

LIAISON LYON - TURIN / COLLEGAMENTO TORINO - LIONE

Partie commune franco-italienne
Section transfrontalière

Parte comune italo-francese
Sezione transfrontaliera

NOUVELLE LIGNE LYON TURIN – NUOVA LINEA TORINO LIONE PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE – PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE

REVISION DE L'AVANT-PROJET DE REFERENCE – REVISIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO
CUP C11J05000030001

EQUIPEMENTS – IMPIANTI

ÉQUIPEMENTS DE SÉCURITÉ – IMPIANTI DI SICUREZZA
GÉNÉRALITÉS – GENERALE
TUNNEL DE BASE – TUNNEL DI BASE

CARACTERISTIQUES DES DETECTEURS INCENDIE EN TUNNEL – RELAZIONE TECNICA DEI RILEVATORI DI INCENDIO IN GALLERIA

| Indice | Date/ Data | Modifications / Modifiche | Etabli par / Concepito da | Vérifié par / Controllato da | Autorisé par / Autorizzato da |
|--------|---------------|---|------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| 0 | Novembre 2012 | Emission pour vérification C2B et validation C3.0 / Emissione per la verifica C2B e la validazione C3.0 | B. PAQUET (SETEC) | M. PIHOUEE C. OGNIBENE | M. FORESTA M. PANTALEO |
| A | Décembre 2012 | Emissione a seguito commenti LTF / CCF | B. PAQUET (SETEC) | M. PIHOUEE C. OGNIBENE | M. FORESTA M. PANTALEO |
| B | 08/02/2013 | Emissione a seguito commenti LTF / CCF | B. PAQUET (SETEC) R. DESCLODURE | M. PIHOUEE C. OGNIBENE | M. FORESTA M. PANTALEO |
| | | | | | |
| | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|--------------|---|---------------------|---|---|----------------------|---|---|--------|---|---|---|--------|---|
| CODE DOC | P | D | 2 | C | 2 | B | T | S | 3 | 1 | 6 | 3 | 0 | B |
| | Phase / Fase | | Sigle étude / Sigla | | | Émetteur / Emittente | | | Numero | | | | Indice | |

| | | | | |
|----------------|---|-------------|---|---|
| A | P | N | O | T |
| Statut / Stato | | Type / Tipo | | |

| | | | | | | | | |
|------------------------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|
| ADRESSE GED INDIRIZZO GED | C2B | // | // | 50 | 00 | 26 | 10 | 01 |
|------------------------------|-----|----|----|----|----|----|----|----|

| |
|-----------------|
| ECHELLE / SCALA |
| - |


Technimont
Civil Construction
Dott. Ing. Aldo Mangarella
Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271/B




LYON TURIN FERROVAIRE

LTF sas – 1091 Avenue de la Boisse – BP 80631 – F-73006 CHAMBERY CEDEX (France)
Tél. : +33 (0)4.79.68.56.50 – Fax : +33 (0)4.79.68.56.75
RCS Chambéry 439 556 952 – TVA FR 03439556952
Propriété LTF Tous droits réservés – Proprietà LTF Tutti i diritti riservati

Ce projet est cofinancé par l'Union européenne (DG-TREN)



Questo progetto è cofinanziato dall'Unione europea (TEN-T)

SOMMAIRE / INDICE

| | |
|--|----|
| RESUME/RIASSUNTO | 5 |
| 1. INTRODUCTION | 6 |
| 2. GLOSSAIRE | 7 |
| 3. PRESENTATION DU SYSTEME DETECTION INCENDIE EN TUBES FERROVIAIRES | 7 |
| 3.1 Généralités | 7 |
| 3.2 Objectif du système | 7 |
| 3.3 Topologie et géométrie des ouvrages | 8 |
| 3.4 Cadre réglementaire | 8 |
| 3.4.1 Directives européennes et normes STI..... | 8 |
| 3.4.2 Règles CIG..... | 9 |
| 3.4.3 Autres normes | 9 |
| 3.5 Recensement des contraintes et performances | 9 |
| 3.5.1 Contraintes | 9 |
| 3.5.1.1 Contraintes de sécurité | 9 |
| 3.5.1.2 Contraintes d'environnement..... | 10 |
| 3.5.1.3 Contraintes d'exploitation et de maintenance..... | 10 |
| 3.5.1.4 Contraintes de réalisation..... | 12 |
| 3.5.1.5 Contraintes d'évolutivité..... | 12 |
| 3.5.2 Performances..... | 12 |
| 3.5.2.1 Détection de fumée | 13 |
| 3.5.2.2 Détection de flamme | 13 |
| 3.5.2.3 Détection linéaire de chaleur dans les sites de sécurité | 14 |
| 4. ANALYSE DES TECHNOLOGIES | 15 |
| 4.1 Détecteurs de fumée | 15 |
| 4.1.1 Technologie optique..... | 15 |
| 4.1.1.1 Description | 15 |
| 4.1.1.2 Avantages..... | 16 |
| 4.1.1.3 Inconvénients | 16 |
| 4.1.2 Technologie granulométrie | 17 |
| 4.1.2.1 Description | 17 |
| 4.1.2.2 Avantages..... | 17 |
| 4.1.2.3 Inconvénients | 17 |
| 4.1.3 Synthèse | 17 |
| 4.2 Détecteurs de flammes..... | 17 |
| 4.2.1 Technologie infrarouge (IR) | 18 |
| 4.2.1.1 Description | 18 |
| 4.2.1.2 Avantages..... | 18 |
| 4.2.1.3 Inconvénients | 19 |
| 4.2.2 Technologie ultraviolette (UV)..... | 19 |
| 4.2.2.1 Description | 19 |
| 4.2.2.2 Avantages..... | 19 |
| 4.2.2.3 Inconvénients | 19 |

| | | |
|---------|---|----|
| 4.2.3 | Technologie combinée infrarouge – ultraviolette (UV/IR)..... | 19 |
| 4.2.3.1 | Description | 19 |
| 4.2.3.2 | Avantages | 20 |
| 4.2.3.3 | Inconvénients | 20 |
| 4.2.4 | Synthèse | 20 |
| 4.3 | Détecteurs linéaires de chaleur dans les sites de sécurité | 20 |
| 4.3.1 | Technologie à base de fibre laser | 20 |
| 4.3.1.1 | Description | 20 |
| 4.3.1.2 | Avantages | 21 |
| 4.3.1.3 | Inconvénients | 21 |
| 4.3.2 | Technologie à capteurs encapsulés | 21 |
| 4.3.2.1 | Description | 21 |
| 4.3.2.2 | Avantages | 21 |
| 4.3.2.3 | Inconvénients | 21 |
| 4.3.3 | Synthèse | 22 |
| 5. | ETUDE DE L'ARCHITECTURE ET ANALYSE FONCTIONNELLE..... | 22 |
| 5.1 | Architecture | 22 |
| 5.1.1 | Capteurs | 22 |
| 5.1.1.1 | Détection de fumée | 22 |
| 5.1.1.2 | Détection de flamme | 25 |
| 5.1.1.3 | Détection linéaire de chaleur dans les sites de sécurité | 25 |
| 5.1.1.4 | Interfaces internes à la détection incendie en tubes ferroviaires..... | 26 |
| 5.1.2 | Câbles de transmission et d'alimentation électrique..... | 26 |
| 5.1.3 | Centrales | 27 |
| 5.1.4 | Interfaces | 28 |
| 5.2 | Analyse fonctionnelle | 28 |
| 5.2.1 | Equipements de terrain | 29 |
| 5.2.2 | Traitement local | 29 |
| 5.2.3 | Système de supervision..... | 30 |
| 6. | SYNOPTIQUE D'IMPLANTATION DES DÉTECTEURS, SCHÉMA D'ARCHITECTURE, PLAN DE DÉTAILS | 31 |
| 6.1 | Architecture générale..... | 31 |
| 6.2 | Coupe type au droit des capteurs | 33 |
| 7. | PRESCRIPTIONS TECHNIQUES | 34 |
| 7.1 | Détecteur de flammes UV/IR2 | 34 |
| 7.2 | Détecteur de fumée multiponctuel..... | 35 |
| 7.2.1 | Prélèvement et refoulement | 35 |
| 7.2.2 | Chambre d'analyse optique..... | 36 |
| 7.3 | Détecteur linéaire de chaleur dans site de sécurité | 37 |
| 7.4 | Centrale incendie | 38 |
| 7.5 | Baie d'accueil des équipements..... | 39 |
| 8. | ELÉMENTS DE MISE EN ŒUVRE ET DE MAINTENANCE | 40 |
| 8.1 | Mise en œuvre..... | 40 |
| 8.1.1 | Description | 40 |
| 8.2 | Maintenance..... | 40 |
| 8.2.1 | Préventive | 41 |
| 8.2.2 | Corrective..... | 41 |

| | | |
|-------|--|----|
| 8.2.3 | Rénovation ou maintenance extraordinaire | 42 |
| 9. | BILAN DE PUISSANCE..... | 42 |
| 10. | ANNEXE..... | 43 |
| 10.1 | Annexe 1..... | 43 |
| 10.2 | Annexe 2..... | 43 |
| 10.3 | Annexe 3..... | 46 |

LISTE DES FIGURES / INDICE DELLE FIGURE

| | | |
|------------------|--|----|
| Figure 1 | - Coupe type..... | 12 |
| Figure 2 | - Principe de fonctionnement du détecteur optique par dispersion..... | 16 |
| Figure 3 | - Principe de fonctionnement du détecteur optique par absorption | 16 |
| Figure 4 | - Spectre de la détection de flamme | 18 |
| Figure 5 | - Principe détecteur multiponctuel dans un tube pour la détection incendie | 23 |
| Figure 6 | - Implantation des détecteurs de flammes..... | 25 |
| Figure 7 | - Principe général d'implantation de la détection linéaire de chaleur dans les sites de sécurité | 26 |
| Figure 9 | - Positionnement schématique des capteurs pour la détection incendie en tubes ferroviaires | 31 |
| Figure 10 | - Architecture centrale détection incendie | 32 |
| Figure 11 | - Coupe type en tunnel pour la détection incendie et gaz | 33 |

LISTE DES TABLEAUX / INDICE DELLE TABELLE

| | | |
|------------------|------------------------------------|----|
| Tableau 1 | – Bilan de puissance..... | 42 |
| Tableau 2 | – Technologies retenues | 43 |
| Tableau 3 | – Influences externes..... | 45 |
| Tableau 4 | – Conditions d'environnement | 46 |

RESUME/RIASSUNTO

La section transfrontalière de la partie commune de la nouvelle ligne ferroviaire Lyon – Turin comprend les ouvrages suivants :

- Les raccordements à la ligne historique de Saint Jean de Maurienne
- La gare internationale de Saint Jean de Maurienne
- Le site de sécurité et de maintenance de Saint Jean de Maurienne
- Le tunnel de base
- La gare internationale de Suse
- Le site de sécurité et de maintenance de Suse
- Le tunnel d'interconnexion
- Les raccordements à la ligne historique de Bussoleno.

