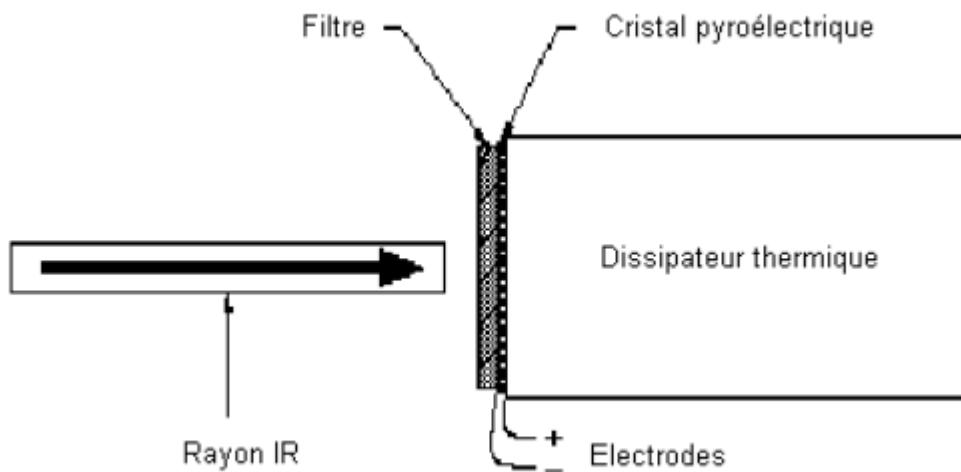


Figure 6 Schéma de principe d'un capteur pyroélectrique (technologie IR)

#### 4.2.3 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. Les émissions captées dans les longueurs d'ondes détectées sont comparées jusqu'à ce qu'une relation entre elles soit établie, permettant alors de caractériser un feu.

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 CO<sub>2</sub> dans la bande 4.2-4.7 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 rayonnements dans les bandes spectrales caractéristiques

Sur la base des informations des différentes cellules de détections, le détecteur envoie un signal électrique correspondant à la présence d'un incendie à la centrale incendie.

#### 4.2.4 UV/IR

Les détecteurs UV/IR sont constitués d'un capteur UV associé à un ou deux capteurs IR, fonctionnant chacun comme décrit précédemment. Les circuits électroniques traitent les signaux issus des deux types de capteurs afin de confirmer le signal de feu de manière plus sûre, tout en requérant impérativement l'exposition aux deux types de rayonnements.

#### 4.2.5 Caméra thermique

Les caméras thermiques n'ont pas de normes dédiées encadrant leur conception et leur utilisation à des fins de détections d'incendie. Néanmoins, elles présentent des caractéristiques intéressantes pour assurer ces fonctions qu'il est souhaitable de présenter dans ce document.

Une caméra thermique ou caméra Infra-Rouge (IR) est un appareil capable de détecter les rayonnements IR ayant une longueur d'onde comprise entre 900 et 14 000 nm. Ces rayonnements sont émis par tous les objets dont la température est supérieure au 0 absolu et augmentent avec la température. Il est possible de détecter aussi bien une température fixe à distance, qu'une différence de rayonnement entre un objet et son environnement.

Les caméras sont constituées d'un objectif qui focalise les rayons IR sur une matrice à plan focal (FPA : Focal Plan Array) jouant le rôle de détecteur, ainsi que de composants électroniques et d'une partie logicielle qui assure le traitement. La matrice à plan focal est composée d'éléments sensibles au rayonnement infrarouge. La résolution de la matrice va d'environ 80 x 80 à 1024 x 1024 pixels.

Pour effectuer de la détection incendie, on utilise des caméras à détecteur non refroidi qui ont une précision de mesure moindre ( $\pm 4^{\circ}\text{C}$ ) que celles à détecteurs refroidis, mais jugée suffisante pour cette utilisation.

Le bon fonctionnement de la caméra thermique repose sur le capteur, mais également sur le bloc électronique et le logiciel associé qui assure le traitement de l'image.

Il est possible de coupler la détection incendie à de la télésurveillance par vidéosurveillance en faisant correspondre des couleurs artificielles aux intensités de rayonnement.

#### 4.2.6 Détection étincelle/braise

Cette technologie est utilisée dans les conduites de produits combustibles, dans des environnements à faible luminosité. Elle met en œuvre une photodiode qui capte l'énergie radiative émise par les braises avec une sensibilité de l'ordre du microwatt et un temps de réponse de l'ordre de la microseconde. Cette énergie est détectée sous la forme de rayonnements essentiellement IR dont la proportion change en fonction de la nature du feu. En plus de l'énergie émise pouvant varier en fonction du scénario, d'autres paramètres comme la vitesse des braises vont influer sur l'implémentation de la technologie, par exemple on mettra en place une détection basée sur un tempo/chronométrage ou un circuit intégrateur

adapté pour des flammes lentes tandis qu'un circuit avec des meilleurs temps de réponse sera adapté aux déflagrations et aux flammes rapides. De plus l'environnement est capital étant donné que certaines fumées peuvent absorber certains rayonnements et donc il faut pouvoir anticiper ces phénomènes en prévoyant des contre-mesures empêchant l'accumulation de tels composés devant l'optique.

Cette technologie est appropriée pour une utilisation en bâtiment à gros volume et grande hauteur sous plafond (hangar, entrepôts), en zones extérieures ou semi couvertes où le vent empêcherait la chaleur ou la fumée d'atteindre un détecteur à cet endroit, les lieux où la cinétique d'inflammation favorise un développement rapide des flammes (stockages, transferts et productions pétrochimiques par exemple), en zones mettant en œuvre des machines à fort risque d'inflammation, et de façon générale tout environnement pour lequel les autres types de détecteurs ne seraient pas appropriés.

## 4.3 Fumées

Les fumées sont les particules émises par l'incendie, dont la quantité dépend des conditions de combustion. Ce mode de détection est le plus courant du fait de ses bonnes performances, en particulier dans les zones propres et sans poussières.

### 4.3.1 Diffusion

La lumière émise par une source arrive en l'absence de fumées à un réceptacle ne comportant pas d'élément sensible. Lorsque des particules de fumées circulent dans la chambre de détection, une partie des rayons lumineux est alors réfléchie vers une cellule photosensible qui, à partir d'un certain seuil, active le détecteur. Ce mode de détection est sensible aux grosses particules de fumées émises par les feux couvants, et moins sensible aux particules plus fines et plus sombres.

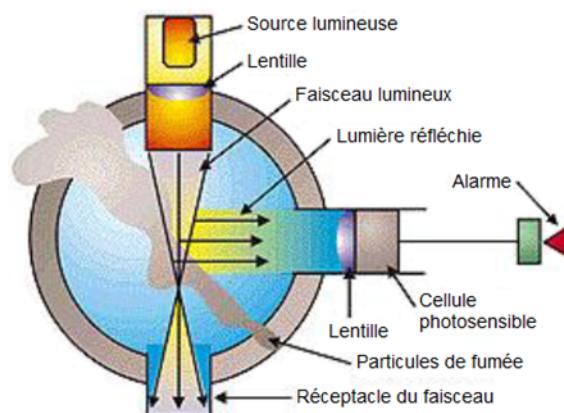


Figure 7 : Schéma de principe du détecteur par diffusion

Source : Traduit du document (5)

Le détecteur le plus utilisé dans l'industrie est le détecteur VESDA conçu par Xtralis®. Son nom est l'acronyme de Very Early Warning Aspirating Smoke Detection – Détection de fumée par aspiration à alarme très précoce. Sa cellule de détection met en œuvre cette technologie, avec comme source émettrice un laser dont la lumière est diffusée par les fumées entrantes.

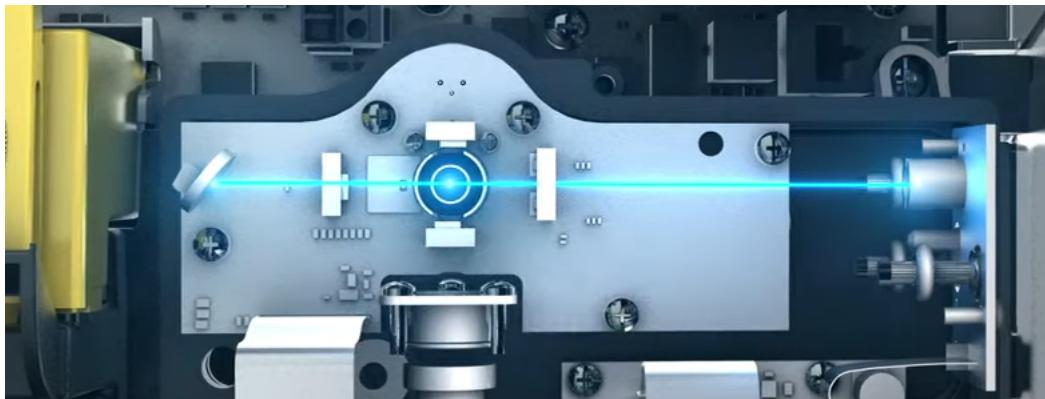


Figure 8 : Cellule de détection par diffusion du VESDA

Source : Xtralis®

Cette technologie est combinée à la technique d'acheminement des fumées par aspiration, par opposition à une attente passive que les fumées n'entrent dans le capteur. Un réseau de tubulures parcourt la zone surveillée avec des entrées acheminant l'air capté qui passe alors par deux filtres, filtrant poussières et impuretés dans l'air afin de non seulement assurer la détection la plus fiable mais aussi éviter la contamination des dispositifs de détection et ainsi assurer leur longévité.

#### 4.3.2 Obscurcissement / cellule ou barrière

La méthode de détection par obscurcissement consiste en l'obstruction d'un faisceau infrarouge émis vers un récepteur. La différence en luminosité reçue permet suivant le seuil fixé d'établir la présence de fumée. Cette technologie fonctionne pour tout type de fumée mais nécessite un grand volume de particules. Elle doit par ailleurs être protégée des autres sources de lumière. Capable à la fois d'effectuer des détections ponctuelles et linéaires, elle peut être adaptée pour des distances de détection allant jusqu'à 100 mètres. Elle est notamment particulièrement adaptée pour couvrir de longs couloirs.

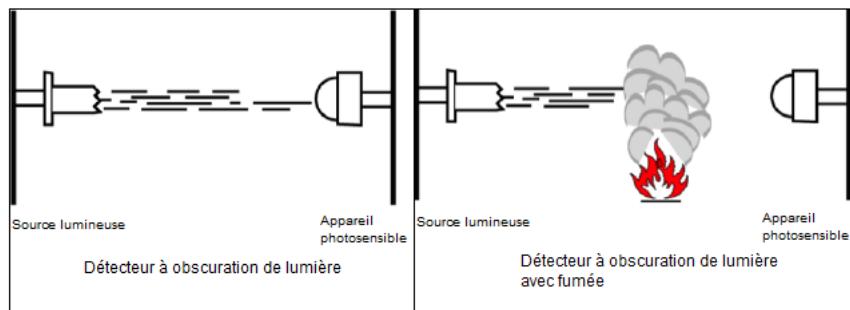


Figure 9 : Schéma de principe de la détection par obscurcissement

Source : Traduit du document (5)

#### 4.3.3 DéTECTEUR ionique

Une dernière technologie existe, qui est la technologie de détection dite par ionisation. Le détecteur comporte un circuit électrique et émet des particules alpha ionisant les molécules atmosphériques. Les ions positifs générés sont attirés vers des plaques de métal dans le détecteur créant alors un faible courant électrique dans le circuit électrique. Le passage de la fumée réduit le nombre d'ions générés et donc d'ions pouvant se fixer sur la plaque de métal. Ceci a pour conséquence un affaiblissement du courant dans le circuit. En deçà d'un certain seuil, le détecteur s'active signalant la présence de fumées.

Ce détecteur, peu cher et particulièrement sensible aux fortes concentrations de particules générées par des flammes ouvertes, est interdit à l'usage des habitations privées depuis 1966 et fait l'objet de deux décisions de l'ASN (autorité de Sécurité Nucléaire) complétant l'arrêté du 18 novembre 2011 et

publié au Journal officiel le 03 décembre de la même année<sup>2</sup>, organisant son retrait progressif des installations, devant être complet en 2017 avec dérogations possibles pour les plans de migrations déjà en place jusqu'en 2021 de par sa production de déchets radioactifs pour l'émission de particules alpha.

#### 4.4 Visuels : Vidéo

Les développements technologiques liés aux caméras vidéo ou CCTV (Closed Circuit Television) et aux traitements automatiques de l'image associés ont fait de la vidéo une solution envisageable pour détecter les incendies automatiquement<sup>3</sup>. Néanmoins, les caméras vidéo ne font actuellement l'objet d'aucune norme encadrant leur utilisation. Il est donc recommandé de les utiliser en complément d'une autre technologie ou pour assurer des fonctions de sécurité ne requérant pas les standards de la sécurité incendie correspondant aux normes.

Dans le but de détecter le départ de feu, l'algorithme d'intelligence artificielle va rechercher sur les images filmées les caractéristiques visuelles des fumées et des flammes, telles que : les couleurs, la fréquence d'oscillation, le sens de propagation, les formes des objets. La prise en compte de l'ensemble de ces critères va permettre de discriminer le feu vis-à-vis de l'environnement et de déclencher la mise en sécurité.

Le capteur est constitué d'une partie optique qui concentre les rayons sur des capteurs CCD (Charge-Coupled Device) ou CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) et d'une partie électronique. Bien qu'étant plus récents, les détecteurs CMOS se sont développés au point d'atteindre des performances équivalentes à celles des CCD. Cependant, on peut distinguer quelques différences.

CCD	CMOS
<ul style="list-style-type: none"><li>- Images de meilleure qualité avec moins de bruit</li><li>- Meilleure sensibilité à la lumière</li><li>- Technologie plus mature</li><li>- Meilleure résolution en général</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Consomme moins d'énergie</li><li>- Simple à fabriquer et moins cher</li><li>- Nombre d'images par seconde plus élevé</li></ul>

Tableau 1 : Comparatif des technologies de capteurs des caméras visibles

(Cf. document 7)

Plus le nombre de pixels est grand, plus l'analyse est fine, mais le risque de fausses alarmes augmente également. Le traitement de l'image nécessite un CPU, un espace de stockage ainsi que l'implémentation d'un logiciel. Il peut se faire directement sur la caméra ou à distance via un serveur de lecture et d'enregistrement.

La détection incendie par caméra peut être couplée à de la surveillance anti-intrusion ainsi qu'à de la levée de doute à distance.

#### 4.5 Multi-capteurs

Les détecteurs combinés soit détectent plus d'un produit de combustion soit utilisent plus d'une technologie de capteur pour la détection d'un seul produit.

Cette combinaison permet d'éviter les déclenchements intempestifs et gagner en rapidité et pertinence de détection par l'ajout de seuils pour les différentes grandeurs à détecter. La mise en œuvre d'algorithmes de reconnaissance de patterns permet d'améliorer encore la fiabilité du système et réduire l'occurrence de fausses alarmes. Dans ce contexte, la mise en œuvre d'apprentissage automatique

<sup>2</sup> Décisions 2011-DC-0252 et 2011-DC-0253 du 21 décembre 2011, homologuées par arrêtés du 06 mars 2012 publiés au Journal officiel le 15 mars 2012

<sup>3</sup> En 2019, le CNPP a délivré un certificat à un système de détection de fumée par caméra vidéo <https://www.cnpp.com/Groupe/Actualites-et-evenements/Page-d-actualites/Systemes-de-detection-incendie-par-video-CNPP-participe-a-la-definition-de-leurs-performances>

permet aux capteurs d'apprendre par l'expérience le pattern spécifique du feu à repérer et ce en amont du déploiement.

#### 4.5.1 Cas de la détection gaz

La combustion ne produit pas seulement des suies et de la chaleur mais aussi des gaz toxiques comme le monoxyde de carbone ou les oxydes d'azote, produits de combustion qui font eux aussi l'objet d'une détection. Lorsque le détecteur est constitué de plusieurs capteurs, on peut utiliser le terme de système de détection gaz. Il comprend un capteur de gaz qui transforme l'information concentration en gaz en information exploitable par l'appareil (c'est-à-dire en signal électrique).

Remarque importante qui vaut pour la suite du document et explique que ce paragraphe dédié à cette technologie de détection soit placé dans les multi-capteurs : bien que cette technologie existe et comporte un volet associé dédié dans la norme AFNOR pour la détection au monoxyde de carbone, celle-ci ne figure pas dans les règles APSAD ni les normes FM de détection incendie. La détection gaz, techniquement possible comme seul moyen de détection, reste peu utilisée comme telle et sera systématiquement rencontrée combinée à un autre moyen de détection. Cette détection peut aussi servir en redondance sur les scénarios incendie et simultanément comme moyen de détection sur d'autres scénarios. Pour une utilisation seule dans le cadre de la détection incendie, la recherche est en cours pour apporter à cette technologie une fiabilité et un coût d'exploitation pouvant rivaliser avec les autres technologies d'ores-et-déjà mises en œuvre.

##### 4.5.1.1 Technologie Infrarouge non dispersive

Cette technologie met en œuvre une détection reposant sur une source infrarouge, un détecteur, un filtre optique, une cellule de gaz et de l'électronique de traitement. La source unique de lumière diffuse vers au moins deux filtres qui sélectionnent les deux longueurs d'ondes allant traverser le gaz. Les longueurs d'onde sont choisies en fonction du gaz à détecter, le plus souvent du dioxyde de carbone. Lorsque le gaz est traversé, la longueur d'onde correspondant à celle absorbée par le gaz choisi verra son rayonnement atténué, ce qui est mesuré par la cellule de détection qui le compare au rayonnement incident de la longueur d'onde témoin. Le principe de Beer-Lambert permet de déduire de cette transmittance la concentration en gaz.