Afin d'alerter le PCC pour que des mesures d'exploitation et/ou de sécurité soient prises dans les meilleurs délais, différents systèmes surveillent les parties ferroviaires et non ferroviaires de cette zone.

Le système de détection incendie en tunnel a pour objectif de détecter les signes d'un incendie sur tout type de matériel roulant.

Il est constitué de détecteurs de chaleur sur toute la longueur des tubes ferroviaires, et de détecteurs de flammes et de fumée au niveau de chaque rameau technique (tous les 1332 m).

La sezione transfrontaliera della parte comune della nuova linea ferroviaria Torino – Lione comprende le opere seguenti :

- I raccordi alla linea storica di Saint Jean de Maurienne
- La stazione internazionale di Saint Jean de Maurienne
- Il sito di Saint Jean de Maurienne
- Il tunnel di base
- La stazione internazionale di Susa
- Il sito di Susa
- Il tunnel di interconnessione
- I raccordi alla linea storica di Bussoleno.

Allo scopo di dare l'allarme alla PCC per che misure di esercizio e/o di sicurezza siano adottate entro i migliori termini, vari sistemi sorvegliano le parti ferroviarie e non ferroviarie di questa zona.

Il sistema di rilevamento incendio in tunnel si prefigge di rilevare i segni di un incendio su qualsiasi tipo di materiale rotabile.

È costituito da rivelatori di calore su tutta la lunghezza dei tubi ferroviari, e di rivelatori di fiamme e di fumo a livello di ogni ramo tecnico (ogni 1332 m).

1. Introduction

Les gouvernements Italiens et Français ont décidé d'engager la réalisation d'une ligne ferroviaire nouvelle entre Lyon et Turin. Ce projet consiste au premier chef en l'aménagement d'un itinéraire Fret performant pour la traversée des Alpes, destiné notamment à limiter les trafics routiers transitant par ces zones écologiquement sensibles.

Cette nouvelle liaison comportera également une dimension voyageurs importante, dans la mesure où elle reliera les réseaux grande vitesse Français et Italien offrant ainsi des temps de parcours réduits entre deux régions frontalières attractives que sont le Piémont et la Savoie.

Bien que constituée de trois sections distinctes, dont deux nationales, seule la partie commune franco-italienne dite « internationale » entre Saint-Jean de Maurienne et Bussoleno est l'objet de notre étude.

La section ainsi considérée aura une longueur totale d'environ 67km et les principaux ouvrages la constituant seront les suivants :

- Les raccordements à la ligne historique de Saint Jean de Maurienne,
- La gare internationale de Saint Jean de Maurienne,
- Le site de sécurité et de maintenance de Saint Jean de Maurienne,
- Le tunnel de base de 57km, comprenant :
 - La descenderie de Saint Martin la Porte,
 - La descenderie de La Praz,
 - Le site de sécurité souterrain de La Praz,
 - Le puits de ventilation d'Avrieux,
 - La descenderie de Modane,
 - Le site de sécurité souterrain de Modane,
 - Le puits de ventilation de Clarea,
 - Le site de sécurité souterrain de Clarea,
 - La galerie de Maddalena,
- La gare internationale de Suse,
- Le site de sécurité et de maintenance de Suse,
- Le tunnel d'interconnexion d'une longueur de 2km,
- Les raccordements à la ligne historique de Bussoleno.

L'exploitation de la section internationale sera réalisée au moyen de deux Postes de Commande Centralisé (PCC) : 1 PCC à Saint Jean de Maurienne et 1 PCC à Suse. L'un des deux est actif, l'autre en stand-by.

2. Glossaire

| | |
|--------|--|
| C2 | Câble non propagateur de flammes |
| CIG | Commission InterGouvernementale franco-italienne |
| CR1/C1 | Câble résistant au feu et non propagateur de l'incendie |
| ERP | Etablissement Recevant du Public |
| GTC | Gestion Technique Centralisé |
| IK | Indice de résistance au chocs mécaniques |
| IP | Indice de Protection |
| IR | InfraRouge |
| LTF | Lyon Turin Ferroviaire |
| PCC | Poste de Commande Centralisé |
| RID | Regulations concerning the International carriage of Dangerous goods by rail |
| STI | Spécifications Techniques d'Interopérabilité |
| TCP/IP | Transmission Control Protocol / Internet Protocol |
| TGBT | Tableau Général Basse Tension |
| UIC | Union Internationale de Chemins de fer |
| UV | UltraViolet |

3. Présentation du système détection incendie en tubes ferroviaires

Nous présentons, ici, le système de détection incendie en tube ferroviaire installé au titre des équipements de sécurité. Pour cela, après avoir resitué le système dans son contexte, et énoncé ses objectifs, nous porterons attention aux ouvrages et cadres réglementaires l'influençant. Enfin, nous listerons les contraintes auxquelles il est soumis et les performances à atteindre.

3.1 Généralités

Les incendies étant une des premières causes de destruction, il est nécessaire de repérer leurs départs afin de minimiser les dégâts humains et matériels. De par sa fréquentation, le tube ferroviaire est un lieu privilégié pour les départs d'incendie.

La détection incendie, qui comprend la détection de flamme, de fumée et de chaleur vient compléter les équipements de sécurité mis en œuvre dans les tunnels. L'étude concerne ici la détection incendie dans les tubes ferroviaires.

3.2 Objectif du système

L'objectif du système de détection incendie en tubes ferroviaires sera de détecter, au plus tôt, les signes d'un incendie, localisé sur tout type de matériel roulant dans la zone LTF afin :

- D'empêcher que le train suivant n'entre dans le nuage de fumée créé par le train en feu,
- De minimiser le nombre de personnes qui devront évacuer dans une zone enfumée,
- De prendre l'ensemble des mesures nécessaires d'exploitation pour le train incendié.

3.3 Topologie et géométrie des ouvrages

Les ouvrages ayant un impact sur le système de détection incendie en tubes ferroviaires seront :

- Le profil en long,
- La coupe type au droit des rameaux techniques,
- La position des rameaux techniques,
- La configuration des locaux techniques présents dans les rameaux.

3.4 Cadre réglementaire

Le présent paragraphe recense les différentes réglementations, normes et standards en Europe, en Italie, en France et à l'international ayant un impact sur l'étude de la détection incendie en tube ferroviaire.

La priorité d'application des règles retenues pour ce projet sera conforme à la Soumission 37 relative aux principes du cadre réglementaire de la sécurité (§2.5 Hiérarchie de normes) :

- Les directives européennes et les normes STI s'appliquent prioritairement au projet,
- A défaut, les règles édictées par la CIG priment ensuite sur les règles nationales. La CIG peut édicter des règles plus sévères que les directives européennes et normes STI sauf pour le matériel roulant,
- A défaut de directive européenne, de norme STI ou de règle de la CIG, la norme nationale la plus sévère s'applique, sous réserve du maintien de la cohérence d'ensemble des dispositions.

Les règles sont les mêmes sur l'ensemble de la partie commune (c'est à dire dans les deux tunnels de Base et Interconnexion).

3.4.1 Directives européennes et normes STI

Dans ce paragraphe nous listons l'ensemble des normes et directives européennes ainsi que les spécifications techniques d'interopérabilité.

- Série EN 54 relative aux systèmes de détection et d'alarmes incendie,
- Spécifications Techniques d'Interopérabilité reprises par les décisions suivantes du Conseil Européen : 2002/730/CE, 2002/731/CE, 2002/732/CE, 2002/733/CE, 2002/734/CE, et 2002/735/CE,
- Directive du Conseil Européen 96/48/CE (relative à l'interopérabilité ferroviaire grande vitesse en matière de sécurité),
- Directive du Conseil Européen n° 73/23/EEC : « Directive basse tension ».

3.4.2 Règles CIG

Après avoir listé les règlements européens, qui sont prépondérants sur les autres, nous recensons les critères dictés par la CIG et applicables au système de détection incendie en tunnel.

- Soumission 37 paragraphe 3.1.1 sur les constituants des câbles.

3.4.3 Autres normes

Enfin, après les règlements européens et ceux de la CIG, nous listons ici les règles nationales et internationales qui ne rentrent pas dans les deux premières catégories.

- Codes du travail français et italien,
- ISO 7240 : « Systèmes de détection et d'alarme d'incendie »,
- Code UIC 779-9 : « Sécurité dans les tunnels ferroviaires »,
- CEI 364-3 : "Installations électriques des bâtiments – détermination des caractéristiques générales".

3.5 Recensement des contraintes et performances

Après avoir énoncé les généralités sur le système de détection incendie en tunnel et considéré les ouvrages et règlements le contraignant, nous recensons les contraintes physiques auxquelles celui-ci sera soumis puis nous listons les performances à atteindre.

3.5.1 Contraintes

Par soucis de clarté, les contraintes ont été séparées en plusieurs points. Pour commencer, nous analysons les contraintes dictées dans un souci de sécurité, suivies de l'environnement dans lequel est installé le système, puis celles liées à l'exploitation et la maintenance de l'ouvrage et enfin celles de réalisation et d'évolutivité.

3.5.1.1 Contraintes de sécurité

- Contraintes fonctionnelles

Les études fonctionnelles de sécurité du lot C1 stipulent pour la détection incendie en tubes ferroviaires de :

- o Détecter tout type de feu non compartimenté sur tout type de trains en mouvement,
 - o Déclencher instantanément une alarme au PCC lors d'une détection.
- Sécurité des biens et des personnes
 - o Les équipements et leurs attaches placés en tunnel devront résister à des températures de 1100°C,
 - o Les équipements de prélèvement devront être anti-déflagrants et incombustibles. Ceux d'analyses, uniquement anti-déflagrants,

- o Tous les câbles électriques et tuyaux, posés en tunnel pour la détection incendie, devront ne pas contenir de matériaux :
 - Halogènes,
 - Propagateur d'incendie,
 - Emetteurs de fumées toxiques.

3.5.1.2 Contraintes d'environnement

- La caténaire produira un champ électromagnétique important. Celui-ci ne devra pas être perturbé par un équipement rayonnant dans une zone égale à un disque de rayon 32 cm autour de l'axe de la caténaire,
- La construction des tunnels produira de la poussière de béton. La quantité sera importante au départ et négligeable après une année d'exploitation,
- L'usure de la caténaire se traduira par la présence de poussières de cuivre. Celle des rails provoquera des poussières d'acier. Les quantités seront importantes, tout au long de l'exploitation,
- La variation de pression due au passage du train sera de l'ordre de 10 kPa,
- La roche dans laquelle est taillée le tunnel est une roche chaude. La température dans le tunnel y compris dans les rameaux peut atteindre jusqu'à 32°C,
- Hygrométrie inconnue,
- Les vibrations engendrées par le passage du train seront importantes,
- En tête de tunnel, les conditions d'environnement sont celles d'une vallée alpine à 600 m d'altitude (humidité, brouillard, vent, précipitation, etc.),
- Le tableau des influences externes est joint en Annexe 2.