Certains gaz de combustion ne réagissant pas dans l'infrarouge, (tous les composés diatomiques par exemple) cette technologie n'est pas applicable à tout type de feu et doit donc être adaptée au composé surveillé et au feu à détecter. La gamme spectrale de l'eau est une difficulté supplémentaire qui peut rendre la mise en œuvre de cette technologie compliquée.

##### 4.5.1.2 Technologie semi-conductrice

Le matériau support de la réaction d'oxydo-réduction n'est pas un métal mais un oxyde métallique semi-conducteur ( $\text{SnO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ...) de type p ou n, et dont la conduction est due à des lacunes d'oxygène (oxyde non exactement stœchiométrique). Les réactions d'oxydo-réduction, ou simplement d'adsorption à la surface, vont changer la résistivité du matériau, en modifiant le nombre de porteurs de charge. Le matériau est chauffé et la variation de sa résistance est mesurée. La gamme de mesure de ces appareils dépend du traitement du signal implémenté.

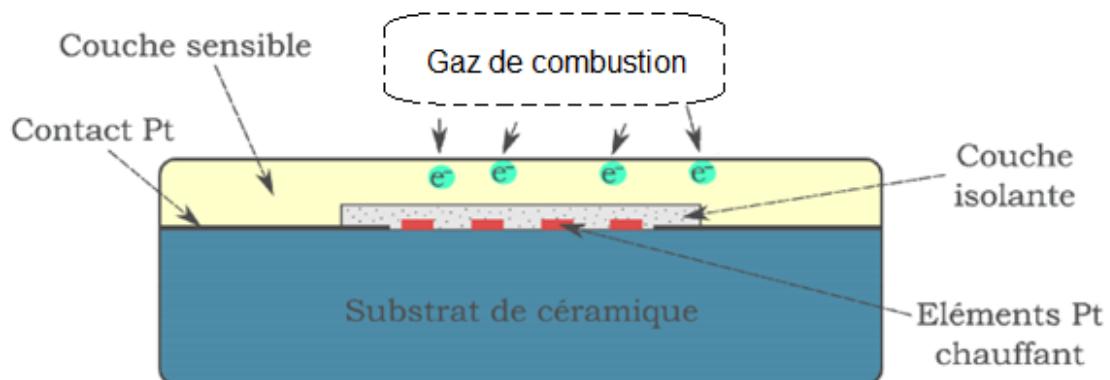


Figure 10 : Schéma de principe de la détection de gaz par semi-conducteur

Les détecteurs à semi-conducteur ne sont pas sélectifs et la sensibilité aux différents composés va dépendre du gaz de calibrage. Ils nécessitent la présence d'oxygène pour fonctionner. Ces détecteurs sont influencés par les conditions ambiantes, notamment par l'humidité. La vapeur d'eau s'adsorbe à la surface du semi-conducteur : c'est un interférent problématique. Et certaines détections de gaz ne sont possibles qu'en présence d'humidité. Un des produits de combustion étant l'eau, ceci peut donc d'autant plus être un problème sans attention particulière. S'ajoute à cela enfin l'énergie nécessaire au maintien en température pour son bon fonctionnement qui peut elle aussi être gênante pour l'exploitant.

Ils sont cependant adaptés par leur robustesse à l'utilisation dans des environnements extrêmes aux ambiances corrosives, en particulier pour des surveillances dans des lieux très chauds et secs dans lesquels on les préférera. Ils bénéficient en outre d'une très longue durée de vie, dépassant les 10 ans, ce qui en fait l'une des technologies résistant le mieux aux effets du temps.

#### 4.5.1.3 Technologie électrochimique

Le principe est basé sur une réaction d'oxydo-réduction à la température ambiante. L'interface sur laquelle réagit le gaz est une interface solide-liquide : le gaz s'adsorbe à la surface d'un catalyseur et réagit avec les ions d'une solution. Le gaz entre dans la cellule par une barrière de diffusion perméable aux gaz mais pas au liquide. Deux ou trois électrodes sont immergées dans un électrolyte, généralement un acide aqueux concentré. Dans le cas 2 électrodes, une électrode de travail et une électrode auxiliaire permettent la mesure de la concentration. Dans la configuration 3 électrodes, une électrode de référence est ajoutée pour éviter des dérives dans la mesure, dues à la création de barrières de charges d'espace (défaut de mobilité des ions). Cette électrode de référence (couple oxydo-réducteur  $O_2/H_2O$ ), au travers d'un montage électrique appelé potentiostat, oblige l'électrode de travail à garder un potentiel constant par rapport à elle. La figure suivante présente schématiquement une cellule électrochimique, appliquée au cas du CO (monoxyde de carbone) qui constitue le gaz le plus couramment recherché dans le cadre de cette détection.

En plus de ce gaz, cette technologie peut être adaptée pour la détection d'autres gaz plus spécifiques à la combustion de certains produits stockés dans l'installation protégée comme par exemple des gaz  $NO_x$  pour des combustion d'engrais. La sélectivité s'obtient par le choix des catalyseurs et le choix des électrolytes.

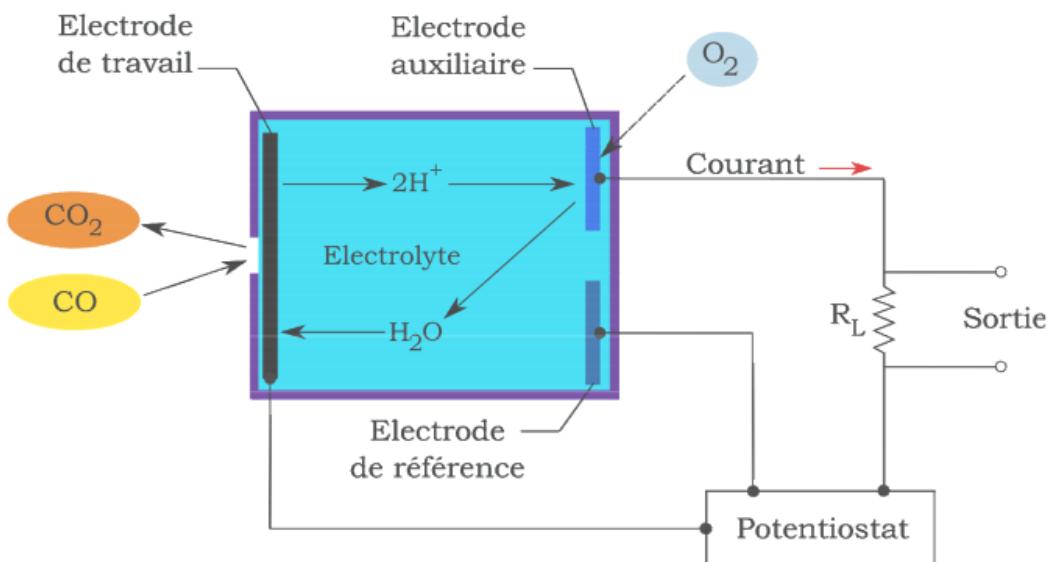


Figure 11 : Schéma de principe de la détection électrochimique

Ce mode de détection très fin peut dans de bonnes conditions détecter des quantités infimes de gaz, de l'ordre de quelques ppm. Et ce malgré des différences de pression. La contamination est cependant très facile, et l'électrolyte étant consommable, il exige d'être remplacé avec le temps.

## 5 Traitement et centrales incendies

Dans le contexte de la sécurité incendie des installations classées, le traitement de l'information du détecteur se fait généralement par une centrale de détection d'incendie avec une architecture et un fonctionnement répondant aux normes du paragraphe 3. Cette architecture est décrite dans le paragraphe ci-dessous, après quoi sont décrits les différents signaux traités ainsi que les interactions entre les différents traitements possibles.

### 5.1 Le système de sécurité incendie

Les systèmes de sécurité incendie, ou SSI, sont chargés de toutes les actions traitant la menace incendie depuis la détection jusqu'à la mise en sécurité. Ces systèmes sont catégorisés de A à E par la norme NF S 61-931, et suivant leur catégorie tous les SSI ne vont pas être constitués des mêmes blocs fonctionnels. Dans tout ce qui suit nous nous intéresseront uniquement aux SSI incluant les détecteurs automatiques d'incendie, ou DAI, dans leur architecture, étant donné que ceux-ci constituent le cœur du sujet du présent document. Seule la catégorie A des SSI satisfait ce critère.

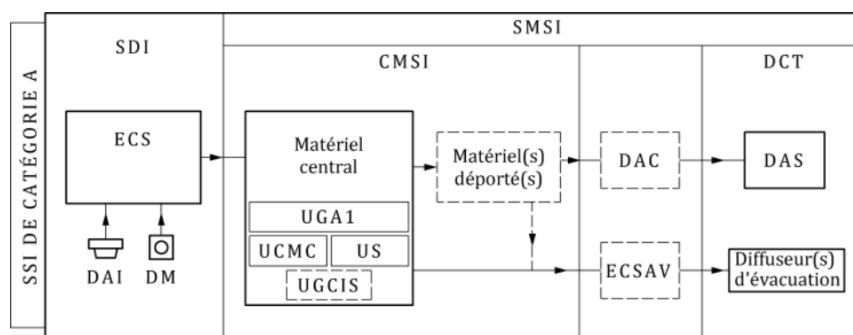


Figure 12 : Schémas blocs des SSI de catégorie A

Un SSI se décompose en deux grands blocs. Le SDI d'abord ou Système de Détection Incendie, est comme son nom l'indique responsable uniquement de la partie détection. Il fait remonter l'information de détection du DAI et/ou du détecteur manuel (DM) vers le reste du système. Le dispositif de détection est associé à un ECS, ou Ecran de Contrôle et de Signalisation, qui alerte de toute sollicitation du système que cela soit pour un signal de dérangement (Cf. Paragraphe 5.2) ou une alarme d'incendie. Il permet alors à l'utilisateur de savoir d'où provient la sollicitation sur le maillage.

L'autre bloc constitutif du SSI est le SMSI ou Système de Mise en Sécurité Incendie. Celui-ci comporte un CMSI ou Centralisateur de Mise en Sécurité Incendie qui, grâce aux informations ou commandes reçues, va commander les actionneurs de sécurité auxquels il est lié. Ce CMSI est constitué d'une Unité de Gestion d'Alarme (UGA) qui permet la diffusion de l'alarme, d'une Unité de Commande Manuelle Centralisée (UCMC) permettant, elle, de mettre par pression des boutons les Dispositifs Actionnés de Sécurité (DAS) en position de sécurité, d'une Unité de Signalisation (US) qui indique la position de chacun des DAS, et d'une Unité de Gestion Centralisée des Issues de Secours (UGCIS) qui permet de gérer le déverrouillage des issues de secours. Le CMSI peut par ailleurs être alimenté par une Alimentation Extérieure de Sécurité (AES) pour garantir la permanence de son opérationnalité en toute circonstance.

Le lien entre le CMSI et les actionneurs remplissant les fonctions de sécurité du SSI est double. Le premier, dirigé vers les dispositifs permettant l'évacuation des locaux, le fait à travers l'Equipement de Contrôle et de Signalisation d'Alarme Vocale (ECSAV) qui redirige la commande vers les différents diffuseurs d'évacuation que peuvent être le dispositifs sonores et lumineux d'alarmes (DS/DL), les Blocs Autonomes d'Alarme Sonore (BAAS) et les issues de secours. Le second lien est en charge des deux autres fonctions de sécurité, à savoir le compartimentage et le désenfumage (voire l'extinction). La commande va cette fois passer par un Dispositif Adapteur de Commande (DAC) transformant la commande électrique en une action pour le Dispositif Actionné de Sécurité (DAS) qui peut par exemple être une porte coupe-feu ou un volet de désenfumage.

Il est à noter que chaque ECS/CMSI ne peut gérer plus de 1024 points de détection par unité. Il faut alors prévoir plus d'une unité séparément installée lorsque le maillage est plus conséquent. En outre, un même SDI peut se retrouver associé à plusieurs CMSI, si un même foyer nécessite des actions distantes séparées qu'un seul ne pourrait opérer.

## 5.2 Les types de signaux

Les centrales incendies sont amenées à traiter deux types de signaux remontés par les détecteurs.

Les signaux de détections correspondent à la mesure physique d'une température (détecteur de chaleur), d'une énergie de rayonnement (détecteur de flammes), d'une concentration de gaz ou de fumées (détecteurs de gaz ou de fumées) ou même d'une forme (caméra vidéo). Les règles logiques associées à chacune de ces mesures dans des configurations données permettent de définir la présence ou l'absence d'un incendie.

Les signaux de dérangement sont des informations remontées par les capteurs ou la centrale de traitement. Ils correspondent à l'information sur l'état de santé du système (par exemple la détection d'un problème d'alimentation) et permettent de savoir si le système est opérationnel et capable de détecter un incendie qui surviendrait. Si le signal de dérangement ne correspond pas à l'état de fonctionnement attendu, une action de maintenance ou bien la mise en sécurité de l'installation peut être nécessaire.

## 5.3 Interactions entre les différents traitements automatiques

Dans la mesure où plusieurs fonctions de sécurité (liées au risque incendie ou non) coexistent sur un même site industriel, plusieurs configurations du traitement de la détection sont envisageables. Lorsque le procédé implique l'utilisation de gaz inflammable, une centrale de détection de gaz peut être utilisée en complément de la centrale incendie, ou alors, les fonctions de détection d'incendie et de gaz peuvent être regroupées au sein d'une même centrale de détection. Les sorties de la centrale incendie peuvent être connectées à un automate de sécurité afin d'actionner des organes de sécurité (vannes d'isolement, dispositifs d'extinction...) manuellement ou automatiquement. L'état du signal de détection peut également être reporté sur un outil de supervision.

## 6 Critères d'évaluation des performances

Dans cette partie sont exposées les différentes composantes permettant de qualifier la performance des détecteurs. Le paragraphe 6.3 du présent document contient un tableau récapitulatif de toutes les technologies citées ici avec les différentes informations de performances, contraintes et positionnement, que l'on invite donc le lecteur à consulter. L'annexe 3 de ce document reprend, elle, plus en détail les considérations d'efficacité particulières à chaque technologie, la partie qui suit ne se limitant qu'à ses principes directeurs.

Les critères de performances vont dans l'ensemble constituer des réponses aux exigences de protection face à un incendie redouté, lequel va être défini par son RHO (Radiant Heat Output – Chaleur radiative émise) et le temps de réponse du dispositif devant détecter la menace. Le dispositif sera performant suivant sa capacité à satisfaire ces deux grandes conditions en plus des exigences subsidiaires propres à chaque cas et à maintenir une stabilité de cette performance dans le temps.

### 6.1 Efficacité

L'efficacité traduit la capacité du système de détection d'incendie à détecter les différents scénarios d'incendie pour lesquels on souhaite valoriser une barrière de sécurité. Ces scénarios sont caractérisés par leur nature (substances mises en jeu), leur intensité et leur localisation.

Ces caractéristiques vont alors affecter et dimensionner l'efficacité de la détection, celle-ci étant sensible aux propriétés du site et des foyers potentiels. Il sera donc important de prendre en compte concernant un site donné son niveau de confinement, sa taille et plus généralement de savoir s'il se situe en intérieur ou en extérieur. Il en va de même de l'environnement dont entre autres la luminosité et le degré de pollution - lié à l'activité ou non - peuvent aussi influencer négativement la capacité de détection. A ces éléments s'ajoutent aussi ceux portant sur la source du feu à détecter : les produits de combustion et la réaction elle-même n'étant pas nécessairement identiques, il en résultera que certaines méthodes de détection et certains positionnements seront plus adaptés et plus efficaces que d'autres.

Pour tout système de détection, l'efficacité dépendra alors :

- De la sensibilité, qui détermine la capacité à détecter une grandeur donnée en un point donné ou sur une zone donnée ;
- Du positionnement et du maillage qui doivent être réalisés en fonction de la nature des détecteurs (détection ponctuelle ou sur une zone, et des scénarios d'incendie que l'on souhaite détecter) ;
- Des seuils de déclenchement qui sont déterminés en fonction du type de détecteur, de sa sensibilité ou de son positionnement.

Ces trois facteurs constituent les critères de dimensionnement et positionnement d'un capteur tels que définis dans le guide Ω10.

Par ailleurs, l'efficacité dépend de la résistance aux contraintes spécifiques, c'est à dire aux conditions environnementales pouvant perturber le fonctionnement du détecteur. Les conditions comprennent notamment les conditions de température, d'humidité, de rayonnement lumineux, des possibles vibrations, de la présence de poussières, de l'environnement radioélectrique (CEM) et des interférents ou agresseurs chimiques (pour la détection gaz notamment)

En outre, les caractéristiques de l'environnement sont parfois à l'origine de déclenchements intempestifs, par exemple à cause de la météo, et de l'altération de la sensibilité du capteur. La sensibilité aux déclenchements intempestifs peut également être un critère d'efficacité et de choix des moyens de détection.

Des éléments relatifs à ces critères d'efficacité sont présentés dans les paragraphes suivants et en annexe.