3.5.1.3 Contraintes d'exploitation et de maintenance

- Exploitation
 - o La vitesse des trains de fret et d'autoroute ferroviaire sera comprise entre 100 et 120 Km/h,
 - o La vitesse des trains à grande vitesse (TGV et ETR) sera de 220 km/h,
 - o Un sens de circulation sera affecté par voie mais occasionnellement, les voies pourront être utilisées dans les deux sens,
 - o Le pantographe génèrera des arcs électriques,
 - o Les matières dangereuses admises au RID, le seront également dans la zone LTF. Ceci impliquera l'admissibilité des matières dangereuses des catégories B à E,
 - o Le tunnel sera nettoyé régulièrement à l'eau.
- Maintenance
 - o A des fins de clarification, nous précisons les notions suivantes :

« Par maintenance préventive, on entend un type de maintenance exécuté à des intervalles prédéterminés ou en accord avec des critères prescrits et qui vise à réduire les probabilités de panne ou la dégradation du fonctionnement d'une entité.

Par maintenance corrective on entend la maintenance exécutée suite à la constatation d'une panne et qui vise à remettre une entité dans un état la rendant à nouveau capable d'exécuter la fonction demandée.

Par maintenance exceptionnelle, on entend une action entreprise volontairement pour améliorer la fiabilité et/ou renforcer l'infrastructure au moyen d'interventions qui augmentent la valeur du patrimoine. »

La maintenance sera prévue 4h par nuit sur tout ou partie de l'une des deux voies.

- o Corrective :

Toutes les pièces nécessaires à la maintenance devront être disponibles sur 15 ans.

- o Exceptionnelle :

Le système ne pourra être remplacé qu'après au moins 15 années d'exploitation.

3.5.1.4 Contraintes de réalisation

L'emplacement disponible pour implanter les équipements de détection incendie dans les tubes sera contraint par l'ensemble des autres équipements préconisés par les différents systèmes. Ces équipements apparaissent sur la coupe suivante :

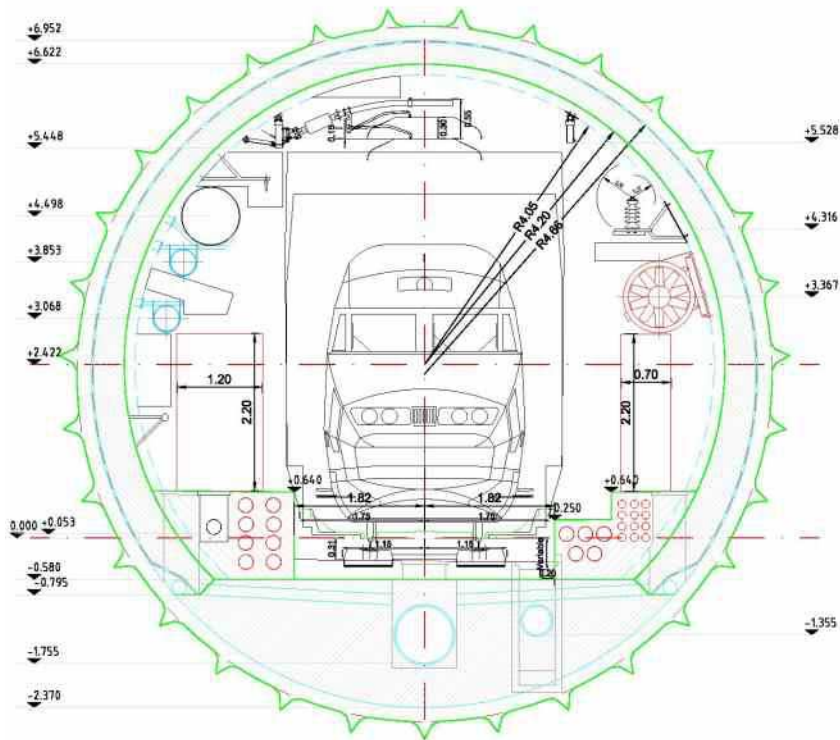


Figure 1 - Coupe type

De même, l'emplacement disponible pour implanter les équipements de traitement de la détection incendie, dans les locaux techniques, sera contraint par la place disponible dans ces locaux.

3.5.1.5 Contraintes d'évolutivité

- Les centrales de détection devront être dimensionnées pour accueillir les équipements de détection supplémentaires installés lors des différentes phases de construction.
- Les nouveaux équipements installés, pour tenir compte de l'évolutivité, après la mise en service du tunnel devront pouvoir s'interfacer avec les équipements déjà mis en œuvre.

3.5.2 Performances

Après avoir regardé les différentes contraintes auxquelles sera soumis le système de détection incendie en tunnel, nous établissons ici les performances que celui-ci doit atteindre. Celles-ci ont été séparées en six points.

Nous verrons d'abord les performances générales puis celles liées à la précision de la mesure suivie de celles d'exploitation, de fiabilité, de disponibilité, et enfin nous verrons celles qui ne rentrent pas dans les catégories précédentes.

3.5.2.1 Détection de fumée

- Généralités

Le système de détection incendie dans les tubes ferroviaires devra satisfaire à l'ensemble des contraintes énoncées précédemment.

- Précision de la mesure

- o Détecter des particules de fumée d'une taille inférieure à 3 μm et au moins égale à 0,3 μm ,
- o Détecter de la fumée produite par un feu de 0,5 MW se déplaçant à une vitesse de 220 km/h,
- o Détecter des concentrations de fumée inférieures à 300 ppm¹.

- Exploitation

- o Déclencher au PCC une alarme dès que la concentration des particules de fumée sera supérieure à 300 ppm,
- o Déclencher une alarme au plus tard 1 min après le passage du point en feu.

- Maintenance

- o Préventive :

Le temps entre deux maintenances préventives ne saura être inférieur à 8 semaines.

- o Corrective :

Les pièces changées lors d'une maintenance corrective seront en mesure de fonctionner pendant au moins un an.

- Fiabilité

Une fois la période d'essais terminée, produire au maximum une fausse alarme toutes les 1 000 alarmes générées.

- Disponibilité

Le système sera au plus indisponible 4h la nuit tous les deux jours.

- Autres

Les équipements placés en zone d'influence caténaire ne devront pas contenir de matériaux sensibles aux champs électromagnétiques produits par la caténaire.

3.5.2.2 Détection de flamme

- Généralités

¹ ppm : Parties Par Million

Le système de détection incendie dans les tubes ferroviaires devra satisfaire à l'ensemble des contraintes énoncées précédemment.

- Précision de la mesure

Détecter l'apparition d'une flamme de 5 cm de hauteur et se déplaçant à une vitesse de 220 km/h.

- Exploitation

Déclencher au PCC une alarme 15 s après le passage d'un train devant un détecteur de flammes.

- Maintenance

- o Préventive :

Le temps entre deux maintenances préventives ne saura être inférieur à 3 mois.

- o Corrective :

Les pièces changées lors d'une maintenance corrective seront en mesure de fonctionner pendant au moins un an.

- Fiabilité

Une fois la période d'essais terminée, produire au maximum une fausse alarme toutes les 1 000 alarmes générées.

- Disponibilité

Le système sera au plus indisponible 4h la nuit tous les deux jours.

3.5.2.3 Détection linéaire de chaleur dans les sites de sécurité

- Généralités

Le système de détection incendie dans les sites de sécurité devra satisfaire à l'ensemble des contraintes énoncées précédemment.

- Précision de la mesure

- o Avoir une précision pour la localisation du point chaud de 1m,

- o Détecter une évolution de température de 2 °C en 30 s,

- o Détecter des feux immobiles de 0,5 MW.

- Exploitation

Déclencher une alarme en moins de 10 secondes après l'arrêt d'un train en feu.

- Maintenance

- o Préventive :

Le temps entre deux maintenances préventives ne saura être inférieur à 3 mois.

o Corrective :

Les pièces changées lors d'une maintenance corrective seront en mesure de fonctionner pendant au moins un an.

- Fiabilité

Une fois la période d'essais terminée, produire au maximum une fausse alarme toutes les 1 000 alarmes générées.

- Disponibilité

Le système sera au plus indisponible 4h la nuit tous les deux jours.

4. Analyse des technologies

Afin de sélectionner les technologies disponibles et les plus appropriées pour le système de détection incendie en tunnel, nous comparons les différentes technologies du marché. Pour cela nous en effectuons une brève description fonctionnelle avant d'en énoncer les avantages et inconvénients.

4.1 Détecteurs de fumée

La détection d'incendie a été largement développée ces dernières années et est maintenant bien maîtrisée dans les locaux. Elle peut être effectuée de différentes façons et entre autre par le biais d'un détecteur de fumée.

La fumée se caractérise par des particules présentes dans l'air et qui viennent en modifier ses propriétés. Ces particules sont plus ou moins nombreuses et de tailles plus ou moins importantes. C'est ce qui fait que nous les voyons ou pas.

Nous présenterons ici deux types de détecteurs encore commercialisés aujourd'hui et dans l'ordre de leur apparition sur le marché.

Le premier présenté sera le détecteur optique suivi du détecteur granulométrique.

4.1.1 Technologie optique

Nous présentons ensuite, après le détecteur ionique, le détecteur optique qui est actuellement en plein essor. Nous garderons le même plan à savoir une description du fonctionnement et une présentation des avantages et inconvénients.

4.1.1.1 Description

Le détecteur de fumée optique se base sur le principe soit d'opacité, soit de dispersion d'un faisceau de lumière entre une source lumineuse interne et un senseur sensible à la lumière. Si des gaz de fumée pénètrent dans le détecteur, dans le premier cas, la lumière sur le senseur est réduite et dans le second cas, le plus fréquent, le faisceau lumineux est réfléchi, diffracté et réfracté avant d'atteindre le senseur. Par une connexion électronique, le signal d'alarme se déclenche.