#### 6.1.1 Dimensionnement

Les normes NF EN 54 données par l'Afnor permettent de voir les exigences d'efficacité suivant le type de détecteur considéré. Les normes FM apportent aussi des informations importantes quant aux

sensibilités notamment. Les informations qui suivent dans ce paragraphe et dans l'annexe 3 associée, où l'on trouvera les éléments détaillés propres aux différentes technologies de détection, seront essentiellement (mais pas exclusivement) issues de ces deux ensembles de textes.

Généralement, plusieurs logiques de détection dépendant de la technologie de capteurs sont envisageables. Les systèmes de détection avec plusieurs détecteurs fiabilisent la détection, en particulier lorsque plusieurs technologies différentes sont mises en œuvre, en ce qu'elles évitent les déclenchements intempestifs dans le cas où une des cellules est sensible à une interférence extérieure. La mesure de plusieurs paramètres permet d'éviter les non-déclenchements et surtout permet de détecter à la fois les feux couvants et ouverts et d'éviter les défaillances de cause commune. La mise en place d'un système de détection par vote évite aussi les déclenchements intempestifs et contribue, suivant la politique de vote choisie, à fiabiliser d'avantage le système (cf. paragraphe 0).

Pour le cas particulier de la protection de groupes de bâtiments sur un site, il peut être intéressant d'utiliser l'approche de protection de zone avec des systèmes automatiques de détection de feu sur zone (Automatic Area Fire Detection, AAFD). L'idée est ici de protéger des bâtiments qui seraient susceptibles d'avoir un incendie s'y propageant depuis l'extérieur. La détection doit toujours intervenir le plus tôt possible afin de garantir un maximum de temps aux équipes d'intervention pour empêcher la conflagration. A cette fin on trouvera surtout des caméras thermiques facilement configurables en seuils de température via logiciel embarqué, des détecteurs de fumées par aspiration qui sont très efficaces pour la couverture de zones, et dans une moindre mesure des détecteurs de chaleurs linéaires. Les détecteurs de flammes peuvent être utilisés mais ils ne sont pas appropriés pour la surveillance de groupe d'objets. Quant aux détecteurs ponctuels de fumées, ils ne sont pas adaptés à la détection en extérieur.

### 6.1.2 Positionnement

L'installation du dispositif de détection doit se faire selon les préconisations du fournisseur et comprendre une vérification de la bonne connexion et du bon fonctionnement par des tests sur site, incluant des étalonnages si besoin. En plus des considérations sur le fonctionnement en lui-même du dispositif, il faut aussi prendre en compte l'accessibilité à la maintenance pour faciliter celle-ci et permettre de respecter les exigences associées précisées par le constructeur. Les différents modes de détection vont aussi avoir des contraintes d'installation différentes.

Les appareils de détection peuvent en ce qui concerne leur positionnement être scindés en trois groupes distincts :

- Les détecteurs ponctuels, qui du fait qu'ils ne couvrent qu'une très faible surface de détection, vont être adaptés surtout sur des locaux plutôt réduits et/ou des foyers potentiels très localisés. Une zone de surveillance plus grande va nécessiter la mise en place d'un maillage de ces dispositifs pour être à même de détecter un départ de feu sur toute la zone à surveiller ;
- Les détecteurs linéaires, qui seront destinés surtout à la couverture de grandes surfaces en particulier des couloirs ;
- Les détecteurs à cône de vision où l'on va trouver les détecteurs de flammes et les détecteurs vidéo.

Au-delà de ces trois regroupements, le temps de détection et la géométrie de la zone à surveiller avec ses potentiels d'obstructions et leur influence sur les écoulements fluides sont essentiels à prendre en compte. Les différents mouvements de convection résultant peuvent affecter la fiabilité de la détection fonction du positionnement choisi.

L'annexe 3 de ce document comprend des éléments plus détaillés concernant les spécificités de positionnement des détecteurs suivant leur technologie, que le lecteur est invité à lire pour aller plus en avant.

### 6.1.3 Résistance aux contraintes spécifiques

#### 6.1.3.1 Contraintes pour l'ensembles des détecteurs

De façon générale, tous les capteurs doivent être mesurés de résister au froid et à la chaleur. Ils doivent aussi résister aux conditions sèches ou humides, ce qui implique de pouvoir supporter des modifications de propriétés électriques des matériaux, notamment des réactions chimiques dues à l'humidité et la

corrosion galvanique. S'ajoute à cela la résistance à la corrosion due au dioxyde de soufre, ainsi que les vibrations, les chocs et impacts mécaniques, et les perturbations électrique et électromagnétique. On retrouvera ensuite dans ce qui suit les contraintes spécifiques additionnelles pour les détecteurs de fumées et le multi-capteur.

#### 6.1.3.2 Spécificités des détecteurs de fumées

Les détecteurs de fumées, par aspiration et linéaires doivent comprendre une protection contre la pénétration de corps étrangers de l'ordre du millimètre dans la chambre de détection pour prévenir la perturbation liée à des insectes par exemple pour ce qui est des détecteurs fermés. Quant aux détecteurs ouverts, tous les composants opto-électroniques actifs sont concernés par cette contrainte. Le masquage total, ou au moins la diminution de l'intensité du signal jusqu'à un certain seuil, doit pouvoir être détecté par un signal de dérangement sans pour autant déclencher de fausse alarme, idem pour le passage d'un objet à 6mm de la surface du détecteur.

Pour les détecteurs par aspiration, en plus des contraintes précédentes s'ajoutent les contraintes mécaniques et de température sur les tubulures :

Propriété	Classe	Dureté
Résistance à la compression	1	125 N
Résistance à l'impact	1	0,5 kg, 100 mm hauteur de chute
Plage de températures	31	-15 °C à + 60 °C

*Tableau 2 : Exigences relatives aux tubulures des détecteurs par aspiration*

Si les tubulures ne sont pas classées, elles doivent répondre aux exigences d'essais décrites dans la norme. Le débit d'air doit être surveillé, avec un signal émis lorsque le débit d'air change de plus ou moins 20% au niveau du capteur, ou bien lorsque 50% des points de captation ou plus sont perdus pour les capteurs à débit constant. Dans tous les cas ce signal doit se déclencher sous 300 secondes. Si le débit venait à être mémorisé, il doit pouvoir être modifié manuellement avec un niveau d'accès suffisant. La mise hors tension ne doit pas modifier la mémoire.

Dans le cas des détecteurs de fumées en conduits, s'ajoute aux contraintes classiques une mention faite sur les fuites d'air qui ne doivent pas altérer le bon fonctionnement du détecteur.

#### 6.1.3.3 Spécificités des détecteurs multi-capteurs

Pour les détecteurs de chaleur combinés à une détection au monoxyde de carbone, il faut en plus des contraintes classiques être en mesure de résister aux perturbations chimiques dues aux fortes concentrations en monoxyde de carbone, notamment, mais aussi aux autres contaminants atmosphériques. Quand ces détecteurs sont en plus combinés à des détecteurs de fumées, alors suivant leurs classes (telles que décrites en annexe), des contraintes supplémentaires à celles citées à l'instant vont s'ajouter. Pour les classes MT et NT, la fumée seule ne doit pas déclencher d'alarme, pour les M et MT le monoxyde de carbone seul ne doit pas déclencher d'alarme, et pour finir la chaleur seule ne doit pas déclencher d'alarme pour les MT.

#### 6.1.4 Maîtrise des déclenchements intempestifs

Les causes de déclenchements intempestifs et donc de fausses alarmes varient bien évidemment d'une technologie à l'autre. Le tableau suivant regroupe les différentes causes possibles recensées de fausses alarmes par technologie et les éventuelles parades à celles-ci : (*voir page suivante*)

Technologie / Détection	Cause	Parade
Température  <i>(Ponctuels et linéaires)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chaleur de l'air ambiant à cause de la météo, du chauffage, du procédé</li> <li>Hausse brusque de température à cause du procédé</li> </ul>	Réglages des seuils / de la sensibilité de détection pour discriminer les déclenchements intempestifs tout en préservant un niveau de détection suffisant. Mise en œuvre de règles de détection : détection thermo-vélocimétrique, moyenne de dépassement d'un seuil de température sur une période donnée...
<i>(Linéaire)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Atteinte à l'intégrité du câble (choc, vieillissement)</li> </ul>	Installation du câble à l'abri des menaces pouvant porter atteinte à son intégrité
<i>(Fibre optique)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chaleur de l'air ambiant à cause de la météo, du chauffage, du procédé</li> <li>Hausse brusque de température à cause du procédé</li> <li>Déformation de la fibre</li> </ul>	<p>Réglages des seuils / de la sensibilité de détection pour discriminer les déclenchements intempestifs tout en préservant un niveau de détection suffisant. Mise en œuvre de règles de détection : détection thermo-vélocimétrique, moyenne de dépassement d'un seuil de température sur une période donnée...</p> <p>Installation de la fibre à l'abri des sources pouvant porter atteinte à la forme de la fibre</p>
<i>(Multiponctuel)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chaleur de l'air ambiant à cause de la météo, du chauffage, du procédé</li> <li>Hausse brusque de température à cause du procédé</li> </ul>	Réglages des seuils / de la sensibilité de détection pour discriminer les déclenchements intempestifs tout en préservant un niveau de détection suffisant. Mise en œuvre de règles de détection : détection thermo-vélocimétrique, moyenne de dépassement d'un seuil de température sur une période donnée...
Flammes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Réflexion de lumières sur une surface réfléchissante (eau, parois métallique, vitres...)</li> <li>Eclairage vacillant/instable (lampe, soudure à l'arc...)</li> <li>Vibration du point de détection</li> <li>Mouvement des arbres à cause du vent qui module la lumière</li> </ul>	Analyse de la longueur d'onde, de son intensité et de la fréquence de scintillement qui doit correspondre aux caractéristiques d'une flamme
Fumées	<ul style="list-style-type: none"> <li>Echappements des véhicules</li> <li>Brouillard, pluie, neige</li> <li>Fumeurs</li> <li>Poussières</li> </ul>	<p>Si possible, utilisation d'un filtre</p> <p>Temporisation, notamment pour les détecteurs linéaires à obscurcissement</p>
Caméra	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensibilité à plusieurs paramètres environnementaux (contrejour, vibrations, température élevée, présence de</li> </ul>	Paramétrier la caméra selon ce que permet l'analyse de risque en ajoutant des masques sur certaines zones y interdisant la détection d'incendie. Ajouter une

	<ul style="list-style-type: none"> <li>vapeur, radiations élevées, poussière et humidité)</li> <li>Objets en mouvement passant devant la caméra avec déplacement lent et/ou voyants clignotants</li> </ul>	temporisation pour discriminer certains événements intempestifs
Gaz	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gaz non ciblé</li> </ul>	Bien identifier l'environnement et l'élément sensible adapté, détection multiple (plusieurs produits de combustion et/ou plusieurs gaz) pour détecter un pattern en lieu d'un seuil unique

Les fausses alarmes peuvent de façon générale entraîner des conséquences importantes si le dispositif de détection est relié à un poste de secours ou à une extinction automatique, ce qui conduit donc souvent à privilégier une levée de doute à distance ou sur place plutôt que le déclenchement systématique de l'extinction. Pour éviter ces alarmes, trois axes d'actions sont généralement considérés : la qualité de l'installation, le respect des consignes d'exploitation et la maintenance appropriée.

Plus particulièrement, les capteurs sont réglables sur les paramètres suivants :

- les seuils d'alarme/de déclenchement : réglables en usine ou par l'utilisateur. Nécessaire de les tester au moment de l'installation (commissioning), après chaque maintenance importante, pour mesurer la dérive du capteur (avec un étalon) ;
- la temporisation / hystérésis (réglable, principalement afin d'éviter un bégaiement du signal voire des déclenchements intempestifs). Le temps de temporisation est à rajouter au temps de réponse du système ;
- le délai de désactivation : le temps que la détection peut être inhibée pour par exemple réaliser une action de maintenance ou un test. La désactivation doit se faire selon une procédure validée ;
- l'intervalle (ou périodicité) d'étalonnage/calibrage, certains détecteurs émettent une alarme lorsqu'ils doivent être testés/maintenus. L'intervalle de test doit respecter les préconisations fournisseurs (ni plus ni moins).

Le réglage des seuils et le paramétrage qui précède entraîne dans certains cas en contrepartie une perte de sensibilité sur la détection, ce qui relève parfois d'un compromis à établir avec les performances recherchées pour celle-ci. Ceci peut passer par une étude pour déterminer la ou les configurations les plus appropriées à l'environnement et/ou au procédé surveillé.

Une logique de vote est aussi implantable en impliquant plusieurs types de capteurs mesurant différentes grandeurs ou bien en comparant les mêmes grandeurs mesurées par introduction de redondance dans la boucle de détection, logique qui contribue à réduire significativement le nombre de fausses alarmes mais au détriment de la sécurité assurée par le système. La variation des technologies et des fournisseurs induit aussi des problèmes organisationnels supplémentaires que l'exploitant doit prendre en compte dans ses choix de systèmes à déployer.

Outre ces éléments, le vieillissement des composants, les vibrations, l'humidité et plus globalement le mauvais entretien des dispositifs conduira aussi à la survenue de fausses alarmes, ce qui justifie l'attention à porter à la maintenance des dispositifs de détection.

### 6.1.5 Stratégies de détection selon la norme NFPA 72 :

L'approche préconisée par le NFPA pour le dimensionnement du système de détection est résumé dans le schéma suivant extrait et traduit du rapport en anglais : (*voir page suivante*)

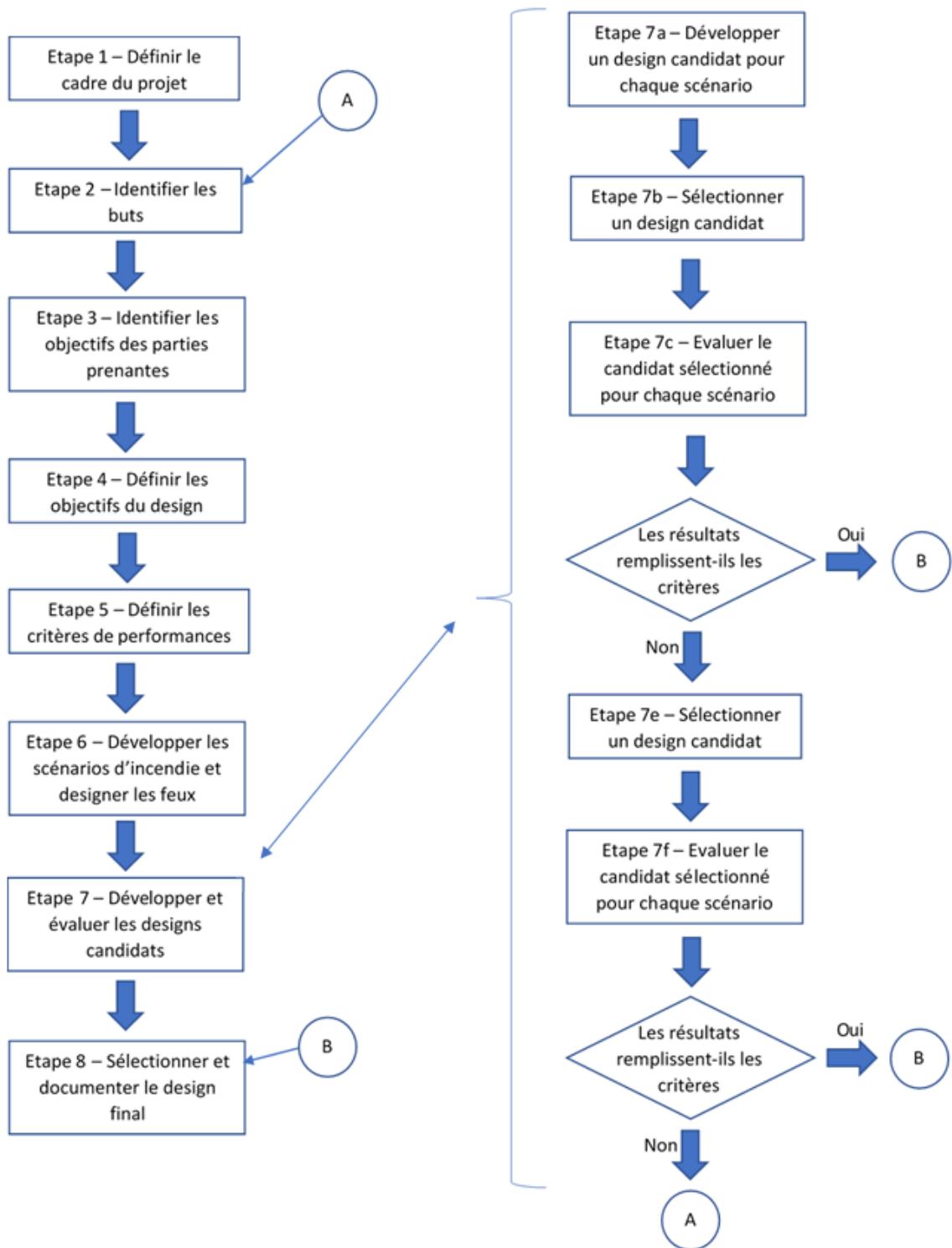


Figure 13 : Processus de dimensionnement d'un système de détection incendie

Source : Traduit du NFPA 72

#### Etapes 1 et 2 :

Il faut d'abord identifier les caractéristiques des bâtiments, l'organisation des équipes, les différentes contraintes physiques et temps, les risques etc. pour bien définir le contexte dans lequel le système va intervenir. Vient ensuite l'identification de l'objectif de la détection parmi les quatre suivants :

- Protéger les vies humaines
- Protéger les biens
- Permettre continuité des opérations
- Limiter l'impact sur l'environnement

#### **Etape 3, 4 et 5 :**

Passée cette étape, il s'agit d'identifier les objectifs des parties prenantes (quelles pertes sont considérées comme acceptables ? quel niveau de sécurité visé ou peuvent-ils se permettre ?). Après toutes ces identifications, il est désormais possible de quantifier les demandes formulées pour pouvoir, à partir de là, définir les critères de performance qui vont permettre de discriminer les différentes solutions pour celles-ci soient adaptées :

- À la typologie de feux visés
  - Scénario d'incendie
  - Grandeur physiques à détecter
  - Tenue au feu (résistance au rayonnement et à la chaleur)
- À l'environnement dans lequel ils se situent
  - Résistance aux contraintes environnementales
  - Interférences générées par les substances présentes
  - Topographie du site
- À l'organisation du site et de l'intervention
  - Temps de détection (c'est-à-dire du départ du phénomène à l'alarme lancée)
  - Risque d'alarme non-justifiée

#### **Etape 6 :**

Le design à proprement parler peut alors commencer. Le point de départ est le scénario de feu sur lequel la configuration va se faire. Il s'agit d'identifier les différentes sources d'incendie, leurs effets et propagations et comment et avec quels enchaînements les différents enjeux vont être mis en danger. Il faut aussi prendre en compte les caractéristiques des bâtiments : leur configuration (i.e. leur géométrie), l'environnement, l'équipement, les caractéristiques fonctionnelles, son emplacement, les sources d'ignitions et les éventuelles considérations esthétiques et/ou historiques. Vient ensuite la prise en compte des occupants : état d'alerte, âge, mobilité, nombre, emplacement, sexe, réactivité, familiarité avec le bâtiment, état mental. Et pour finir vient le moment de caractériser la dynamique du feu.