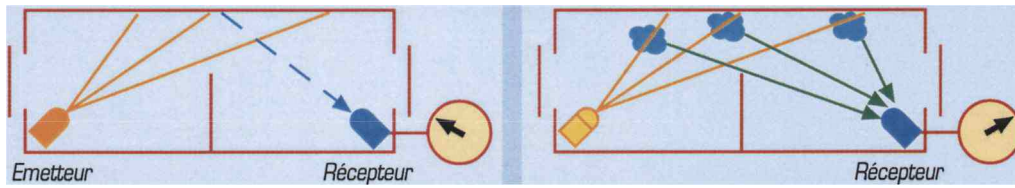


Figure 2 - Principe de fonctionnement du détecteur optique par dispersion

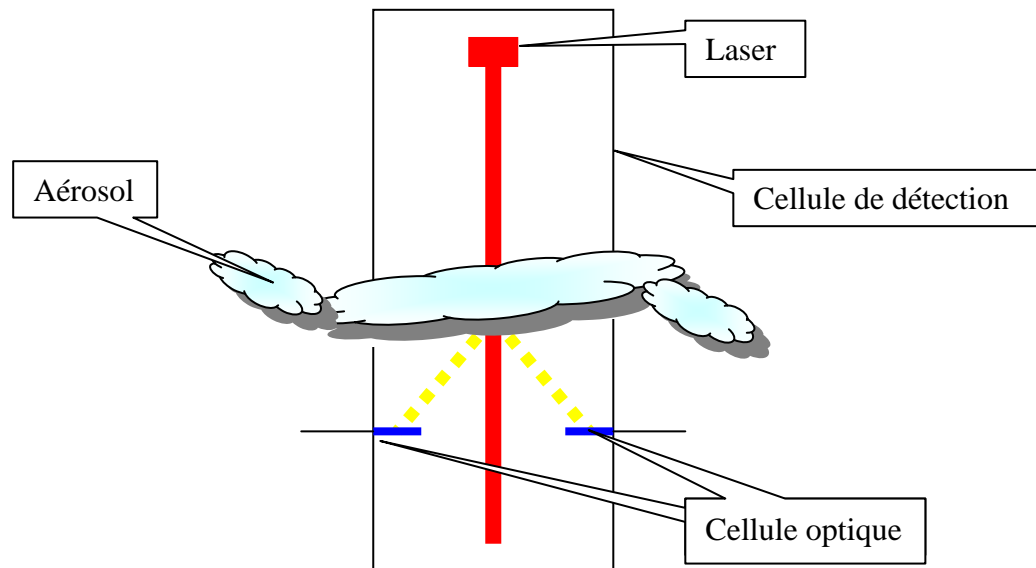


Figure 3 - Principe de fonctionnement du détecteur optique par absorption

4.1.1.2 Avantages

Le détecteur optique de fumée est particulièrement adapté pour la détection de feux couvants, ceux-ci dégagant de la fumée, et pour des fumées visibles.

Cette sensibilité s'explique par le fait que ce type de détecteur a besoin qu'un faisceau lumineux soit coupé par un aérosol d'une certaine opacité afin d'en modifier les propriétés. La technologie par dispersion évoluant beaucoup ces dernières années, son spectre s'est agrandi, permettant ainsi de détecter à la fois des particules invisibles et opaques.

A terme un détecteur optique par dispersion devrait remplacer le couplage détecteur optique d'ancienne génération et ionique.

Par ailleurs, pour les détecteurs d'obscurcissement, le seuil minimal de déclenchement est très bas ce qui permet d'avoir une détection précoce sur un large spectre de feux. La sensibilité des détecteurs optiques peut être réglée en fonction des besoins.

4.1.1.3 Inconvénients

A l'heure actuelle, il est souvent encore nécessaire d'avoir de la fumée visible pour que le détecteur déclenche une alarme. Les détecteurs par obscurcissement n'ont jamais été implantés en tunnels ferroviaires.

4.1.2 Technologie granulométrie

Enfin, après avoir décrit les technologies mises en œuvre dans les détecteurs ioniques et optiques, nous présentons, selon le même plan, la technologie la plus récente, la granulométrie.

4.1.2.1 Description

La chambre d'analyse de ce système est basée sur un capteur optique et est constituée d'une diode laser et de cellules optiques, permettant d'apprécier la concentration des aérosols captés. Lorsque le laser frappe une particule, le faisceau est réfracté et vient rencontrer une des cellules photoélectriques qui génère un signal électrique. Le nombre de signaux générés est proportionnel à la quantité de particules dans la cellule.

Les seuils de déclenchement (fonction de la concentration des aérosols) de ce système sont réglables en fonction des besoins.

4.1.2.2 Avantages

Le seuil minimal de déclenchement est très bas ce qui permet d'avoir une détection précoce sur un large spectre de feu. Enfin le système détecte dans un temps très court, une fois l'aérosol présent dans la chambre d'analyse.

4.1.2.3 Inconvénients

Ce système n'en est encore qu'à sa phase expérimentale. De plus son coût est supérieur aux autres. Enfin de par sa sensibilité et des contraintes d'exploitation et environnementales du tunnel, les seuils de déclenchement seront peut être difficiles à régler pour ne pas perdre l'avantage d'une détection précoce.

4.1.3 Synthèse

Les technologies optiques par mesure d'obscurcissement et granulométrie permettent de répondre aux besoins en matière de détection incendie.

Au vu des avantages que présente le détecteur optique par obscurcissement par rapport aux autres détecteurs optiques et à la granulométrie, nous le retiendrons dans le cadre de cette étude.

4.2 Détecteurs de flammes

Dans le processus de déclenchement d'un incendie, les flammes apparaissent tardivement, sauf lors de la présence de matières inflammables. Par ailleurs dans un tunnel ferroviaire, compte tenu de la vitesse du train, elles peuvent être plus facilement détectables que la fumée ou la chaleur.

Les flammes sont visibles par l'homme car elles émettent un rayonnement dans le domaine du visible. Elles en émettent également dans l'infrarouge et dans l'ultraviolet. Les détecteurs de flammes détectent, sur une plage de longueur d'onde choisie, un rayonnement soit dans le domaine de l'infrarouge soit dans celui de l'ultraviolet. La figure suivante présente le spectre de détection en indiquant les longueurs d'ondes détectées.

Nous étudierons trois technologies, dans l'ordre, un détecteur de flammes captant le rayonnement infrarouge, puis un second captant l'ultraviolet et enfin un troisième captant les deux rayonnements.

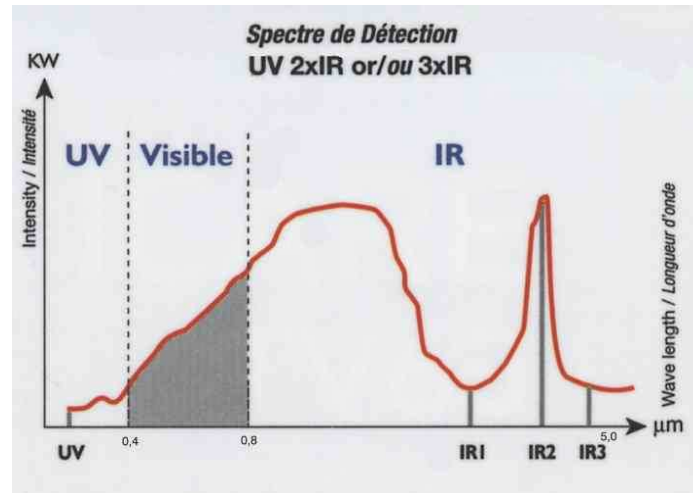


Figure 4 - Spectre de la détection de flamme

4.2.1 Technologie infrarouge (IR)

Nous commencerons par regarder les détecteurs captant le rayonnement émis par les flammes dans l'infrarouge.

4.2.1.1 Description

Le principe de fonctionnement est de détecter un rayonnement thermique produit dans l'infrarouge grâce à une photo-résistance ou un capteur pyroélectrique². Ces détecteurs ne tiennent compte que des rayonnements vacillants caractéristiques des flammes, dans une longueur d'onde précise dans le proche infrarouge (longueurs d'onde comprises entre 2 et 5,2 µm).

Les détecteurs infrarouges conventionnels détectent un rayonnement sur une seule longueur d'onde, celle dans laquelle les flammes rayonnent le plus facilement.

Afin de gagner en robustesse, les détecteurs qualifiés de IR2 ou IR3 doivent capter simultanément un rayonnement sur deux ou trois longueurs d'ondes, pour déclencher une alarme.

4.2.1.2 Avantages

Le rayonnement infrarouge présente une faible atténuation à travers les fumées. Ces détecteurs sont donc performants en milieu enfumé et pour de mauvais taux de combustion. Il est, par ailleurs, possible de rendre sensible le détecteur à plusieurs longueurs d'onde dans l'infrarouge. Dans ce cas on obtient en plus, une baisse du taux d'alarmes intempestives, une

² Ce type de capteurs n'est sensible qu'aux changements de température.

grande sensibilité aux combustions lentes et la possibilité de détecter de plus petits feux de façon plus précoce.

4.2.1.3 Inconvénients

Le détecteur de flammes infrarouge est particulièrement sensible à la présence de givre ou d'eau qui diminue sa sensibilité. Par ailleurs, il est peu performant pour détecter les combustions très lentes car celles-ci ne présentent des flammes que tardivement. Dans certains cas le détecteur infrarouge peut être sensible à la réflexion d'une lumière sur un objet en mouvement.

4.2.2 Technologie ultraviolette (UV)

Après avoir regardé les capteurs sensibles au rayonnement infrarouge des flammes, regardons ceux sensibles au rayonnement ultraviolet.

4.2.2.1 Description

Le principe de fonctionnement, le plus courant, est de capter des photons qui, pour un rayonnement dans le spectre de l'ultraviolet, frappent une cathode et génèrent une impulsion électrique.

Le capteur génère alors un signal de sortie qui consiste en une suite d'impulsions, la fréquence du signal étant proportionnelle à la taille de la flamme. Les longueurs d'onde faisant réagir le détecteur sont comprises entre 0,1 et 0,3 μm .

4.2.2.2 Avantages

Les détecteurs de flammes ultraviolets détectent très bien les feux provenant de liquides inflammables, ou les foyers à développement rapide.

4.2.2.3 Inconvénients

Ces détecteurs sont sensibles aux différentes sources d'arcs électriques et sont inhibés par les épaisses fumées ou les dépôts graisseux sur la fenêtre d'analyse.

4.2.3 Technologie combinée infrarouge – ultraviolette (UV/IR)

Les flammes rayonnant dans l'ultraviolet et dans l'infrarouge, regardons enfin les capteurs sensibles à ces deux rayonnements..

4.2.3.1 Description

La technologie UV/IR est basée sur les principes de fonctionnement des deux technologies précédentes. Pour obtenir une alarme, il est nécessaire que les deux technologies signalent simultanément la présence d'une flamme. Afin de fiabiliser le système, il est également possible d'associer une cellule ultraviolette et une cellule IR2 ou IR3.

4.2.3.2 Avantages

Le détecteur UV/IR cumule les avantages des deux technologies avec, en plus, un temps de réponse très court, et un très faible taux de fausses alarmes.

Le faible taux de fausses alarmes provient de la nécessité d'avoir un rayonnement simultané dans l'ultraviolet et l'infrarouge. Ceci évite les déclenchements intempestifs que l'une ou l'autre des technologies pouvait produire lorsqu'elle était utilisée seule.

4.2.3.3 Inconvénients

Puisqu'il est nécessaire que les deux cellules (UV et IR) réagissent à la flamme, on a ici les mêmes interférences qui diminuent les capacités de détection. Si l'une des deux cellules ne détecte pas, le détecteur ne réagira pas.