#### **Etape 7 et 8 :**

Une fois ces informations obtenues, il s'agit de choisir le bon détecteur qui suivant son emplacement et sa sensibilité, permettront de détecter l'incendie avant qu'il n'atteigne sa taille critique. L'analyse de la pertinence des solutions va ensuite prendre en compte la hauteur sous plafond, le temps de réponse des détecteurs, l'espacement entre eux, la température ambiante, la température à laquelle fonctionne le détecteur, la vitesse de variation de température, le coefficient d'intensité du feu.

- Pour une détection de la fumée, il s'agira cette fois d'identifier comment la fumée est transportée, diluée, si celle-ci est vouée à se stratifier, ainsi que sa température. Concernant le détecteur il faudra alors considérer la résistance à l'entrée de fumée dans le dispositif ; la vitesse. Critique. C'est la vitesse minimale pour que les particules de fumées pénètrent dans le dispositif, la réponse suivant la couleur de la fumée, la dépendance à la densité optique et à la température.
  - Pour les détecteurs linéaires de fumées, il s'agit d'estimer la hauteur à laquelle la fumée peut s'élever pour être sûr qu'au moins un rayon sera obstrué par le panache.
- Pour les détecteurs de flamme, en plus de la prise en compte de la sensibilité du détecteur qui est fonction de la distance à la flamme et de la taille de la flamme, il faut prendre en compte le déplacement angulaire de celle-ci et la variabilité suivant le combustible. En outre des facteurs atmosphériques peuvent entrer en compte, sachant qu'il est possible que certaines longueurs d'onde se trouvent plus absorbées que d'autres par les particules dans l'air.
- Des paramètres similaires à ceux des détecteurs de flamme entrent en ligne de compte pour les détecteurs d'étincelles.

Le choix fait, il ne restera alors plus qu'à documenter correctement le choix fait et procéder à son installation.

## 6.2 Temps de réponse

Pour rappel, le temps de réponse d'un système de détection incendie correspond à la somme :

- du temps intrinsèque au capteur pour détecter ce signal ;
- du temps de mise en forme de l'information ;
- du temps de transmissions du signal au centralisateur.

Pour une même technologie, le temps de détection décroît généralement lorsque l'intensité du phénomène physique à mesurer augmente.

Les temps de réponse de toutes les technologies de détecteurs doivent faire l'objet de tests dont les modalités sont encadrées par des normes, notamment la suite de normes NF EN 54.

Selon le NFPA 72, la stimulation initiale du détecteur en fonctionnement nominal doit résulter en une alarme produite sous 10 secondes, et 200 secondes pour des conditions de mise en défaut entraînant une alarme avertissant le périmètre de l'erreur.

### 6.2.1 Discussion sur la distinction entre le temps de détection et le temps de réponse

La détection dans le temps imparti permettant la maîtrise du risque par des moyens d'extinction constitue un critère important de la performance d'une mesure de détection face à un risque d'incendie.

A ce sujet, on distingue d'une part, le temps de réponse d'un détecteur qui correspond à la somme des : temps de détection par la cellule, temps de prétraitement et formatage du signal en signal analogique ou numérique pouvant être interprété par la centrale de traitement, et de temps de transmission du signal jusqu'à la centrale ; et d'autre part, le temps de détection total du détecteur qui correspond au temps de réponse auquel on ajoute le temps de propagation du signal physique du foyer de l'incendie jusqu'à la cellule sensible du détecteur.

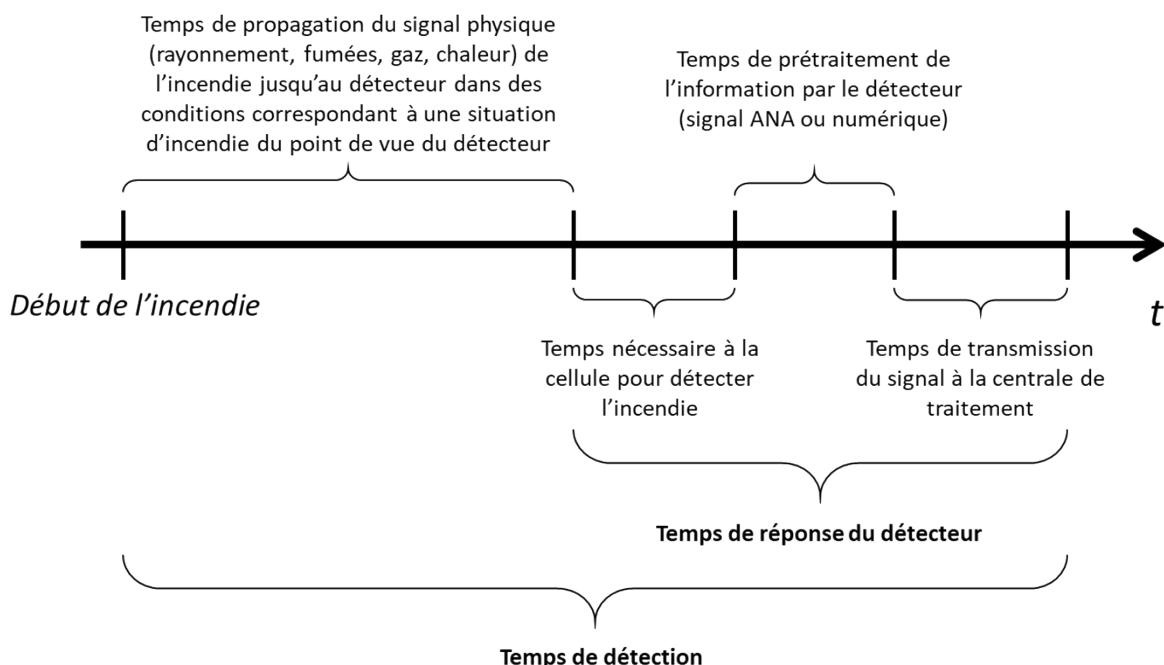


Figure 14 : Distinction entre le temps de détection et le temps de réponse d'un détecteur

Le temps de réponse du détecteur fait l'objet d'un paragraphe dédié (cf. paragraphe 6.2), puisqu'il est applicable de manière identique à toutes les barrières techniques de sécurité. En revanche, le temps de propagation du signal physique est caractéristique des détecteurs et relève plutôt de l'efficacité et des choix faits lors de la phase de dimensionnement. En effet, la rapidité de la détection dépend :

- du signal physique mesuré et de la technologie de capteur retenue. En effet, les signaux mesurés par les détecteurs de fumées, de gaz et de chaleur sont portés par la convexion du

- foyer de l'incendie au détecteur, tandis que les caméras et les détecteurs de flammes captent la radiation émise par le foyer qui se propage en ligne droite ;
- du positionnement des détecteurs et du maillage afin que le détecteur soit suffisamment près du foyer ;
  - de la typologie de feu (s'il s'agit de feux plus ou moins feux vifs ou plus ou moins couvants) ;
  - des conditions environnementales (météo : pluie, brouillard, luminosité...) ;
  - de la typologie des installations (intérieur, petit/grand local, extérieur...).

Par la suite, il est présenté des notions générales en lien avec le positionnement des systèmes de détection afin d'optimiser le temps de détection.

Afin de pallier d'éventuels problèmes liés à la rapidité de la détection dans une configuration donnée :

- Il peut être conseillé d'utiliser des systèmes de détecteur multi-capteurs afin de bénéficier des avantages de chacune des technologies et assurer la meilleure précocité de détection pour différents types de feux.
- Il est possible de régler la sensibilité de la détection, cependant cela peut être à l'origine d'un nombre accru de détections intempestives et fausses alarmes.

#### 6.2.1.1 DéTECTEURS DE CHALEURS

Plus le capteur est éloigné du foyer, plus le temps nécessaire au signal thermique pour atteindre le capteur est important. De ce fait, la détection sera généralement longue dans les grands espaces ou bien lorsque la hauteur sous plafond est importante. De plus, la détection est généralement plus rapide pour les feux vifs à flammes qui sont caractérisés par un flux thermique plus fort que pour les feux couvant où la hausse de température est plus faible.

Lorsque cela est possible, la détection de la hausse de température (thermovélocimétrique) permet d'améliorer le temps de détection.

#### 6.2.1.2 DéTECTEURS DE FLAMMES

La détection au moyen de détecteurs de flammes ne repose pas sur la convection du foyer pour apporter les fumées ou la chaleur jusqu'au système de détection. Par conséquent, la détection peut être plus précoce qu'avec les autres dispositifs (chaleur, fumées et gaz). Le temps de détection étant fonction de l'intensité du phénomène physique, il est possible de définir la distance à laquelle un détecteur de flamme va détecter en 10 secondes (resp. 30 secondes) un incendie dont les caractéristiques sont fixées. Cette distance est appelée D10 (resp. D30). A partir de l'analyse de 12 détecteurs de flamme l'Ineris a pu déterminer les D10 et D30 suivantes pour les détecteurs de flammes.

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 3 : Distances D10 et D30 pour les détecteurs de flammes

(Cf. document (8))

À l'air libre, les distances de détection peuvent différer. Il est recommandé de respecter une marge de 50% sur la distance maximale spécifiée pour utilisation en extérieure.

#### 6.2.1.3 Fumées et gaz

La détection de fumées ou de gaz a un temps de réponse court au regard de la cinétique de l'incendie. Les détecteurs permettant de détecter la présence de fumée à distance (détecteur linéaire ou pas aspiration) permettent de détecter rapidement le feu. En revanche, les détecteurs ponctuels nécessitent

que la fumée ou le gaz parvienne jusqu'au détecteur et détecteront donc la présence d'un feu plus tardivement. Cela est particulièrement vrai dans les grands volumes. Le temps de détection sera plus rapide pour les feux couvant que pour les feux vifs avec des flammes qui produisent peu de fumées. Pour les détecteurs de gaz, il est courant d'utiliser la notion de T90 correspondant au temps que met un détecteur pour atteindre une mesure de sortie correspondant à 90% de la valeur de concentration à laquelle il est soumis.

#### 6.2.1.4 Visuels

Le temps de réponse dépend sur paramétrage de l'algorithme de reconnaissance de formes pour permettre une détection efficace tout en prévenant les déclenchements intempestifs. La détection se fait à distance et ne repose donc pas sur la convexion.

Afin de pallier d'éventuels problèmes liés à la rapidité de la détection dans une configuration donnée :

- Il peut être conseillé d'utiliser des systèmes de détecteur multi-capteurs afin de bénéficier des avantages de chacune des technologies et assurer la meilleure précocité de détection pour différents types de feux.
- Il est possible de régler la sensibilité de la détection, cependant cela peut être à l'origine d'un nombre accru de détections intempestives et fausses alarmes.

### 6.3 Tableau récapitulatif des technologies de détection

Le tableau qui suit a pris pour point de départ le tableau du guide SSI qui a ensuite été complété grâce aux informations additionnelles présentes dans ce document.

Produit de combustion	Fumées			Températures			Flammes			Formes	Gaz		
Technologie	Aspiration	Diffusion	Obscurcissement	Thermovélocimétrique	Thermostatique		UV	IR	Thermique	Vidéo	MOS	Électrochimique	IR non dispersif
Implantation	Multiponctuel	Ponctuel	Linéaire	Linéaire	Ponctuel	Linéaire	Ponctuel	Ponctuel	Ponctuel	Ponctuel	Ponctuel	Ponctuel	Ponctuel
Principe de fonctionnement	Optique (diffusion)		Optique (opacité)	Fibre	Thermistance Thermocouple	Fibre Câble (non-) réarmable	Optique	Optique	IR	Visuel	Chimique (non sélectif)	Chimique (sélectif)	Beer-Lambert
Phénomènes détectés	Feux couvants à évolution lente, feux ouverts à évolution rapide			Feux ouverts à évolution rapide						Feux couvants			
Nature des phénomènes détectés	Fumées claires et sombres, gaz de combustion aérosols	Fumées claires	Fumées claires, fumées sombres	Variation de température T : 10°C/min T maxi : 62°C	Température fixe T maxi : 70°C ou 90°C	Ultraviolets flammes	Infrarouge flammes	Infrarouge flammes. Température allant de - 20°C à 350°C	Images fumées et flammes	Monoxyde et dioxyde de carbone, suivant spécificité autres marqueurs pour des types d'incendie particuliers			
Précocité de détection	Excellent	Bonne	Bonne	Tardive	Tardive	Bonne	Bonne			Bonne	Bonne	Bonne	
Type de locaux	Laboratoires, zones réfrigérées, entrepôts, ateliers, chufferies, parkings, ambiances agressives	Bureaux, couloirs, chufferies, ateliers électriques, parkings, ambiances agressives	Locaux de grande hauteur, grands volumes, atrium	Locaux empoussiérés, extérieur, laboratoires, incinérateurs, ateliers, chufferies, parkings, ambiances agressives, stockage combustible, protection machines	Locaux empoussiérés, extérieur, chaufferies, ateliers de soudure, stockage combustible, protection machines	Laboratoires, dépôts de produits très inflammables, locaux groupes électrogènes, chufferies gaz, mazout, protection machines	Chaufferies, locaux de grande hauteur, dépôt produit très inflammable, local groupe électrogène, laboratoire, grand volume, atrium	Surveillance de groupes, extérieur		Analogue aux détecteurs de fumées (souvent utilisés en complément de ces derniers)			
Perturbations	Parasitage ou risque d'inefficacité	Ambiance particulièrement « sale »	Locaux avec dégagements habituels de vapeur ou de gaz	Obstacles physiques	Variations normales de la température ambiante	Température ambiante proche du seuil de déclenchement	Fumées abondantes masquant les flammes	Brouillard, angle mort, obstruction du cône de vision			Emissions de gaz dans l'environnement	Largage de gaz parasite	
	Courants d'air	Insensible	Vitesse > 5 m/s	Insensible						Vitesse > 5 m/s			
	Température	Insensible	Perturbations et déclenchement d'alarme en cas de givrage		Perturbations si variations brusques de la température en ambiante normale ou si la température normale est voisine du seuil de déclenchement		Risques de perturbations si la température est >70°C	Sources de chaleur modulées	Forte chaleur	Insensible	Adapté aux fortes températures	Température ambiante de fonctionnement -40°C à +50°C	Sources de chaleur modulées
	Humidité	Insensible	Perturbations en cas de condensation		Insensible				Sensible à la vapeur et à l'humidité			Adapté au sec	Adapté à une humidité allant de 15% à 90%
	Fumées, poussières et aérosols	Alarmes intempestives possibles			Insensible				En grande quantité peuvent obstruer/perturber la détection		Alarmes intempestives possibles		
	Variations de pression	Insensible	Alarmes intempestives possibles	Insensible							Alarmes intempestives possibles	Insensible pour une variation de pression <10%	
	Rayons lumineux	Insensible		Sensibilité à l'éclairage direct (naturel ou artificiel) sur le récepteur ou le réflecteur	Insensible		Arcs électriques, éclairages artificiels, intenses rayonnements directs du soleil, éclairs, rayons UV, gamma et X	Rayons du soleil, rayons IR	Radiations élevées	Contrejour, faible luminosité	Insensible		
Hauteur max de surveillance	4 m	Adapté	Adapté	Adapté	Adapté	Adapté	Adapté	Adapté	Pas de contraintes de hauteur maximum				
7 m	Adapté	Adapté	Adapté	Adapté		Adapté	Adapté						
12 m	Adapté	Adapté	Adapté			Adapté	Adapté						
20 m	Montage spécifique		Accord prescripteur			Adapté	Adapté						

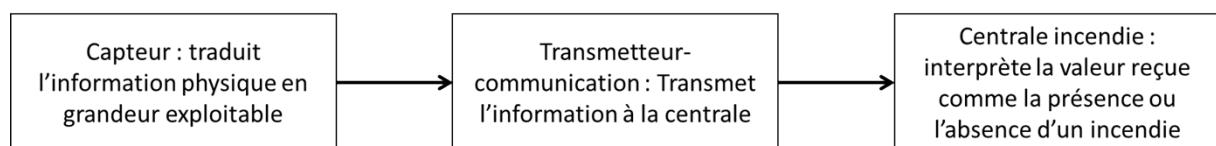
## 6.4 Niveau de confiance

**Note :** Le paramétrage des détecteurs (réglage de la sensibilité), l'utilisation redondante d'une ou plusieurs technologies de capteur et leur influence sur la fiabilité de la fonction de sécurité et les déclenchements intempestifs sont détaillés aux paragraphes **Error! Reference source not found.** et **Error! Reference source not found.** du présent rapport.