4.2.4 Synthèse

Le détecteur UV seul étant sensible aux arcs électriques, et vu ceux produits par le pantographe, nous ne retiendrons pas ce type de détecteur. Compte tenu des performances en terme de fausses alarmes et du spectre de détection élargie du détecteur UV/IR, nous retiendrons cette technologie pour le projet LTF.

Les détecteurs IR2 ou IR3 étant plus robustes que le détecteur infrarouge conventionnel, afin d'augmenter encore les performances, nous préconiserons au détecteur UV/IR d'avoir deux longueurs d'ondes dans l'infrarouge.

4.3 Détecteurs linéaires de chaleur dans les sites de sécurité

La détection linéaire de chaleur n'ayant pas pour but d'effectuer de la détection d'incendie en exploitation normale, mais de localiser le foyer une fois le train à l'arrêt, nous comparerons, après avoir décrit les technologies, les avantages et les inconvénients par rapport à cet objectif.

Deux technologies sont ressorties de nos recherches, l'une à base de fibre optique, l'autre à base de capteurs de température répartis à égale distance dans un câble. Tous les détecteurs linéaires de chaleur peuvent déclencher une alarme en fonction de la vitesse d'augmentation de la température et/ou en comparaison avec une valeur seuil.

4.3.1 Technologie à base de fibre laser

Nous commencerons par regarder la détection linéaire de chaleur basée sur l'exploitation du comportement des fibres optiques à la chaleur.

4.3.1.1 Description

Les grandeurs mesurées telles que la température, la pression et la traction peuvent influencer les fibres optiques et modifier localement les propriétés du circuit de lumière. Dans les fibres optiques, l'atténuation de la lumière due à la diffusion permet de déterminer l'emplacement d'une influence physique extérieure. La fibre optique peut ainsi être utilisée comme capteur linéaire.

Selon les fabricants, la détection est basée sur une réflectométrie optique dans le domaine fréquentiel ou temporel. Dans les deux cas, le signal optique analysé est celui de rétrodiffusion. Pour la technologie fréquentielle, il est nécessaire de rajouter un traitement par transformée de Fourier.

4.3.1.2 Avantages

Le précision pour la localisation est très bonne de l'ordre du mètre. Par ailleurs la plage de mesure est très large (-185 à +460 °C). De plus, que l'échauffement soit produit par convection ou par radiation, celui-ci est détecté. Le temps de mesure est rapide de l'ordre de 10s. La détection entre concentrateur peut s'étendre sur 20 km ce qui minimise le nombre d'équipements. L'architecture sera entièrement redondée pour éviter les risques de pannes. Enfin, les fibres qui constituent la partie sensible du détecteur sont insensibles aux perturbations électromagnétiques.

4.3.1.3 Inconvénients

La pose et le remplacement de la fibre sont délicats et nécessitent l'intervention de personnels formés. Une nécessité de re-calibrer le système tous les ans.

4.3.2 Technologie à capteurs encapsulés

Après avoir décrit la détection de chaleur linéaire à base de fibres, regardons, selon le même plan, la détection de chaleur à l'aide d'un câble composé de capteurs de température équidistants.

4.3.2.1 Description

Le câble à capteurs est un système de collection de données par bus. A l'intérieur du câble capteur totalement isolé, se trouvent des petits circuits hybrides équidistants d'un pas réglable en fonction des besoins et qui sont reliés les uns aux autres par des câbles conducteurs plats. Ces conducteurs permettent l'alimentation des différents capteurs et la transmission des données.

Ces circuits contiennent un circuit intégré avec une adresse définie, ainsi qu'un capteur de température. Ils sont interrogés séquentiellement. La valeur du pas d'implantation des capteurs détermine la précision pour la localisation du foyer : plus les circuits sont proches les uns des autres, plus le système sera précis.

4.3.2.2 Avantages

La pose et la réparation (par boîte de dérivation) sont assez faciles et ne nécessitent pas de spécialistes. Par ailleurs, le système est protégé des émissions électromagnétiques grâce à sa composition (celle-ci varie selon les fabricants, mais tous sont insensibles aux perturbations électromagnétiques usuelles). De plus, en cas de coupure du câble, la partie reliée à la centrale continue de fonctionner. Enfin, son temps de réponse est court (inférieur à 20 s).

4.3.2.3 Inconvénients

Le fait d'avoir des circuits répartis, ne répond pas complètement à l'objectif de détection linéaire. Par ailleurs, la plage de détection n'est pas très grande (-55 à 95 °C). Enfin, le câble ne détecte qu'une hausse de température par convection.

4.3.3 Synthèse

Les deux technologies offrent des performances comparables. A l'heure d'aujourd'hui la fibre optique est en pleine effervescence et présente de nombreuses références. En terme d'installation et en plage de détection cette technologie à base de fibre laser correspond parfaitement à notre application dû à la précision et à la rapidité de déclenchement d'une alarme. On retiendra cette technologie dans la suite des descriptions.

5. Etude de l'architecture et analyse fonctionnelle

Nous réalisons dans ce paragraphe une description de l'architecture globale et fonctionnelle du système de détection incendie en tunnel. Ceci permet d'en décrire précisément les constituants et les lieux où est situés l'intelligence du système.

5.1 Architecture

Nous commençons par décrire l'architecture en nous penchant sur les capteurs, puis les câbles d'alimentation électrique et de transmission avant de finir par les centrales et les différentes interfaces, notamment électriques et de communication.

Pour chacun des systèmes, l'architecture des capteurs est décrite pour seulement un des deux tubes du tunnel. L'installation dans l'autre tube est identique. Les centrales elles seront communes aux deux tubes.

A des fins de clarification, nous présentons ici les définitions suivantes :

- On entend par détecteur multiponctuel, un détecteur qui effectue des prélèvements en plusieurs points et qui, par la suite, analyse le mélange d'air dans une cellule,
- On entend par détecteur linéaire, un détecteur qui effectue des mesures en tous points, le long d'un axe,
- On entend par détecteur ponctuel, un détecteur qui effectue une analyse à un endroit et sur un périmètre donné

5.1.1 Capteurs

Pour le système de détection incendie en tunnel, nous commençons par présenter l'architecture des différents capteurs à installer.

La description de l'architecture est basée sur des capteurs existants dont les performances ont été tirées vers le haut. Pour les atteindre, en fonction de l'évolution de l'offre du marché, il sera peut être nécessaire soit d'adapter l'architecture soit de prévoir des développements de produits spécifiques.

L'implantation réelle des capteurs est présentée sur la coupe type à la figure 11

5.1.1.1 Détection de fumée

Le système de détection de fumée sera un système de détection multiponctuel.

Ce choix est principalement motivé par les turbulences produites par le passage du train et par l'emplacement disponible dans les tubes. Il sera donc composé de trois sous systèmes, le premier pour le prélèvement des échantillons de fumée, le second pour analyser ces dits échantillons et le troisième pour les rejeter dans le tunnel.

Il est dimensionné pour détecter un feu sur le matériel roulant, cependant, il devrait pouvoir détecter un feu présent dans les tubes hors du matériel roulant.

- Le prélèvement de fumée

Le système sera composé d'un tube de prélèvement positionné le long de la voûte du tunnel au droit des rameaux techniques R1 et R1-2. Celui-ci aura une longueur de 17 m et s'étendra du trottoir gauche au trottoir droit. Il sera percé maximum tous les un mètre et demie d'un orifice compris entre 2 et 5 mm de diamètre permettant de capter le mélange gazeux présent en tunnel. Le diamètre du réseau d'aspiration sera inférieur à 38 mm.

Le réseau de prélèvement sera raccordé à une chambre d'analyse par un tuyau positionné au-dessus de la porte d'accès à ce rameau. Pour permettre aux échantillons prélevés de rejoindre la chambre d'analyse, un ventilateur assurera l'aspiration au niveau du raccord vers le local technique.

Tout ceci est illustré sur la figure suivante :

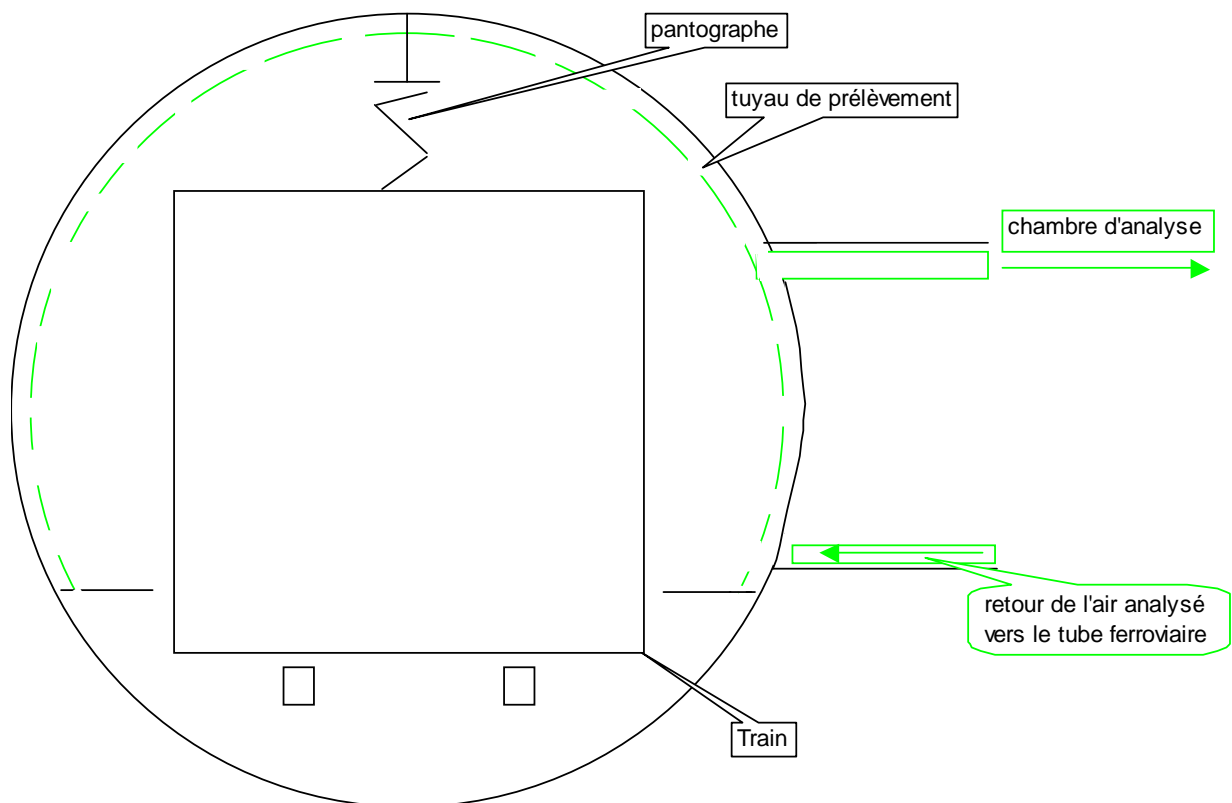


Figure 5 - Principe détecteur multipointuel dans un tube pour la détection incendie

Par ailleurs, le réseau de prélèvement traversant la zone d'influence caténaire devra être composé de matériaux insensibles au champ électromagnétique et aux arcs électriques produit par la caténaire et n'influençant pas celui-ci (la technologie devra être équivalente à celle mise

en oeuvre dans le tunnel sous la manche). Enfin, compte tenu des matières dangereuses admises à circuler, le réseau de prélèvement sera impérativement anti-déflagrant.