Les principaux modes de défaillance d'un système de détection incendie correspondent à :

- la non détection de l'incendie (défaillance dangereuse) ;
- la détection trop tardive de l'incendie (défaillance dangereuse) ;
- une fausse alarme ou bien une détection intempestive (défaillance non dangereuse).

Ces défaillances du système peuvent être la conséquence de défaillances issues de la partie capteur, de la partie transmission et communication du signal ou bien de la partie centrale de traitement. A ce niveau, les modes de défaillances dangereux correspondent à un signal mesuré ou interprété qui n'est pas conforme à la situation réelle, cela peut être la cause d'un signal figé, d'une dérive du signal (dans le sens positif ou négatif) ou bien de l'absence de signal.



Chacune des technologies de capteur possède des causes de défaillances particulières à l'origine des modes de défaillances listés.

Signal	Implantation	Capteur	Modes de défaillance
Chaleur	Ponctuel	Thermistance	Court-circuit Circuit ouvert Dérive
		Thermocouple	Court-circuit Circuit ouvert Dérive
	Linéaire	Fibre	Atteinte à l'intégrité de la fibre optique Court-circuit, circuit ouvert ou dérive des composants électroniques
		Câble non réarmable	Evolution des propriétés des composants thermofusibles et décalage du point de fusion Perte d'intégrité des composants permettant la détection Court-circuit, circuit ouvert ou dérive des composants électroniques
Energie de rayonnement	Détecteur	UV, IR	Court-circuit, circuit ouvert ou dérive des composants électroniques Encrassement de l'optique
	Caméra	IR	Court-circuit, circuit ouvert ou dérive des composants électroniques Encrassement de l'optique
Fumée	Ponctuel	Optique, diffusion	Encrassement de la cellule optique Dérive des propriétés du signal optique Court-circuit, circuit ouvert ou dérive des composants électroniques
	Aspiration ( <i>multiponctuel</i> )	Optique, diffusion	Encrassement de la cellule optique (défaillance dangereuse) Dérive des propriétés du signal optique Court-circuit, circuit ouvert ou dérive des composants électroniques

Signal	Implantation	Capteur	Modes de défaillance
	Linéaire	Optique, obscurcissement	Engrassement de la cellule optique (défaillance sûre) Dérive des propriétés du signal optique Court-circuit, circuit ouvert ou dérive des composants électroniques
Visuel : formes, couleurs	Caméra	Vidéo, visuel	Court-circuit, circuit ouvert ou dérive des composants électroniques Engrassement de l'optique
Gaz	Ponctuel	IR dispersif	Engrassement de la cellule optique (défaillance dangereuse) Dérive des propriétés du signal optique Court-circuit, circuit ouvert ou dérive des composants électroniques
		Semi-conducteur	Court-circuit, circuit ouvert ou dérive des composants électroniques Dérive des propriétés chimiques : - Endommagement et augmentation du temps de réponse - Saturation
		Electrochimique	Court-circuit, circuit ouvert ou dérive des composants électroniques Dérive des propriétés chimiques : - Endommagement et augmentation du temps de réponse - Saturation

Tableau 4 : Principaux modes de défaillances des technologies de détecteurs incendie

La plupart des détecteurs listés ci-dessus étant des composants intégrant du logiciel et des moyens de diagnostic, ils disposent de sorties relais, analogiques ou numériques permettant de signaler certains défauts.

De manière générale, on affecte un niveau NC1 à un détecteur sans redondance. La redondance entre plusieurs détecteurs permet d'atteindre un NC2. Pour le cas où plusieurs détecteurs sont utilisés il faut toutefois évaluer s'ils ont pour objectif de couvrir différentes zones (maillage), d'éviter les déclenchements intempestifs (déclenchement si plusieurs détecteurs sont au seuil) ou de réaliser une architecture redondante (tolérante à au moins une défaillance). Seul le dernier cas permet d'atteindre un NC2. Les 3 objectifs peuvent être recherchés pour un même système, par exemple, en mettant en œuvre plusieurs points de mesure avec chacun une architecture 2oo3 (2 détecteurs parmi 3 nécessaires pour déclencher la fonction de sécurité)

Il est possible de justifier un niveau de confiance de 2 à partir du retour d'expérience si l'analyse quantifiée<sup>4</sup> d'un retour d'expérience pour un détecteur similaire et dans des conditions d'utilisation similaires à l'application considérée le permet.

Les détecteurs peuvent disposer d'un certificat de conformité attestant de leur niveau d'intégrité de sécurité (SIL). Il est nécessaire de distinguer plusieurs notions :

- Le niveau d'intégrité de sécurité (SIL) s'applique à une fonction de sécurité dans son ensemble (détecteur, traitement, actionneur). Il est compris entre 1 et 4. Il est évalué selon les exigences de la norme IEC 61511 ou de la norme 61508.
- La capacité de niveau d'intégrité de sécurité (SIL Capability) s'applique à un équipement composant d'une fonction de sécurité. Il est compris entre 1 et 4 et lorsqu'il est supérieur ou égal à 2, un niveau de confiance de 2 peut être retenu. Il est évalué selon les exigences de la norme IEC 61508.
- La capacité systématique (SC) s'applique également à un équipement composant d'une fonction de sécurité et est également compris entre 1 et 4. Il correspond à la satisfaction des exigences relatives aux moyens d'éviter les défaillances systématiques de la norme IEC 61508 qui sont incluses dans l'évaluation du SIL Capability. La SC permet, au moyen de

<sup>4</sup> Selon : INERIS- DRA-17-164432-10199B, Méthodes d'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience, 01/07/2015

redondances matérielles, de considérer un meilleur SIL pour l'ensemble de la fonction de sécurité.

Le plus souvent le certificat d'un détecteur indiquera un SIL ou SIL capability atteint par le détecteur seul (typiquement SIL2) et parfois une Systematic Capability pour l'utilisation de détecteurs en redondance (typiquement, SC3 permettant de considérer que deux détecteurs en redondance constituent un système de détection SIL3).

On considère que le NC d'un détecteur peut être pris comme équivalent à son SIL sous réserve de respecter les conditions de validité du certificat relatifs par exemple au paramétrage, à la prise en compte des signaux de défauts par l'automate ou la centrale incendie, aux règles d'exploitation maintenance et tests.

**Finalement, lorsque le système de détection est efficace à 100% dans son contexte d'utilisation, qu'il est maintenu et testé régulièrement et qu'il est conçu comme un dispositif à sécurité positive ou bien lorsqu'il est fiabilisé, le niveau de confiance par défaut peut être pris égal à 1, s'il n'y a pas de redondance, 2 s'il y a de la redondance ou équivalent à son SIL éventuel.**

## 7 Tests et maintenance

### 7.1 Plan de maintenance

Les systèmes de détection d'incendie, contrairement aux outils de production sont des systèmes en attente de sollicitation, qui peut survenir plusieurs années après sa mise en place. En outre, les détecteurs sont placés dans des environnements industriels parfois contraignants (vibrations, humidité, évolution thermique, poussières...) pouvant être à l'origine des défaillances du système. Ils doivent par conséquent fonctionner sans défaillance en l'absence de sollicitation, bien que leur vieillissement soit inévitable.

Il est donc nécessaire qu'ils fassent l'objet d'un suivi à travers une politique de tests et de maintenance pour maintenir leur niveau de performance dans le temps.

Les actions d'inspections, de tests et de maintenance sont définies par le fabricant des composants du système, par le concepteur de l'installation ou à défaut par le mainteneur de l'installation.

Elles doivent être intégrées à un plan de maintenance pouvant reposer notamment sur :

- des exigences normatives ;
- des standards internes ;
- des exigences du fournisseurs ;
- du retour d'expérience interne ou externe.

Dans le cas où ces détecteurs sont utilisés dans une mesure de maîtrise des risques vis-à-vis des risques majeurs, la maîtrise de leur vieillissement doit se faire conformément au guide DT93 (Cf. document (11)). Ce guide constitue principalement :

- un panorama des techniques existantes (françaises et étrangères) pour le suivi des MMRI et de leur matériel connexe (utilités),
- un document pratique donnant des règles pour la gestion et la maîtrise globales du vieillissement de ces équipements dans le temps.

### 7.2 Nature des actions de maintien des performances dans le temps

Le suivi du maintien des performances dans le temps repose sur différentes actions présentées dans les paragraphes suivants.

#### 7.2.1 Tests d'installation (commissioning test)

Les tests d'installation sont réalisés à la fin de l'installation du système de sécurité. Ils visent à vérifier que le système est correctement câblé et qu'il fonctionne comme spécifié. Ils font l'objet d'un traçage documentaire particulier et actent la fin de la phase d'installation permettant le début de la phase d'exploitation. Ces tests doivent être réalisés, à minima, à chaque modification majeure du système de détection incendie ou maintenance importante.

Dans tous les cas, les tests fonctionnels sur les détecteurs doivent comprendre :

- Le contrôle des sources d'alimentation
- L'essai de fonctionnement des détecteurs
- Le contrôle du comportement sur défauts (perte liaison, défaut détecteur...)
- La vérification de la fiabilité
  - Vérification de la bonne installation et orientation des détecteurs
  - Vérification des connexions électriques
  - Vérification de la transmission du signal vers la salle de contrôle, l'automate ou la centrale incendie
  - Vérification des réglages des seuils
  - Vérification du temps de réaction
  - Vérification du comportement attendu en présence de défaillance
- La vérification du calibrage d'étalonnage

## 7.2.2 Les inspections visuelles

Elles permettent de contrôler l'état général du système de détection. Elles consistent à :

- contrôler la présence des détecteurs et des équipements associés ;
- contrôler le positionnement et de l'identification des équipements associés par rapport aux spécifications du dossier technique (prise en compte des modifications survenues depuis les précédentes inspections) ;
- le contrôle du bon état et de la propreté des détecteurs et des centrales ;
- le contrôle du bon état des câblages et des connectiques ;
- toutes les actions de contrôles préconisées par le constructeur des détecteurs.

Selon, le résultat de ces tests, il peut être nécessaire de mener des opérations de maintenance correctives.

## 7.2.3 Les tests périodiques de bon fonctionnement

Comme décrit au paragraphe 0, la mesure des détecteurs est susceptible de dériver dans le temps et leur fonctionnement peut être altéré par des paramètres extérieurs (interférents, poisons, humidité, température, poussière...). Il est donc indispensable de vérifier périodiquement leur bon fonctionnement et en cas de besoin, de réaliser des tests périodiques de bon fonctionnement. Ces tests permettent de vérifier la réponse du système de détection à une sollicitation ou à un défaut fonctionnel et peuvent être séparés en deux catégories.

**Les essais fonctionnels par sollicitation** sont réalisés à l'aide des moyens permettant de tester l'ensemble de la chaîne de la cellule de détection jusqu'à la génération de l'alarme. La sollicitation doit être locale, elle peut être effectuée à partir d'un générateur produisant le phénomène physique adapté (gaz étalon, dispositif de chauffage, lampe, production de fumées...).

**Les essais de dérangement** consistent à générer un défaut du bon fonctionnement (défaut d'alimentation, obturation des optiques, des tubulaires, atténuation des faisceaux...) afin de vérifier le comportement du système de détection incendie (génération d'une alarme, mise en sécurité du système...).

Selon les résultats des tests, cela peut conduire à réaliser des opérations de maintenance préventive ou corrective du système de détection.

## 7.2.4 Les révisions programmées

Les **révisions programmées** (ou maintenance préventive) peuvent correspondre, par exemple, au nettoyage des optiques des caméras et détecteurs de flammes, au recalibrage des détecteurs de gaz, de fumées ou de température ou bien au remplacement des composants constituant le système de détection incendie.

## 7.2.5 Périodicité des actions de maintenance

La nature et la périodicité des opérations de maintenance préventive et des essais fonctionnels, figurent dans les notices élaborées par les fabricants. La norme NF S 61-933 indique qu'à défaut de définition de la périodicité, les essais fonctionnels doivent être réalisés au minimum une fois par an. Le référentiel R7 de l'APSAD quant à lui préconise de réaliser les vérifications périodiques (inspections visuelles et essais fonctionnels) tous les 6 mois et de réviser complètement l'installation tous les 10 ans.

Pour les détecteurs de gaz qui ont fait l'objet d'une conformité à la norme IEC 61 508 (cf. document (12)), le certificat « SIL » peut fixer une périodicité de test. Il faut s'assurer que cette périodicité de test (et les tests prescrits) couvre la globalité du détecteur (avec la partie sensible) et pas uniquement la partie « transmetteur ».

Par conséquent, la périodicité pourra être fixée au cas par cas dans le respect des exigences réglementaires minimales.

## 7.2.6 Organisation et traçabilité

Il est important, pour l'industriel, d'avoir une gestion adaptée de la maintenance. Cette gestion qui s'effectue par exemple via un outil de GMAO (Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur), ou un SGS (Système de Gestion de la Sécurité) doit notamment prendre en compte les aspects suivants :

- des procédures documentées et référencées ;
- les ressources techniques (moyens et outils adaptés et étalonnés) ;
- les pièces de rechange ;
- la traçabilité des actions réalisées ;
- l'enregistrement des résultats (les fausses alarmes, les défaillances et les dérives doivent être enregistrées et analysées pour améliorer la détection de gaz (optimisation du maillage, optimisation de la fréquence des tests, définition de la fiabilité, ...)) ;
- la gestion des modifications (réalisation d'une analyse d'impact, circuit d'autorisation, mise en place d'un moyen compensatoire, ...)) ;
- la gestion des by-pass (arrêt de l'installation à contrôler, mise en place de moyen compensatoire,...)).

Les actions de maintenance doivent être réalisées par un personnel qualifié par exemple dans le cadre d'un contrat de maintenance avec une entreprise dont le service de maintenance est certifié selon le référentiel APSAD F7 relatif aux services de maintenance des systèmes de détection d'incendie et des centralisateurs de de mise en sécurité incendie.

Chaque action de tests et de maintenance doit faire l'objet d'un enregistrement permettant la traçabilité de l'ensemble du plan de maintien des performances dans le temps. Dans les fiches d'enregistrement, les informations suivantes doivent notamment y figurer :

- l'indication de l'appareil ;
- la date et nature des contrôles réalisés (remplacement des pièces, nettoyage, vérification, ...) ;
- le résultat du contrôle (déclenchement des alarmes, temps de réaction, ...), au départ puis après un calibrage le cas échéant ;
- le numéro des appareils d'étalonnage et leurs caractéristiques ;
- la date et nature d'événements inhabituels (autres interventions sur le site, incidents divers).

## 8 Références bibliographiques

- (1) INERIS, Evaluation de la performance des barrières techniques de sécurité – OMEGA 10, DRA-17-164432-10199B, 23/05/2018
- (2) CNPP, <https://www.cnpp.com/Certification/Votre-profil/Fabricants-Installateurs-Experts/Services/CERTIFICATION-APSAD> [Consulté le 20/01/2021]
- (3) INERIS, Guide INERIS pour la mise en œuvre d'un système de détection de fuite sur tuyauterie par fibre optique, DRA-15-149138-10562C, 2017
- (4) FLIR, Guide de l'infrarouge pour l'automatisation, Surveillance et contrôle de la température avec des caméras IR
- (5) SP, Fire detection & fire alarm systems in heavy duty vehicles: WP1 – Survey of fire detection in vehicles, 2015
- (6) INERIS, OMEGA 22 – Principes et techniques pour la détection des gaz, 2008
- (7) HowStuffWorks, Key differences between CCD and CMOS imaging sensors, <https://electronics.howstuffworks.com/cameras-photography/digital/question362.htm> [Consulté le 20/02/2021]
- (8) INERIS, Evaluation des performances des barrières de sécurité Essais de performance comparatifs sur une gamme de détecteurs de flamme, DRA-11-117743-08553A, 2011
- (9) AFNOR, Systèmes de sécurité incendie (SSI) — Dispositions générales, NF S61-931, 2014
- (10) AFNOR, Règles d'installation des Systèmes de Détection Incendie (SDI), NF S61-970, 2013
- (11) UIC, Guide méthodologique pour la gestion et la maîtrise du vieillissement des mesures de maîtrise des risques (MMRI), DT93, 2011
- (12) AFNOR, Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité parties 1 à 7, NF EN 61508, 2011
- (13) AFNOR, Sécurité fonctionnelle - Systèmes instrumentés de sécurité pour le secteur des industries de transformation NF EN 61511, 2017
- (14) CNPP, APSAD, Référentiel de certification de service de maintenance R7, Systèmes de détection d'incendie et centraliseurs de mise en sécurité incendie, 2018
- (15) GESI, Maintenance des installations de Systèmes de Sécurité Incendie (SSI), 2016
- (16) AFNOR, Systèmes de détection et d'alarme incendie, NF EN 54
- (17) CHUBB, SICLI, Guide SSI, l'intégrale de la sécurité
- (18) Société Wallonne du Logement, Guides sécurité incendie
- (19) NFPA 72: National fire alarm and signaling code, 2013
- (20) INERIS, BADORIS – Document de synthèse relatif à une barrière technique, Détecteur de flamme, DRA-12-125696-06440A, 2012
- (21) ASN, <https://www.asn.fr/lnformer/Actualites/L-ASN-reglemente-le-retrait-des-detecteurs-ioniques-de-fumee> [Dernière mise à jour : 18/09/2017]
- (22) Safengy, <https://safengy.fr/nos-competences/detection-feu-et-gaz/> [Consulté le 21/01/2021]
- (23) Emerson, Electrochemical vs. Semiconductor gas detection – a critical choice, white paper, January 2019
- (24) INERIS, Aerosols inflammables, fiche de classification des dangers physiques selon le SGH – Règlement CLP, DRA-09-103185-12007A, Octobre 2009
- (25) INERIS, Méthodes d'évaluation des fréquences et des probabilités à partir des données de retour d'expérience, DRA-15-149432-05862A, 01/07/2015

- (26) Brazzell, D. "The Effects of High Air Velocity and Complex Airflow Patterns on Smoke Detector Performance"
- (27) Hoefer & Gutmacher, Fire gas detection, Proc.Eurosensors XXVI, September 2012 Krakow Poland
- (28) ANSI/FM Approvals 3260 (Feb.2004), 3232 (Dec.2011), 3230 (Jun.2020), 3210 (Apr.2007)

## 9 Annexes

Liste des annexes :

- Annexe 1 : Déroulé d'un incendie
- Annexe 2 : Composition d'un détecteur
- Annexe 3 : Eléments techniques sur la performance des différentes technologies de détection

## Annexe 1 : Déroulé d'un incendie

Un feu est une réaction chimique de combustion qui transforme des produits d'entrée : le comburant et le combustible en différents produits de sortie : particules solides, gaz et chaleur.

On constate que plus un incendie est « violent », plus les matières combustibles sont gazéifiées. A l'inverse, en présence d'une combustion incomplète, la gazéification est moins importante.

La combustion des matières produit donc un mélange de gouttelettes d'eau (brouillard), d'aérosols de fumée, de fumées et de gaz portés par la convexion ascendante du foyer.

Par aérosols de fumée, on désigne les particules microscopiques en suspension composées de parties imbrûlées de la matière, de produit intermédiaire du processus d'oxydation et de suie (poussière de carbone).

Lorsqu'il s'agit de la combustion d'une matière solide, l'incendie pourra également produire des braises voire projeter des corps incandescents.

De ce fait, la détection d'un incendie est effectuée à travers l'observation de l'évolution de différentes grandeurs physiques caractéristiques de cette réaction. C'est l'écart de la mesure de ces grandeurs dans l'espace et le temps par rapport à l'absence de feu qui permet de détecter l'incendie. Les grandeurs mesurées sont :

- les fumées et aérosols de fumée ;
- les gaz ;
- le rayonnement des flammes et plus rarement des braises ;
- la chaleur.

Bien que l'évolution de l'intensité d'un incendie et sa cinétique dépendent de plusieurs facteurs tels que la nature des produits combustibles impliqués ou la quantité d'oxygène apportée, un incendie peut être décrit par la succession de quatre phases : la naissance, l'embrasement généralisé, la période stationnaire et la régression.

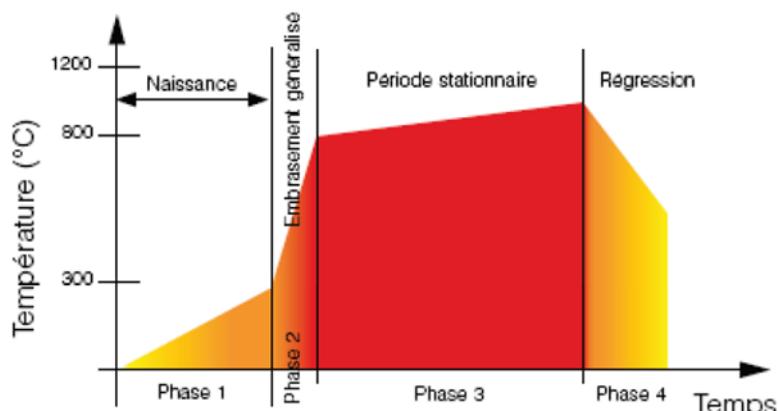


Figure 15 : Déroulé d'un incendie

Source : Société wallonne du logement, Guide sécurité incendie (Cf. document (18))

L'intensité des grandeurs physiques (chaleur, fumées, gaz, flammes) varie au cours du temps, mais dépend également de la nature des combustibles et des caractéristiques de l'environnement. Deux catégories de feux sont à distinguer : les feux couvant (smouldering fires) et les feux vifs avec des flammes (flaming fires). Les feux couvant sont des feux à combustion lente marqués par l'absence de flammes et la production importante de fumées et de gaz (CO). Les matériaux pouvant conduire à ce type de combustion sont par exemple le charbon, le bois, le papier et certains plastiques. Les feux à combustion rapide sont quant à eux caractérisés par la présence de flamme et une température plus importante. Il est à noter que les feux couvant peuvent évoluer en feux vifs et vice versa.

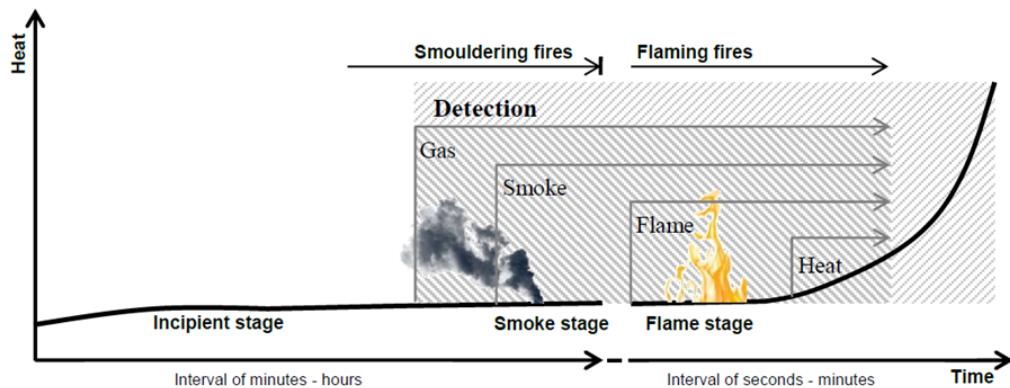


Figure 16 : Cinétiques d'un feu couvant et d'un feu vif

Des précédentes considérations sur les types de combustion, il appert que le système de détection devra être adapté à la signature du feu envisagé afin d'assurer une détection efficace dans le temps imparti.

Les détecteurs de fumées et de gaz sont davantage adaptés à la détection précoce de feux couvant qu'à la détection de feux vifs. En revanche, les détecteurs de flammes et de chaleur ont une meilleure efficacité face aux feux vifs.

De plus, un détecteur de chaleur thermovélocimétrique pourra avoir une meilleure précocité de détection qu'un détecteur de chaleur classique et ce particulièrement en présence d'un incendie à évolution rapide.

Il convient de souligner l'intérêt des systèmes de détection embarquant des capteurs sensibles à différentes grandeurs physiques et munis de plusieurs critères de détection afin de détecter rapidement l'ensemble des combustions envisageables.

## Annexe 2 : Composition d'un détecteur

Le *détecteur d'incendie* correspond à l'ensemble du dispositif de mesure dont la fonction principale est de détecter la présence d'un feu et d'en avertir l'utilisateur.

L'éléments sensible qui permet de transformer la grandeur physique en une information exploitable est appelé le *capteur* ou la *cellule de détection*. Lorsque le détecteur est équipé de plusieurs capteurs on peut utiliser le terme de *système de détection*.

Le *transmetteur* est un système déporté qui associe le capteur à une carte électronique de façon à traduire directement, au niveau du point de mesure, la grandeur à mesurer en un signal électrique (analogique ou numérique). Il peut également intégrer des contacts secs associés à des réglages de seuils d'alarme. On parle aussi de *capteur-transmetteur*. La transmission du signal peut s'effectuer en filaire ou sans fil, par exemple au moyen d'ondes radio. En cas de transmissions sans fil, le détecteur est équipé d'une antenne pour transmettre l'information. S'il est autonome en énergie, il doit être muni de piles ou de batteries.

Le *signal de mesure* est le signal électrique produit par le capteur, pouvant être amplifié et conditionné sous un format analogique ou numérique. Il est transmis à un automate ou à un *centralisateur de mise en sécurité incendie* (CMSI).

On distingue plusieurs systèmes de détection selon la configuration retenue.

Les *systèmes conventionnels* : ce sont des systèmes de détection à deux états qui renvoient une information de présence ou d'absence de feu à la centrale incendie ou à l'automate. Les détecteurs sont groupés par zone de détection et allument une DEL signalant visuellement un état de détection d'incendie.

Les *systèmes adressables* : ce sont les systèmes qui utilisent des détecteurs auxquels on a assigné une adresse permettant de les identifier. La centrale incendie ou l'automate indique l'état de détection de chacun des capteurs et peut également indiquer leur état de santé. Parmi les systèmes adressables, on trouve les systèmes analogiques qui renvoient un signal électrique correspondant à une traduction de l'intensité de la grandeur mesurée qui sera interprété par la centrale incendie ou l'automate comme significatif d'un incendie ou non. Les systèmes numériques convertissent ce signal analogique en signal numérique transmis ensuite à la logique de traitement.

Les systèmes adressables, souvent plus complexes, intègrent parfois des fonctionnalités supplémentaires telles que l'émission de pré-alarme, la compensation de la mesure en cas de dérive des capteurs ou le paramétrage de la sensibilité de détection.

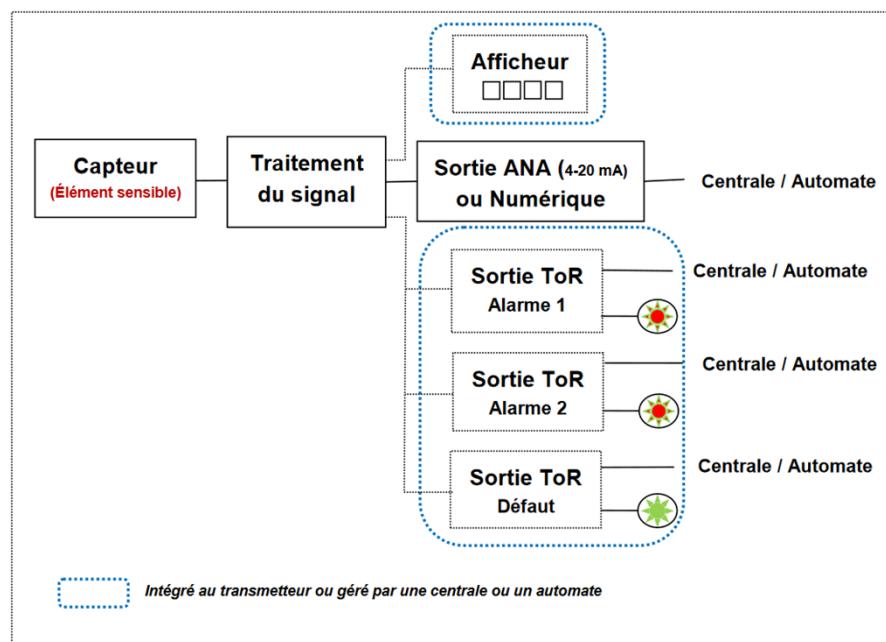


Figure 17 : Synoptique d'un système de détection fixe

## **Annexe 3 : Eléments techniques sur la performance des différentes technologies de détection**

### **1 Dimensionnement**

Dans cette partie seront abordées plus précisément les spécificités des différentes technologies de détection. A noter que pour ces normes, tous les détecteurs dotés d'un indicateur visuel ont en commun pour conditions sur l'indicateur d'alarme qu'il doit être visible 6 mètres sous le détecteur, dans une intensité d'éclairage d'ambiance de 500 lx, et que son voyant doit être de couleur rouge.

#### **1.1 Spécificités des détecteurs de chaleur**

Les détecteurs de chaleurs ont une sensibilité qui peut être donnée par un indice dit RTI pour Response Time Index. Celui-ci est déterminé de la façon suivante :

$$RTI = \tau(u)^{1/2}$$

Où  $\tau$  est la constante de temps associée à l'élément sensible à la chaleur choisie définie en seconde, et où  $u$  est la vitesse du gaz exprimée en m/s. Cette grandeur mettant en relation propriété intrinsèque du composé et les propriétés du gaz pour un feu indiqué permet de qualifier le comportement du détecteur pour le feu considéré.

Les normes FM définissent trois types de détection :

- Température fixe : la détection se fait lorsque l'élément sensible atteint une température établie à l'avance, sans considération de la variation de température. Cette température étant celle de l'élément de détection et non de l'air ambiant, le différentiel de température engendré signifie que la zone surveillée sera plus chaude que la température détectée.
- Taux compensé : la détection s'opère là aussi à température fixée mais cette température prend en compte la compensation à effectuer en raison du différentiel de température entre le détecteur et l'air ambiant.
- Taux de montée : la détection s'opère uniquement sur les variations de température mesurées.

Pour ces trois types de détection, des tableaux sont donnés permettant d'avoir une idée de la sensibilité de chacun :

Température	Standard	Rapide	Très Rapide
135°F (57°C)	$< 125 (ft \cdot s)^{1/2}$ $< 68 (m \cdot s)^{1/2}$	$< 45 (ft \cdot s)^{1/2}$ $< 25 (m \cdot s)^{1/2}$	$< 5 (ft \cdot s)^{1/2}$ $< 3 (m \cdot s)^{1/2}$
160°F (71°C)	$< 120 (ft \cdot s)^{1/2}$ $< 66 (m \cdot s)^{1/2}$	$< 40 (ft \cdot s)^{1/2}$ $< 22 (m \cdot s)^{1/2}$	$< 3 (ft \cdot s)^{1/2}$ $< 2 (m \cdot s)^{1/2}$
190°F (88°C)	$< 120 (ft \cdot s)^{1/2}$ $< 66 (m \cdot s)^{1/2}$	$< 40 (ft \cdot s)^{1/2}$ $< 22 (m \cdot s)^{1/2}$	$< 3 (ft \cdot s)^{1/2}$ $< 2 (m \cdot s)^{1/2}$

Tableau 5 : RTI pour les détecteurs à température fixe

Température	Standard	Très Rapide	Ultra Rapide
135°F (57°C)	$< 117 (ft \cdot s)^{1/2}$ $< 64 (m \cdot s)^{1/2}$	$< 52 (ft \cdot s)^{1/2}$ $< 29 (m \cdot s)^{1/2}$	$< 16 (ft \cdot s)^{1/2}$ $< 9 (m \cdot s)^{1/2}$
160°F (71°C)	$< 138 (ft \cdot s)^{1/2}$ $< 76 (m \cdot s)^{1/2}$	$< 68 (ft \cdot s)^{1/2}$ $< 39 (m \cdot s)^{1/2}$	$< 25 (ft \cdot s)^{1/2}$ $< 14 (m \cdot s)^{1/2}$
190°F (88°C)	$< 125 (ft \cdot s)^{1/2}$ $< 69 (m \cdot s)^{1/2}$	$< 54 (ft \cdot s)^{1/2}$ $< 30 (m \cdot s)^{1/2}$	$< 16 (ft \cdot s)^{1/2}$ $< 9 (m \cdot s)^{1/2}$

Tableau 6 : RTI pour les détecteurs à taux compensé

Température	Standard	Rapide	Très Rapide	Ultra Rapide
135°F (57°C)	< 600 (ft · s) <sup>1/2</sup>	< 440 (ft · s) <sup>1/2</sup>	< 280 (ft · s) <sup>1/2</sup>	< 120 (ft · s) <sup>1/2</sup>
	< 330 (m · s) <sup>1/2</sup>	< 135 (m · s) <sup>1/2</sup>	< 85 (m · s) <sup>1/2</sup>	< 66 (m · s) <sup>1/2</sup>
160°F (71°C)	< 950 (ft · s) <sup>1/2</sup>	< 725 (ft · s) <sup>1/2</sup>	< 475 (ft · s) <sup>1/2</sup>	< 220 (ft · s) <sup>1/2</sup>
	< 520 (m · s) <sup>1/2</sup>	< 220 (m · s) <sup>1/2</sup>	< 145 (m · s) <sup>1/2</sup>	< 120 (m · s) <sup>1/2</sup>
190°F (88°C)	< 1400 (ft · s) <sup>1/2</sup>	< 1050 (ft · s) <sup>1/2</sup>	< 700 (ft · s) <sup>1/2</sup>	< 350 (ft · s) <sup>1/2</sup>
	< 770 (m · s) <sup>1/2</sup>	< 320 (m · s) <sup>1/2</sup>	< 213 (m · s) <sup>1/2</sup>	< 193 (m · s) <sup>1/2</sup>

Tableau 7 : RTI pour les détecteurs à taux de montée

### 1.1.1 Ponctuels

Pour les détecteurs de chaleur ponctuels, est donnée la classification en fonction de la température d'application et de réponse suivante qui permet de les distinguer :

Classe de détecteur	Température typique d'application °C	Température maximum d'application °C	Température statique minimum de réponse °C	Température statique maximum de réponse °C
A1	25	50	54	65
A2	25	50	54	70
B	40	65	69	85
C	55	80	84	100
D	70	95	99	115
E	85	110	114	130
F	100	125	129	145
G	115	140	144	160

Tableau 8 : Classification des détecteurs de chaleur ponctuels

Les contraintes de signalisation restent inchangées, et le capteur nécessite d'avoir la sensibilité adaptée à la chaleur du foyer du feu.