Il y aura par tube autant de réseaux de prélèvements séparés de 1332 m que de rameaux techniques. Le positionnement des tuyaux d'aspiration pouvant être décalé de quelques mètres par rapport à la porte du rameau, on s'arrangera pour le positionner en évitant entre autre les supports caténaire, de télécommunications, de feeder, de conduite de ventilation et de refroidissement.

Les voies d'évitement seront également équipées en détection de fumée, sur le même principe, en entrée et en sortie, il faudra donc compter deux réseaux de prélèvement supplémentaires par tube.

Afin d'avoir un fonctionnement performant, le système sera insensible à la dépression suivant le passage du train. Ce qui signifie que les échantillons prélevés sur les derniers wagons ne doivent pas être refoulés à l'extérieur du réseau de prélèvement par la dépression provoquée par le passage du train. Par ailleurs, afin de diminuer l'encrassement des filtres, le système sera doté d'un système de nettoyage automatique du réseau de prélèvement par un flux d'air inverse à celui de prélèvement. Le système de nettoyage ne devra se mettre en route qu'entre deux trains.

Le réseau de prélèvement servira à alimenter en échantillons tous les détecteurs déportés (fumée, gaz toxiques et explosifs) dans les locaux techniques. Compte tenu des exigences de ces capteurs, la vitesse dans les tuyaux de prélèvement devra être inférieure à 6 m/s.

- La chambre d'analyse

L'air acheminé par le réseau de prélèvement sera réchauffé afin d'éviter la condensation. Il est important d'éviter une condensation pour empêcher que de l'eau soit présente dans la chambre d'analyse, les détecteurs ne décelant rien lorsqu'ils sont dans l'eau.

La chambre d'analyse sera positionnée dans le local technique du rameau. Elle sera composée d'un système de filtrage permettant d'éliminer les particules de poussière dont celles de cuivre, d'acier et de béton. L'air ainsi filtré est analysé par obscurcissement grâce à un laser à dispersion et deux optiques d'analyse qui détectent l'atténuation du faisceau provoqué par le passage de la fumée devant celui-ci. Cette chambre d'analyse sera pilotée par un boîtier de contrôle lui-même relié à une centrale incendie. L'ensemble sera placé dans le même local.

Afin de garantir son fonctionnement, le système devra être capable d'une part d'analyser le taux d'encrassement du filtre, et d'autre part, de détecter une défaillance du laser. Par ailleurs, au vu des matières dangereuses admises dans le tunnel et pouvant être transportées par le réseau de prélèvement, la chambre d'analyse sera anti-déflagrante. Il y aura autant de chambres d'analyse que de réseaux de prélèvement.

- La restitution des échantillons prélevés dans le tube

Le système de détection de fumée étant le premier système de sécurité positionné à la sortie du réseau de prélèvement, les gaz retournés par celui-ci seront conduits aux autres systèmes. Ceux-ci se chargeront de l'acheminement des gaz analysés vers le tube où ils ont été prélevés. La canalisation de retour des échantillons est présentée sur la figure 6.

5.1.1.2 Détection de flamme

La détection de flammes sera assurée par des capteurs ponctuels placés dans le tube ferroviaire. Au droit de chaque rameau sera installée une zone de quatre détecteurs. Ceux-ci seront installés à une hauteur d'environ 4,75 m par rapport au trottoir. Afin d'avoir une vision globale du convoi, les détecteurs seront implantés comme indiqué sur la figure suivante et auront un cône de vision de 90°.

Les voies d'évitement seront également équipées en détection de flammes, sur le même principe, en entrée et en sortie.

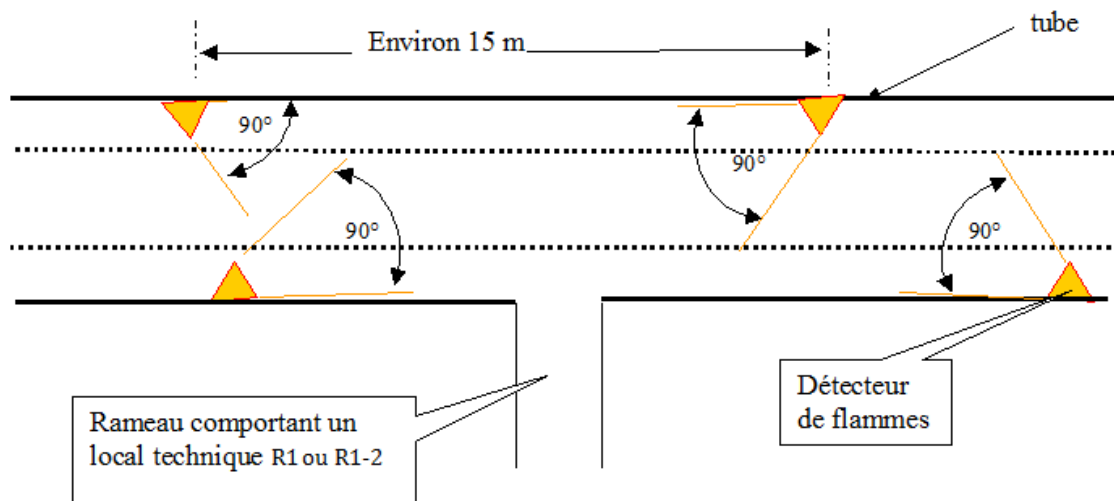


Figure 6 - Implantation des détecteurs de flammes

Chaque détecteur sera relié à une centrale, située dans un local technique et qui analysera les signaux renvoyés. Afin de pouvoir piloter à distance le réarmement des détecteurs, un boîtier d'interface est à prévoir. Celui-ci sera intercalé entre la centrale et les détecteurs.

Afin de garantir l'intégrité du système, on cherchera à diminuer le nombre de fausses alarmes en utilisant des détecteurs UV/IR3 ou UV/IR2. De plus Les détecteurs devront pouvoir analyser leur taux d'encrassement. Pour ralentir la vitesse d'encrassement, un ventilateur créera une zone de turbulence devant l'optique de chaque capteur.

5.1.1.3 Détection linéaire de chaleur dans les sites de sécurité

La détection linéaire de chaleur dans les sites de sécurité sera assurée par un câble optique formant une boucle entre la voie 1 et la voie 2. Celui-ci transitera à une hauteur d'environ 4,60 m par rapport au trottoir. Il s'arrête à l'endroit où sortira le câble qui assurera la détection linéaire sur la section suivante. La longueur du trajet ainsi décrit sera de 2 x 750 m (longueur du site de sécurité) + 4 x 100m. Le câble mis en œuvre aura donc une longueur de 1900m.

La centrale incendie sera reliée d'une part à l'ensemble des capteurs et des boîtiers de commande, et d'autre part, au point de concentration du réseau de télétransmissions du rameau technique. L'ensemble des câbles passant dans le tunnel de façon apparente et assurant la transmission des informations entre ces différents éléments ou leur alimentation électrique devra être CR1/C1 et répondre aux critères de la CIG sur les câbles, à savoir ne pas contenir de matériaux :

- Halogènes,
- Propagateurs d'incendie,
- Emetteurs de fumées toxiques.

Pour les autres câbles aucune prescription n'est formulée, un câble standard de type C2 pourra donc être employé.

Le réseau de prélèvement pour la détection de fumée et la détection linéaire de chaleur étant implantés dans les tubes ferroviaires, ils respecteront les mêmes contraintes que celles imposées aux câbles.

5.1.3 Centrales

Après les câbles électriques et de transmission, les détecteurs, nous décrivons ici l'architecture des centrales locales.

Afin de minimiser le nombre d'équipements dans les locaux techniques du tunnel, la centrale incendie sera commune aux équipements de la détection en tube ferroviaire et à ceux de la détection en rameaux. Les équipements de la détection incendie en locaux concernés sont les détecteurs placés dans les rameaux de communication et dans les locaux techniques de ces rameaux. La centrale devra pouvoir gérer les alarmes techniques et incidents des capteurs suivants :

- Détecteurs placés dans les rameaux,
- Détecteurs placés dans les locaux techniques,
- Boîtier de contrôle de la détection linéaire de chaleur,
- Boîtiers de contrôle des détecteurs multiponctuels de fumée,
- Détecteurs de flammes,
- Détecteurs de réserve.

Soit une quarantaine de capteurs.

Pour les détecteurs situés en rameaux R0, le contrôle commande local sera délégué à une centrale « deux zones » placée dans ces rameaux. Celle-ci sera adressée et interfacée avec la centrale principale située dans le local technique d'un rameau R1 ou R1 - 2.

De plus, seule la centrale dite principale, placée en rameau de type R1 sera reliée au réseau de télétransmission. Les contrôleurs fibre optique seront raccordés aux centrales principales. Le réseau de terrain incendie sera donc un réseau distinct de celui de la GTC.

Par ailleurs, la centrale devra pouvoir être réarmée manuellement et sur ordre depuis le PCC.

Enfin bien que les tubes ferroviaires ne soient pas classés ERP³, l'ensemble capteur-centrale devra être certifié CE, ceci afin de prendre en compte les exigences des assureurs potentiels.

5.1.4 Interfaces

Enfin, pour terminer la description de l'architecture, nous regardons ici les différentes interfaces.

- Alimentation électrique

L'alimentation des centrales (primaires et secondaires) et des boîtiers de contrôle sera assurée par une alimentation secourue sans coupure en 230 V, les centrales se chargeant d'alimenter les capteurs ponctuels.

- Systèmes échangeant avec le système de supervision

Seule la centrale incendie dite principale communiquera avec le système de supervision au PCC. Le protocole de communication et les interfaces seront définis dans les études sur le PCC et celles sur les réseaux de communication. La centrale incendie ne pourra pas recevoir de commandes de la part de la GTC, elle sera raccordée au point de concentration du réseau de télétransmission présent dans le local technique de chaque rameau R1.

- Interface avec la détection de gaz

Les échantillons rejetés par la chambre d'analyse de la détection incendie sont transmis à celle de la détection gaz via un tube ayant les mêmes caractéristiques que celui posé pour le prélèvement dans le tunnel.

- Interface avec la détection incendie en local

Les détecteurs assurant la détection d'incendie dans les rameaux seront connectés à la centrale principale. La détection incendie en local se chargera de ramener au pied de celle-ci les câbles en provenance de ceux-ci ou des centrales secondaires sur lesquels ils peuvent aussi être connectés.

5.2 Analyse fonctionnelle

Après avoir décrit l'architecture nous effectuons une analyse fonctionnelle du système de détection incendie en tunnel, afin de regarder comment se répartit l'intelligence entre les équipements de terrain, les unités de traitement local et le système de supervision.

³ ERP : Etablissement Recevant du Public

5.2.1 Equipements de terrain

Nous regardons dans ce paragraphe les détecteurs qui possèdent tout ou partie de l'intelligence du système et nous l'étudions.

L'ensemble des détecteurs devra pouvoir déterminer si son niveau d'encrassement permet un fonctionnement correct. Le cas échéant, une alarme technique sera déclenchée pour prévenir que le détecteur est trop sale pour être performant. De plus seuls les détecteurs multiponctuels de fumée et la détection linéaire de chaleur seront dotés d'une intelligence locale plus poussée.

Pour la détection de fumée multiponctuelle, le boîtier de contrôle effectuera un traitement sur les résultats retournés par les optiques de contrôle afin de déterminer un taux d'obscurcissement par mètre. En fonction des valeurs calculées, une alarme sera déclenchée. De même le système sera capable de retourner un signal de dérangement. Enfin un signal pourra être envoyé depuis le PCC pour pouvoir déclencher à distance, et à travers la centrale, le calibrage du boîtier de contrôle. Le système devra pouvoir renvoyer une alarme technique en cas de défaillance du laser ou d'encrassement du système. Pour déterminer son encrassement, le détecteur multiponctuel analysera celui du filtre.

Pour la détection linéaire de chaleur, le boîtier de contrôle analysera les variations de température et déclenchera une alarme si les seuils paramétrés sont franchis. Ceux-ci sont définis dans les performances à atteindre au paragraphe 3.5.2. Lors du déclenchement de l'alarme, le boîtier de contrôle déterminera aussi la distance à laquelle se situe l'incendie par rapport au point référence qui est l'emplacement du boîtier de contrôle. Le signal d'alarme sera transmis via un contact libre de tout potentiel à la centrale incendie pour envoi au PCC.

5.2.2 Traitement local

Après avoir étudié les détecteurs, nous regardons ici les fonctions assurées par les unités de traitement locales.

La majeure partie de l'intelligence se situera au niveau de la centrale, sauf, comme nous l'avons vu plus haut, pour la détection multiponctuelle de fumée et la détection linéaire de chaleur. Nous ne traiterons ici que la partie concernant la centrale.

Si la centrale reçoit une alarme incident de la part de l'un des capteurs, connecté directement ou via un boîtier de contrôle, cela signifiera la présence d'un feu. L'événement sera alors horodaté et l'ensemble avec le numéro de l'entrée ayant reçu le signal sera transmis, via le réseau de télécoms, au PCC.

Si la centrale reçoit une alarme technique de l'un des capteurs, l'événement sera alors horodaté et l'ensemble avec le numéro de l'entrée ayant reçu le signal sera transmis, via le réseau de télécoms, au PCC.

Par ailleurs afin de garantir un fonctionnement performant du système, la centrale interrogera toutes les deux heures l'ensemble des capteurs afin de vérifier le fonctionnement de ceux-ci et de la ligne de communication. En cas de non-réponse, une alarme technique sera générée. Elle sera alors horodatée et l'ensemble avec le numéro de l'entrée sur laquelle est connecté le capteur défectueux sera transmis via le réseau de télécoms, au PCC.

Enfin, si la centrale doit passer dans un mode « dérangement », celle-ci devra envoyer une alarme technique au PCC pour le signaler.

5.2.3 Système de supervision

Enfin nous étudions ici les fonctions assurées par le système de supervision.

Pour la détection incendie en tube ferroviaire, ce qui inclut les voies d'évitement, le réseau de télétransmissions remontera les informations retournées par la centrale (alarme feu ou alarme technique) au PCC sans traitement particulier.

Le système de supervision à partir des informations retournées par le réseau de télétransmissions devra pouvoir afficher par un jeu de couleurs sur un synoptique des tunnels les états de chacun des capteurs différenciables par leurs formes. Les différents états sont :

- Normal,
- Défaut,
- Alarmes feu.

Par ailleurs, par simple clic sur un détecteur, l'opérateur aura accès aux détails des informations connues pour ce détecteur :

- Emplacement,
- Date et heure des alarmes non acquittées,
- Type de capteur.

Enfin un opérateur agissant sur le système de supervision pourra via le système de télétransmission passer une commande pour réarmer à distance une centrale ou passer des commandes aux capteurs pouvant être pilotés à distance (calibrage par exemple).

6. Synoptique d'implantation des détecteurs, Schéma d'architecture, Plan de détails

Sur la base des fonds de plan établis par le génie civil, le présent paragraphe établit les plans d'implantation des systèmes.

6.1 Architecture générale

La figure suivante présente les différents types de détecteurs – fumée et flammes – au sein d'une section élémentaire de 1332m.

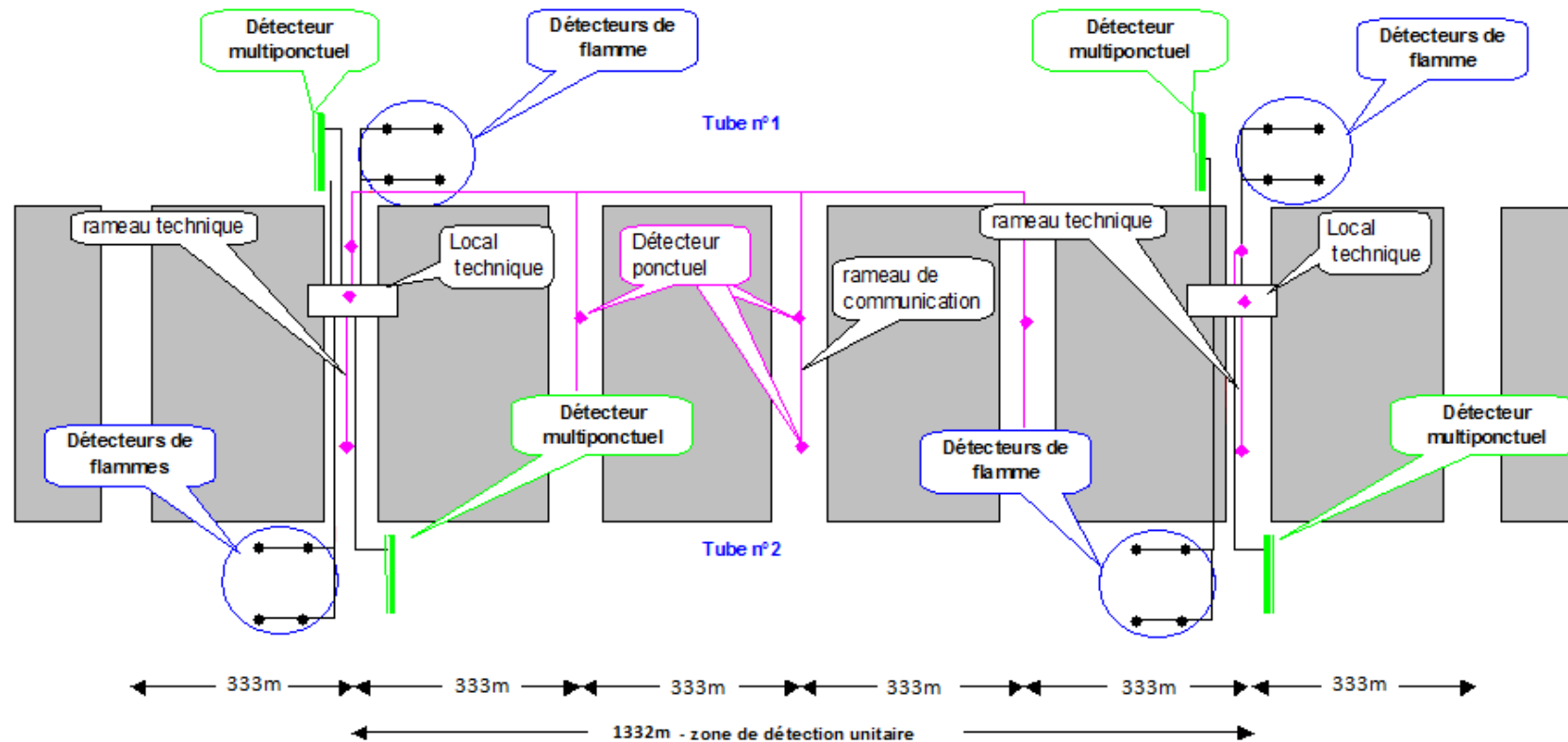


Figure 8 - Positionnement schématique des capteurs pour la détection incendie en tubes ferroviaires

La figure suivante présente les communications entre les différents types de détecteurs et la centrale incendie installée dans chaque rameau technique.

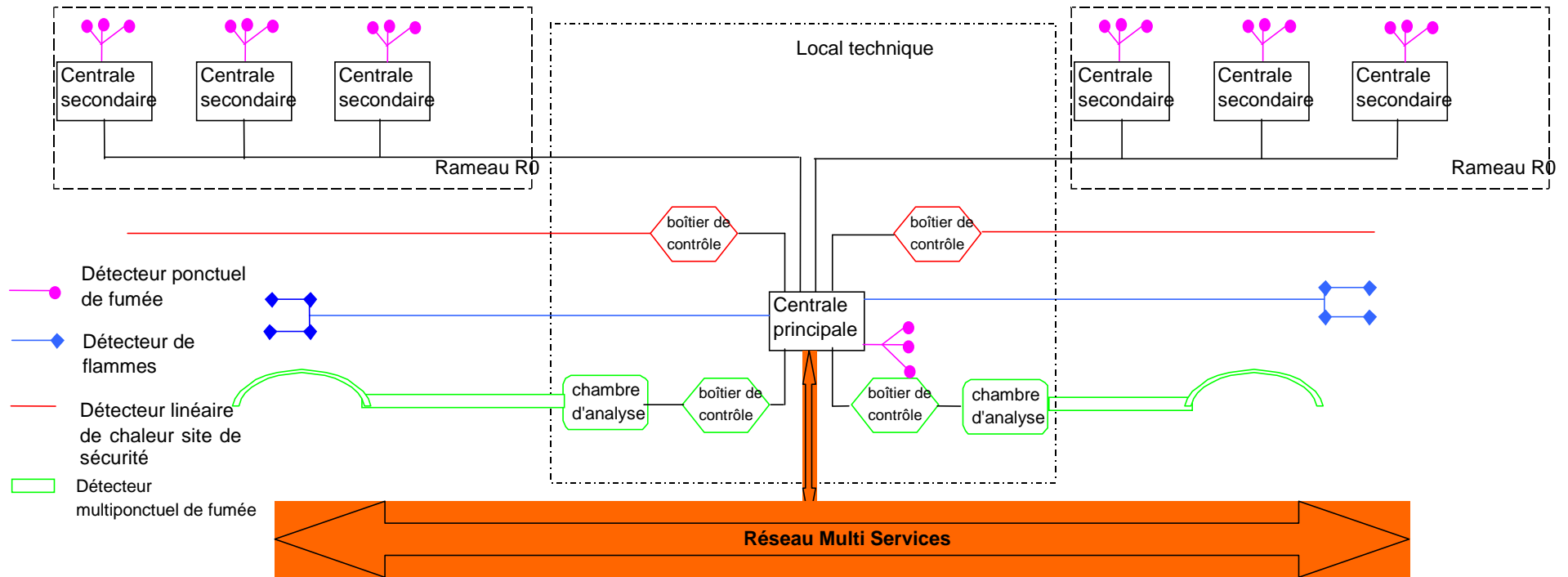


Figure 9 - Architecture centrale détection incendie

6.2 Coupe type au droit des capteurs

La figure suivante permet de voir l'implantation des équipements de sécurité incendie – fumée, flammes et chaleur – sur une coupe type du tunnel.