Les classes A1, A2 et B sont appropriées pour la surveillance d'ambiance. À cette classification s'ajoute éventuellement un suffixe : S, lorsque le détecteur ne réagit pas en dessous de sa température statique de réponse quelle que soit la vitesse d'élévation de la température, ou R si les exigences de réponse de classe sont conservées lorsque le détecteur est soumis à de grandes vitesses d'élévation de température démarquant d'une température initiale inférieure à la température typique d'application. Trois grandeurs sont en outre définies pour qualifier le détecteur de chaleur. La température typique d'application, d'abord, est la température environnante en l'absence d'incendie à laquelle le détecteur peut être soumis sur de longues périodes. Vient ensuite la température maximum d'application qui est la température maximale à laquelle le détecteur peut être soumis sur de courtes périodes hors incendies. Et pour finir la température statique de réponse qui est la température à laquelle le détecteur va émettre un signal d'alarme lorsqu'il sera soumis à une faible vitesse d'élévation de la température. Ce type de détecteur permet la détection des feux vifs à évolution rapide soit par la détection d'un dépassement de seuil de température pour les thermostatiques soit d'une vitesse d'augmentation de la température pour les thermovélocimétriques. Les seconds vont avoir une température maximale d'application supérieure aux premiers avec 70 à 90°C contre 62°C. Ces détecteurs, qui peuvent être perturbés par des températures ambiantes proches du seuil de déclenchement ou des variations brusques de celles-ci, sont adaptés pour des détection à faible hauteur (4 à 7 mètres) pour une application dans des chaufferies, laboratoires, buanderies et autres locaux empoussiérés.

### 1.1.2 Linéaires

Pour la détection de chaleur réenclenchable, on distingue deux classifications, une pour la protection des locaux, et une autre pour la protection ponctuelle :

Classe de réponse à la chaleur		Température typique d'application	Température maximale d'application	Température statique minimale de réponse	Température statique maximale de réponse
RLTHD sans intégration	RLTHD avec intégration	°C	°C	°C	°C
A1N	A1I	25	50	54	65
A2N	A2I	25	50	54	70

Tableau 9 : Protection des locaux - Réponse à la chaleur des détecteurs RLTHD avec et sans intégration

Classe de réponse à la chaleur		Température typique d'application	Température maximale d'application	Température statique minimale de réponse	Température statique maximale de réponse
RLTHD sans intégration	RLTHD avec intégration	°C	°C	°C	°C
BN	BI	40	65	69	85
CN	CI	55	80	84	100
DN	DI	70	95	99	115
EN	EI	85	110	114	130
FN	FI	100	125	129	145
GN	GI	115	140	144	160

Tableau 10 : Protection ponctuelle - Réponse à la chaleur des détecteurs RLTHD avec et sans intégration

Pour les détecteurs de chaleurs linéaires, ceux-ci sont référencés en fonction de trois critères sur les températures caractérisant leur efficacité, selon le format Txxx-Vyy-Azzz :

- Txxx est la température nominale d'alarme dans la plage de 54°C à 160°C ;
- Vyy est la variance de la température nominale d'alarme en pourcent, qui peut valoir 05 ou 10.
- Azzz est la température ambiante maximale en °C, c'est-à-dire la température ambiante maximale à laquelle l'élément capteur du détecteur peut être installé et utilisé sans générer de fausse alarme.

Les détecteurs linéaires, qui ne sont pas certifiables, seront adaptés quant à eux aux détections en extérieur et en protection de machines notamment.

## 1.2 Spécificités des détecteurs de flamme

L'efficacité d'un détecteur de flamme dépend de son cône de vision et de la distance de détection. Le cône de vision met en relation la distance de détection et l'angle d'incidence de la radiation à détecter vers le détecteur, à puissance égale détectée. Ainsi sur l'axe propre du détecteur on se retrouve à 100% de la capacité de détection, et il est important de savoir à quel angle l'on tombe à 50%.

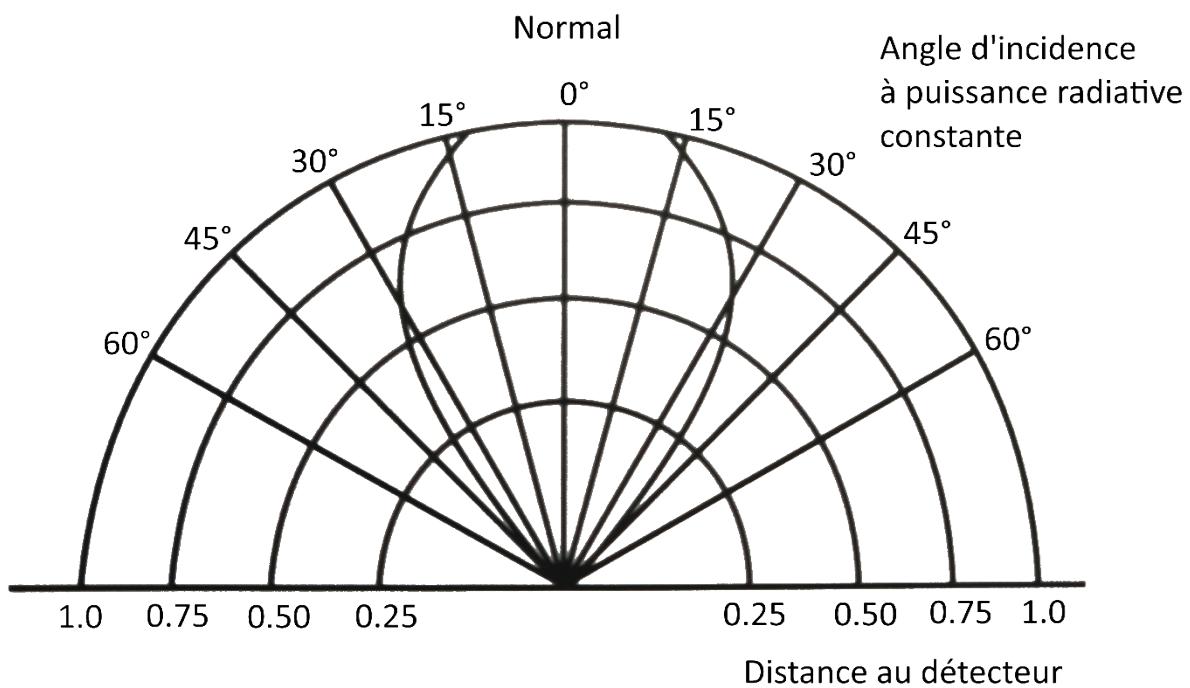


Figure 18 : Cône de vision d'un détecteur de flamme

La distance, elle, est déterminée sur la base de feux modèles prévus dans la norme de certification choisie, et va dépendre du positionnement du détecteur, des conditions d'utilisations. Pour la détermination de cette distance, on applique la loi dite des carrés si la distance à la flamme du détecteur est significativement plus grande que la taille de la flamme. Considérons la distance nominale  $D$ , à cette distance la surface de flamme déclenchant la détection est de surface  $A$ . Alors, à la distance  $D' = 2.D$ , la surface de la flamme déclenchant la détection vaudra  $A' = 4.A$ . Autrement dit  $D' = D \cdot \sqrt{\frac{A}{A'}}$ .

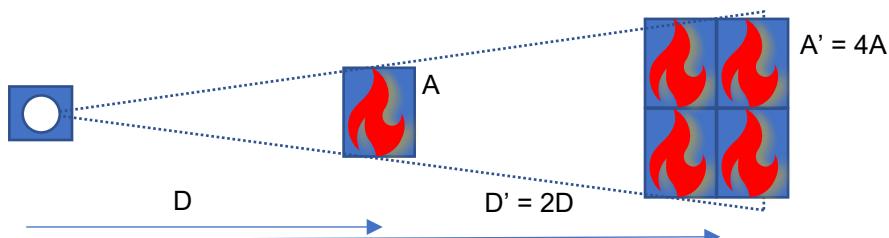


Figure 19 : Loi des carrés pour les détecteurs flammes (et vidéo)

Pour un type de feu donné on pourra alors déterminer une constante  $c$  de sensibilité valant  $A/D^2$  qui servira à qualifier en partie la sensibilité du détecteur.

Pour la détection de flamme ponctuelle, la classification est fonction de la distance de détection:

- classe 1 si tous les détecteurs réagissent aux deux types de foyers d'essai aux distances supérieures ou égales à 25 m ;
- classe 2 si tous les détecteurs réagissent aux deux types de foyers d'essai aux distances supérieures ou égales à 17 m ;
- classe 3 si tous les détecteurs réagissent aux deux types de foyers d'essai à la distance de 12 m ;

Les détecteurs de flammes servent surtout à la détection de combustions vives des feux de liquide. Les radiations émises par la plupart des feux sont sur une bande assez large pour que tous les détecteurs

fonctionnent. Les feux de matériaux non organiques (entre autres) ont des spectres plus réduits et nécessitent d'adapter le détecteur en fonction des radiations émises.

Les détecteurs de flamme sont sensibles aux feux ouverts à combustion rapide, et le sont même plus que les autres détecteurs. Ils sont moins appropriés pour la détection de feux couvants et sont davantage adaptés pour la surveillance générale de grandes zones dégagées comme des entrepôts ou la surveillance de zones critiques avec des produits très inflammables où les feux peuvent se propager très rapidement (chaufferies, réseaux de tuyauterie avec liquides inflammables, entrepôts...). La détection UV sera en outre favorisée pour les zones extérieures là où la fumée posera moins de problèmes à la détection, tandis que la détection IR, moins perturbée par les fumées, sera utilisée pour des grands volumes intérieurs. À noter que la détection optique des flammes peut être perturbée par des températures supérieures à 70°C ainsi que par une exposition à des arcs électriques, des éclairages artificiels et des rayonnements intenses du soleil.

Pour le cas spécifique des détections d'étincelle ou de braise, l'efficacité sera donnée par la vitesse et la taille minimale de l'objet à détecter pour un combustible donné.

Les détecteurs prévus pour l'usage industriel sont des appareils efficaces d'après les exigences et vérifications avant la mise sur le marché. Les distances de détection spécifiées par les constructeurs sont des distances obtenues dans des conditions normalisées. À l'air libre, les distances de détection peuvent différer. Il est recommandé de respecter une marge de 50% sur la distance maximale spécifiée pour utilisation en extérieur (par exemple, 25 m en intérieur et 12,5 m en extérieur). Ceci garantit une probabilité de détection, un temps de réponse et un champ de détection optimaux, en particulier lorsqu'intégrés dans une chaîne réalisant une fonction de maîtrise des risques d'accidents majeurs.

### 1.3 Spécificités des détecteurs de fumées

L'efficacité des détecteurs de fumées est déterminée en obscurcation par mètre, qui peut se traduire par le pourcentage d'absorption seuil par unité de longueur avant détection. Le tableau suivant donne un ordre de grandeur des performances pour chacune des technologies traitées :

Type de détection	Obscurcation
Diffusion	0.70–13.0% obs/m
Aspiration	0.005–20.5% obs/m
Obscurcissement	0.06–6.41% obs/m
Ionisation	2.6–5.0% obs/m

Tableau 11 : Ordre de grandeur des obscurcissements par technologie

#### 1.3.1 Ponctuels

Pour les détecteurs de fumées ponctuels, on retrouve la même contrainte que précédemment sur l'indicateur d'alarme, ainsi qu'une contrainte supplémentaire sur un compensateur de dérive qui ne doit pas réduire la sensibilité du détecteur aux foyers à évolution lente, dérive qui est due à l'accumulation de poussière dans le dispositif. Pour ce détecteur, qui ne dispose pas de classification, on pourra déclarer sa conformité si l'évaluation montre que :

1. À tout taux d'augmentation de la densité de fumée  $R$  qui est supérieur à  $A/4$  par heure (où  $A$  représente la valeur de réponse initiale non compensée du détecteur), le temps d'émission d'une alarme par le détecteur ne doit pas dépasser  $1,6 \times A/R$  de plus de 100 s ; et
2. La plage de compensation est limitée de sorte qu'en tout point, la compensation ne produise pas une valeur de réponse du détecteur supérieure à 1,6 fois la valeur initiale.

(Voir le paragraphe §7 des tests et maintenance pour ce qui concerne les tests à effectuer)

#### 1.3.2 Linéaires et par aspiration

Pour la détection de fumées linéaire et par aspiration, il n'y a pas globalement de différences sur les exigences par rapport aux détecteurs ponctuels et pas non plus de classification. Il y a une contrainte supplémentaire cependant sur le désalignement du faisceau (pas affecté par de petites imprécisions).

Le changement rapide d'atténuation doit déclencher une alarme. Sur la question du compensateur de dérive, un élément s'ajoute, un signal d'incendie ne peut pas être supprimé par un dérangement qui a lieu lorsque le détecteur atteint la limite de compensation.

Pour ce moyen de détection on pourra définir la notion de temps de transport qui permet de déterminer le temps nécessaire pour l'acheminement du produit de combustion de la source vers la cellule de détection. Ce temps est fonction des caractéristiques du réseau de tubulures mis en place.

### 1.3.3 Détection en conduit

Pour les détecteurs de fumées dans les conduits, six types sont distingués par la norme. Tous sont concernés par le fait que leur valeur de seuil de réponse va dépendre de la concentration en aérosol à l'intérieur du conduit :

- Type 1 : détecteur de fumée ponctuel installé à l'intérieur du conduit
- Type 2 : détecteur de fumée ponctuel installé à l'intérieur du conduit avec d'autres composants électriques.
- Type 3 : détecteur de fumée ponctuel installé à l'extérieur du conduit avec d'autres dispositifs mécaniques pour prélever les échantillons d'air.
- Type 4 : détecteur de fumée ponctuel installé à l'extérieur du conduit avec d'autres dispositifs mécaniques pour prélever les échantillons d'air et d'autres composants électriques
- Type 5 : détecteur de fumée par aspiration dont tous les points de captation se trouvent à l'intérieur du conduit
- Type 6 : Tous les détecteurs qui ne rentreraient pas dans ces catégories, comme par exemple les détecteurs basés sur l'EN 54-7 ou 54-20 avec des réglages modifiés de la sensibilité.

Les types 1 à 4 doivent être approuvés comme conformes à l'EN 54-7 (selon les mêmes critères que pour les détecteurs ponctuels donc, voir plus haut.) sinon ils doivent être traités comme des dispositifs de type 6. Idem pour les types 5 s'ils ne suivent pas l'EN 54-20.

### 1.3.4 Détecteurs de fumée pour la détection précoce, pour les feux couvant

La phase du feu couvant générant surtout de la fumée, c'est la détection de ce produit de combustion qui permettra de sonner l'alarme pour cette phase plus efficacement. Ces détecteurs ont un champ de sensibilité large, et bien que plus appropriés pour le type de feu cité, ils sont utilisables durant toute la pyrolyse. Le détecteur de fumée par aspiration d'abord, en plus de pouvoir détecter les fumées claires et sombres pour des particules au diamètre inférieur à la dizaine de micromètre, est aussi capable de détecter les aérosols de combustion. Ceci le rend particulièrement approprié pour la détection précoce de l'incendie en tout début de pyrolyse. En outre, le dispositif est adapté pour toutes les hauteurs sous plafond ce qui lui permet d'être favorisé dans les endroits à faible ou forte hauteur étant donné que la fumée se propage mal et lentement dans ces endroits, nuisant à la précocité de la détection pour tout autre système de détection. Il n'est par ailleurs sensible qu'aux perturbations d'ambiance particulièrement sale, ce qui lui garantit une large variété de zones dans lequel ce dispositif est approprié, d'autant qu'il s'agit là de son seul inconvénient, excepté peut-être l'impossibilité de déterminer avec précision l'origine du feu une fois détecté.

Pourtant, cette technologie n'est pas la plus utilisée, ceci revient à la détection ponctuelle de fumée, détection qui s'opère par diffusion. On l'a vu, cette technologie est plus sensible aux fumées claires. Bien qu'ayant une bonne précocité de détection, elle reste moindre que celle par aspiration et surtout elle est sensible à plus de phénomènes externes. Il va en effet y avoir des problèmes posés par des largages récurrents de gaz et de vapeur dans les zones à protéger, les vitesses de vent supérieures à 5 m/s, le givrage et la condensation. Là où le détecteur précédent est surtout utilisé dans les zones de stockage, le détecteur ponctuel de fumée va lui être surtout mis en œuvre dans des établissements recevant du public.

Il reste pour finir la détection optique linéaire de fumée qui elle est sensible aux fumées claires comme sombres et doit surtout ne pas avoir sa ligne de vue obstruée. Il peut être perturbé par un éclairage direct, naturel ou artificiel, sur le récepteur. Cette solution est surtout mise en place pour les grands volumes, les couloirs et les atriums.

## 1.4 Spécificités des capteurs vidéo

La sensibilité du dispositif va être définie en fonction du volume et de la taille des fumées/flammes nécessaire(s) à la détection, de la (ou des) source(s) à laquelle la surveillance est dédiée, du champ de vision de l'appareil ainsi que de sa distance de détection maximale et minimale – tous tels que définis plus haut pour les détecteurs de flamme – et le temps de réponse requis. La présence de sources de perturbations dans le champ de vision viendra mitiger ce résultat, de la même façon que pour un détecteur de flamme dont la ligne de vision serait obstruée (ce qu'il faut toujours éviter).

Les solutions d'imagerie sont intéressantes en tant que complément pour de la détection ponctuelle, puisqu'elles augmentent la couverture du système lorsque confronté à des surfaces étendues. Il faut dans leur cas veiller à adopter non seulement une bonne implantation comme pour toutes les autres technologies afin d'avoir le bon angle de vue et la meilleure couverture possible, mais aussi une résolution d'image adaptée et se poser la question de la nécessité d'y ajouter une composante d'apprentissage machine ou non.

## 1.5 Spécificités des multi-capteurs

Pour les détecteurs ponctuels combinant fumées et chaleurs, la même contrainte que pour le détecteur de fumée seul s'applique quant à la compensation de dérive pour la détection des foyers lents. De la même façon, il doit être tout autant indépendant de la direction du flux de fumée et de chaleur pour la détection, chaleur à laquelle il ne doit pas être plus sensible lorsque l'on se trouve en absence de fumées. Le même critère que pour le détecteur de fumée seul sur l'intrusion de corps étrangers s'applique.

Pour les détecteurs d'incendie ponctuels combinant détection de monoxyde de carbone et capteurs de température, la valeur de réponse peut dépendre de l'évolution du taux de variation de concentration en monoxyde de carbone à proximité du détecteur. Ce comportement intégré au détecteur pour discriminer les niveaux ambients et ceux issus d'un feu ne doit pas conduire à une réduction significative de la sensibilité aux incendies ou au contraire à une trop forte probabilité de fausses alarmes. Comme les autres détecteurs il doit comprendre un compensateur de dérive tout en étant en mesure de détecter les feux à évolution lente. Il doit enfin être relativement insensible à la direction des flux en monoxyde de carbone et en chaleur.

Enfin, pour les détecteurs ponctuels combinant capteurs de fumée, de monoxyde de carbone et éventuellement de chaleur, ceux-ci vont combiner les exigences citées précédemment. La norme en distingue plusieurs classes : M, N, MT, NT

- M : Détecteurs qui n'utilisent pas de capteurs de chaleur. Ils sont destinés à supporter un phénomène unique associé à un incendie d'une intensité élevée sans générer de signal d'alarme incendie.
- MT : Détecteurs utilisant un capteur de chaleur. Ils sont destinés à supporter un phénomène unique associé à un incendie d'une intensité élevée sans générer de signal d'alarme incendie.
- N : Détecteurs n'utilisant pas de capteurs de chaleur. Ils peuvent générer un signal d'alarme incendie en présence d'un phénomène associé.
- NT : Détecteurs utilisant un capteur de chaleur. Ils peuvent générer un signal d'alarme incendie en présence d'un phénomène associé.

En plus des conditions précédemment citées sur le monoxyde de carbone et la fumée, les classes MT et NT vont être soumises aux exigences précédemment citées sur les détections de chaleur.

## 1.6 Spécificités des détecteurs de gaz

Le détecteur de gaz va voir son efficacité mesurée suivant la concentration en gaz visé dans l'air. Celle-ci est indiquée en  $\mu\text{L/L}$  dans la norme NF EN 54 pour ce qui est du monoxyde de carbone, mais il n'est pas exclu de retrouver la même grandeur en ppm. Le temps de détection pour ces détecteurs est généralement beaucoup plus court que pour les détecteurs de fumées, les gaz étant produits en premier lors de la combustion, ils sont plus efficaces pour les détections précoces.

## 2 Positionnement

Dans ce paragraphe, sont abordées plus en détail les spécificités de positionnement des différentes technologies de détecteurs. Les informations de ce paragraphe sont extraites de la norme NFS 61-970.

### 2.1 Détecteurs de chaleurs

Concernant les détecteurs de chaleur, ceux-ci doivent être situés à proximité suffisante du feu pour que la chaleur puisse se propager jusqu'au détecteur, ce qui implique le fait qu'ils soient moins adaptés à la surveillance extérieure ou de grandes hauteurs sous plafond. Les fibres des détecteurs linéaires, qui doivent être remplacés à chaque sollicitation, ne doivent pas dépasser les 750 à 1200 mètres par centrale de détection, en plus de respecter les préconisations du fournisseur.

### 2.2 Détecteurs de flammes

Les détecteurs de flamme doivent eux être positionnés de telle sorte que le foyer potentiel d'incendie se trouve dans leur cône de vision tel que défini par le constructeur et à une distance suffisante eu égard au temps de réponse visé, sans oublier la marge conseillée de 50% par rapport à la distance préconisée en particulier pour les environnements extérieurs. Il faut aussi s'assurer que ce champ de vision reste dégagé en toute circonstance pour que les éventuelles radiations puissent toujours parvenir au capteur.

### 2.3 Détecteur de fumées

La détection de fumée doit elle aussi prendre en compte la hauteur sous plafond et des conditions générales de l'environnement ayant notamment trait à la circulation de l'air dans l'espace à surveiller, et prendre en compte les obstacles aux mouvements de convection des produits de combustion.

### 2.4 Visuels

Pour les caméras opérant dans le domaine du visible, la zone à couvrir doit être suffisamment et uniformément éclairée. Le dispositif, lui, doit être orienté le plus en face possible du foyer potentiel et situé à une distance satisfaisante, qui peut aller de quelques mètres à plusieurs centaines de mètres.

### 2.5 Processus d'implantation des détecteurs de chaleur et de fumées

Le processus d'implantation des détecteurs repose sur la norme NF S 61-970 qui est reprise dans les différents guides qui peuvent ensuite être trouvés dans l'industrie. Y sont traités séparément les détecteurs de chaleur et de fumée d'une part, et les détecteurs de flamme de l'autre. Concernant le premier groupe, la surface couverte par chaque détecteur doit être limitée et ce selon les facteurs suivants :

- La zone à surveiller
- La distance entre tout point de la zone surveillée et le détecteur le plus proche
- La proximité des murs
- La hauteur et la forme du plafond
- Les conditions générales d'environnement
- Les obstacles aux mouvements de convection des produits de combustion
- La nature du risque

À chaque type de détecteur est associé une valeur désignant la surface surveillée maximale  $A_{max}$  qui indique les conditions limites acceptables d'efficacité du capteur, conditions qui sont en fait la géométrie du local à surveiller. À cette grandeur est associée la surface nominale  $A_n$  normalement surveillée par

un détecteur, et un facteur de risque K associé au type de local à surveiller<sup>5</sup>. Ceci permet d'obtenir donc  $A_n = K \cdot A_{max}$  qui va ensuite permettre de définir sur cette base le maillage des détecteurs, sachant ce que chacun est à même de surveiller et donc la part couverte de la zone à protéger.<sup>6</sup> En suit un tableau permettant d'indiquer par classe de détecteur les différentes surfaces maximales surveillées ainsi que les distances D séparant les détecteurs suivant la géométrie du local, à savoir sa surface, sa hauteur et l'inclinaison i du plafond sur lequel sont fixés les détecteurs.

Type de détecteur	Surface du local S en m <sup>2</sup>	Hauteur du local h en m <sup>b</sup>	Surface maximale surveillée (A.max) par un détecteur et distance horizontale maximale (D) entre tout point du plafond et un détecteur ai : angle d'inclinaison du plafond par rapport à l'horizontale					
			i ≤ 20°		20 < i ≤ 45°		i > 45°	
			A.max en m <sup>2</sup>	D en m	A.max en m <sup>2</sup>	D en m	A.max en m <sup>2</sup>	D en m
Fumée <sup>a,c</sup>	S ≤ 80	h ≤ 12	80	6,7	80	7,2	80	8
		h ≤ 6	60	5,8	60	7,2	60	9
Chaleur classe A1R	S > 80	6 < h ≤ 12	80	6,7	100	8	120	9,9
		h ≤ 7	40	5,7	40	5,7	40	6,3
Chaleur classe A1 ou A1S ou A2 ou A2S ou A2R ou B, ou BR ou BS	S > 40	h ≤ 7	30	4,4	40	5,7	50	7,1
		h ≤ 4	24	4,6	24	4,6	24	4,6
		h > 4	18	3,6	24	4,6	30	5,7

<sup>a</sup> Les conditions A.max et D doivent être simultanément respectées. Le coefficient K ne s'applique pas à la distance horizontale D. <sup>b</sup> Les détecteurs de fumée de type multicapteurs ne sont pas adaptés aux locaux présentant une hauteur «h» supérieure à 7 m. <sup>c</sup> En faux plancher ou faux plafond, appliquer les A.max et D des hauteurs inférieures à 6 m.

Tableau 12 : *Implantation - Détection ponctuelle de fumée et de chaleur*

Quant aux dispositifs linéaires, ceux-ci ayant une configuration différente, leurs tableaux associés sont donnés séparément :

Type de détecteur	Hauteur du local h en m	Surface maximale surveillée (A.max) par un orifice de prélèvement et distance horizontale maximale (D) entre tout point du plafond et un orifice de prélèvement quelle que soit l'inclinaison du plafond par rapport à l'horizontale A.max en m <sup>2</sup>	D en m
Fumée	h ≤ 12	35	5,9
	h > 12 <sup>a</sup>	35	5,9

<sup>a</sup> Lorsque la hauteur du local est supérieure à 12 m, l'analyse du risque peut conduire à installer un second niveau de détection.

Tableau 13 : *Implantation – Détection de fumée par aspiration*

Type de détecteur	Hauteur du local h en m	Hauteur d'installation sous plafond h' en m	Largeur maximale de surveillance l <sub>1</sub> ou l <sub>2</sub> en m
Fumée	h ≤ 5	0,3 ≤ h' ≤ 0,5	4
	5 < h ≤ 12	0,5 < h' ≤ 2	5
	12 < h ≤ 15 <sup>a</sup>	0,5 < h' ≤ 3 pour le niveau supérieur	5

<sup>a</sup> Lorsque la hauteur du local est supérieure à 12 m, l'analyse du risque peut conduire à installer un second niveau de détection.

Tableau 14 : *Implantation - Détection linéaire de fumée*

Les détecteurs de chaleur et de fumée ne vont pas avoir les mêmes impératifs quant à leur placement sous la toiture. Là où les détecteurs de chaleur vont nécessiter d'être implantés directement sous le plafond sous la toiture, les détecteurs de fumée ne sont eux non seulement pas tenus à cette exigence, mais en plus une distance minimale doit être respectée avec le matelas d'air chaud qui existe sous le point haut du plafond. S'en suit le tableau suivant :

<sup>5</sup> Vaut à titre d'exemple 1 pour les circulations horizontales, les bureaux ou assimilés, 0,3 pour les locaux à sommeil, et 0,6 pour tous les autres types de locaux.

<sup>6</sup> Pour les cas requérant une détection précoce (ex : détection associée à une extinction automatique) la règle R7, le nombre de détecteurs est doublé par rapport à une installation de détection seule.  $A_n$  est alors calculé sur une paire de détecteurs et non plus un seul. K est le même pour tous les volumes (le plus défavorable est retenu).

Hauteur du local <i>h</i> en m	a : distance verticale entre le point bas du détecteur et le plafond (tolérance +/- 1 cm) b : distance entre la projection horizontale du bas du matelas d'air chaud et le point le plus haut du plafond					
	$i \leq 15^\circ$		$15 < i \leq 30^\circ$		$i > 30^\circ$	
	<i>b</i> en cm	<i>a</i> en cm	<i>b</i> en cm	<i>a</i> en cm	<i>b</i> en cm	<i>a</i> en cm
$h \leq 5$	3	$\leq 20$	20	$\leq 30$	30	$\leq 50$
$5 < h \leq 7$	7	$\leq 25$	25	$\leq 40$	40	$\leq 60$
$7 < h \leq 9$	10	$\leq 30$	30	$\leq 50$	50	$\leq 70$
$9 < h \leq 12$	15	$\leq 35$	35	$\leq 60$	60	$\leq 80$

Tableau 15 : Position du détecteur de fumée sous le plafond

Dans la prise en compte des différents obstacles, on compte d'abord les murs qui doivent être à au moins 0,5 mètres des détecteurs ponctuels de fumée les plus proches ou des orifices de prélèvement d'un détecteur de fumée par aspiration (excepté dans les couloirs, gaines techniques et parties du bâtiment similaires de moins de 1 mètre de largeur). Cette distance passe de 0,5 à 1 mètre pour les détecteurs ponctuels de chaleur. S'il existe des éléments assimilables à des poutres courant sous plafond et de hauteur supérieure à 0,15 mètre, la distance minimale de 0,5 mètre doit être respectée. De même, on prend en compte la présence d'alvéoles dans l'espace à surveiller, alvéoles qualifiées par une hauteur de retombée et une surface. Ces alvéoles auront une importance uniquement si l'on se trouve dans la partie droite du graphe suivant, auquel cas le nombre d'alvéoles surveillées sera donné par le tableau après le graphe. À noter que si la surface des alvéoles dépasse la surface de surveillance nominale, alors elle est considérée comme son propre local et suit les règles qui précèdent. En présence d'éléments suspendus (bureaux...) ceux-ci ne seront pas pris en compte.

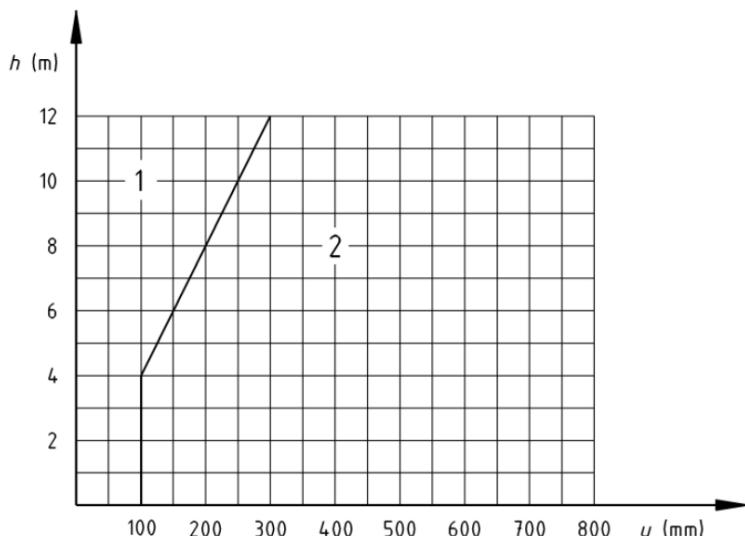


Figure 20 : Répartition des alvéoles en fonction de la hauteur *h* du local et *u* celle des retombées. (Les alvéoles prises en compte sont celles qui se situent dans la zone 2)

Surface de l'alvéole (s)	Nombre d'alvéoles surveillées par un détecteur
$s \leq 0,2An$	5
$0,2An < s \leq 0,3An$	4
$0,3An < s \leq 0,4An$	3
$0,4An < s \leq 0,6An$	2
$0,6An < s \leq An$	1

Tableau 16 : Surface de l'alvéole et nombre d'alvéoles

Pour une pièce dont le renouvellement d'air est supérieur à 8 volumes horaire, des détecteurs de gaine doivent complémer les détecteurs d'ambiance. Entre 4 et 8 volumes horaire, une analyse doit évaluer si ce complément est nécessaire, analyse basée sur les vitesses d'air et de la configuration du local. Seuls les détecteurs équipés de tubes de prélèvement seront adaptés à des vitesses de passages

supérieures à 5 m/s. Pour éviter les turbulences, le dispositif de prélèvement doit être séparé de l'angle le plus proche par au moins une distance de trois fois la largeur du conduit.

En présence d'un plafond suspendu perforé, le foyer peut être au-dessus et en-dessous de celui-ci. Il est d'usage de placer les détecteurs sous le plafond mais si le risque au-dessus est avéré alors il faut aussi en placer au-dessus. Ce placement peut même dans certains cas remplacer celui du dessous en assurant la surveillance de ce qui se passe sous le plafond, mais pour déterminer cela il faut effectuer un examen particulier des perforations et de la ventilation. En cas de doutes, les essais permettront de lever les ambiguïtés. Pour ce type de placement, il faudra que les perforations représentent plus de 40% de toute section du plafond de 1 m x 1 m et les dimensions de chaque perforation ne devront pas excéder 10 mm x 10 mm, avec une épaisseur de dalle ne dépassant pas trois fois la dimension minimale de la perforation.

## 2.6 Détecteurs de gaz

La détection de gaz ne dispose pas de règles de positionnement précisément citées dans les normes. Elle est particulière et exige une expertise. La surveillance nécessite un maillage d'au moins deux détecteurs. Il est d'usage de fonder les règles d'installation sur la densité du gaz à détecter mais il y a aussi des considérations à prendre sur les nombreux autres facteurs qui vont influer sur la propagation du nuage le régime d'écoulement de l'air, l'existence de zones de non-recirculation et de chemins préférentiels, la position du rejet par rapport aux détecteurs etc. Ceci requiert donc de se baser sur les résultats de modélisations des fuites potentielles prenant en compte la configuration des lieux pour positionner de façon optimale les détecteurs.