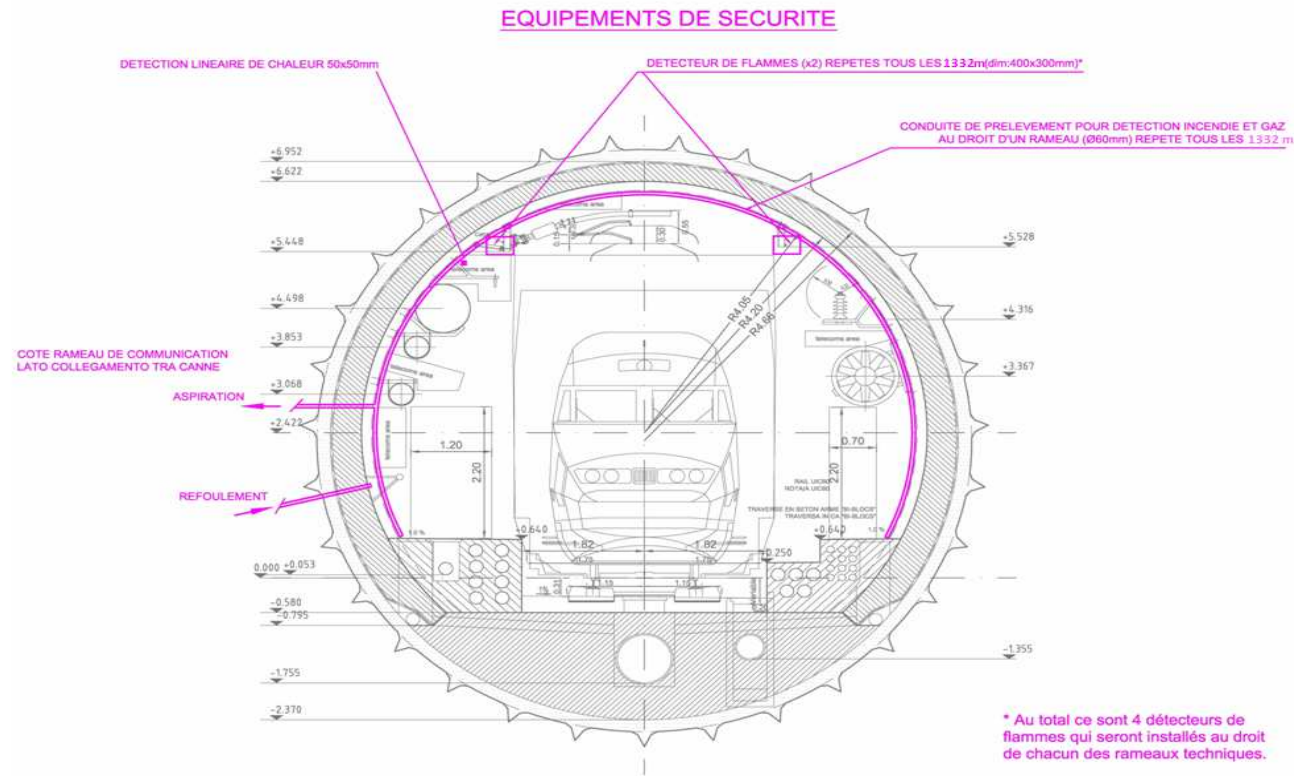


Figure 10 - Coupe type en tunnel pour la détection incendie et gaz

Le plan d'implantation des équipements de la détection incendie est fourni sur le plan “ Plans d'implantation des détecteur incendie en tunnel”.

7. Prescriptions techniques

A partir des contraintes, des performances à atteindre et de l'architecture, le présent paragraphe établit les spécifications techniques des différents matériels constituant le système de détection incendie en tunnel.

7.1 Détecteur de flammes UV/IR2

- Généralités
 - o Normes à respecter :
 - EN 50121 (compatibilité électromagnétique),
 - UIC 704 (compatibilité électromagnétique),
 - EN 54-10 et EN 54-10/A1 (détecteurs de flammes ponctuels).
 - o Spécifications fonctionnelles :
 - Angle de vue de 90°,
 - Détecter des flammes de 5cm se déplaçant à 220 km/h,
 - Créer une zone de turbulence aérodynamique devant l'optique du capteur,
 - Analyser le taux d'encrassement.

- Conception électrique
 - o Alimentation : 24Vdc (plage de fonctionnement entre 15 et 32Vdc),
 - o Consommation maximale : 30W lorsque l'alimentation est de 24Vdc.

- Entrées / Sorties
 - o Nombre de Sorties minimal : 3 contacts secs (feu / dérangement / auxiliaire),
 - o Une entrée par contact sec.

- Conception mécanique
 - o Dimensions maximales du capteur et du support : (p*h*l) 400*300*300mm,
 - o Poids du capteur et du support compris entre 5 et 15Kg.

- Contraintes de fonctionnement (Température / Humidité)
 - o Température : -40° à +75°C,
 - o Humidité relative : 0 à 95% .

- Divers
 - o Certification :
 - IP66,
 - Atex zone 1 (gaz et vapeurs).
 - o Garantie : 3 ans minimum.

7.2 Détecteur de fumée multiponctuel

7.2.1 Prélèvement et refoulement

- Généralités
 - o Normes à respecter :
 - Critère CIG sur les câbles,
 - EN 50121 (compatibilité électromagnétique),
 - UIC 704 (compatibilité électromagnétique),
 - EN 54-20 (détecteur de fumée par aspiration),
 - o Spécifications fonctionnelles
 - Empêcher le refoulement des échantillons après le passage du train,
 - Amener les échantillons jusqu'à la chambre d'analyse,
 - Auto-nettoyer le réseau de prélèvement,
 - Prélever maximum des échantillons maximum tous les 1,5m.

 - Conception électrique
- Sans objet
- Entrées / Sorties
 - o Aucune entrées / sorties au sens électrique mais des orifices de prélèvement et une sortie au bout du tuyau.

 - Conception mécanique
 - o Diamètre externe de maximale de 40mm,
 - o Diamètre des Orifices de prélèvement compris entre 2 et 5mm,
 - o Longueur maximale du tube 200m,
 - o Ne pas contenir de matériaux sensibles ou perturbants le champ électromagnétique de la caténaire,
 - o Vitesse du flux d'air inférieur à 6m/s.

 - Contraintes de fonctionnement (Température / Humidité)
 - o empêcher la condensation.

 - Divers
 - o Certification :
 - IP46,
 - Atex zone 1 (gaz et vapeurs).
 - o Garantie : 3 ans minimum.

7.2.2 *Chambre d'analyse optique*

- Généralités
 - Normes à respecter :
 - EN 50121 (compatibilité électromagnétique),
 - UIC 704 (compatibilité électromagnétique),
 - Projet de norme EN 54-20 (détecteur de fumée par aspiration),
 - Spécifications fonctionnelles :
 - Sensibilité réglable,
 - Surface maximale surveillée 1600m²,
 - Détecter des particules de fumée entre 0,3 et 3µm,
 - Détecter des concentrations de fumée inférieures à 300ppm,
 - Détecter la fumée d'un feu de 0,5MW se déplaçant à 220km/h,
 - Eliminer les particules de cuivre, de béton et d'acier,
 - Détecter une défaillance du matériel.
- Conception électrique
 - Alimentation : 24Vcc (plage de fonctionnement entre 15Vcc à 32Vcc),
 - Consommation maximale : 30W lorsque l'alimentation est de 24Vdc.
- Entrées / Sorties
 - Le nombre de sorties par contact sec est compris entre 4 et 10,
 - Le nombre d'entrées par contact sec pour configuration est compris entre 1 et 4.
- Conception mécanique
 - Dimensions maximales : 350 * 225 * 125 mm (installation en baie),
 - Poids compris entre 2 et 10Kg.
- Contraintes de fonctionnement (Température / Humidité)
 - Température : -10° à +50°C,
 - Humidité relative : 10 à 90%, sans condensation.
- Divers
 - Certification :
 - IP46,
 - Atex zone 1 (gaz et vapeurs).
 - Garantie : 3 ans minimum.

7.3 Détecteur linéaire de chaleur dans site de sécurité

- Généralités
 - o Normes à respecter :
 - EN 50121 (compatibilité électromagnétique),
 - UIC 704 (compatibilité électromagnétique),
 - Projet de norme EN 54-22 (détection linéaire de chaleur).
 - o Spécifications fonctionnelles :
 - Précision de 1m,
 - Détecter une évolution de température de 2°C par 10s,
 - Résolution minimale en température 1,5°C,
 - Domaines de mesure de : -40° à +100°C,
 - Le câble ne doit pas être sensible ou perturber le champ électromagnétique de la caténaire (ne pas contenir d'éléments métalliques),
 - Les boîtiers de commandes doivent pouvoir gérer au moins 2 câbles.
- Conception électrique
 - o Alimentation 230V Ac ou 24V par la centrale incendie,
 - o Consommation inférieure à 100W.
- Entrée / Sorties
 - o Le nombre de sorties par contact sec est inférieur à 20,
 - o Le nombre d'entrées par contact sec pour configuration est compris entre 1 et 4,
 - o Par ailleurs une communication TCP/IP ou série de type RS232 pourra aussi être envisagée.
- Conception mécanique
 - o Longueur maximale du câble : 2km,
 - o Dimensions maximales du câble, avec fixations : 50*50 mm,
 - o Poids maximal du câble : 500g/m,
 - o Dimensions maximales du boîtier de commande : 3U*19''*350mm (installation en baie),
 - o Poids maximal du boîtier de commande : 16Kg.
- Contraintes de fonctionnement du boîtier (Température / Humidité)
 - o Température : 5° à +35°C,
 - o Humidité relative : 10 à 90%, sans condensation.

- Divers
 - o Certification :
 - Câble : IP66,
 - Boîtier de commande : IP64.
 - o Garantie : 3 ans minimum.

7.4 Centrale incendie

- Généralités
 - o Normes à respecter :
 - EN 50121 (compatibilité électromagnétique),
 - UIC 704 (compatibilité électromagnétique),
 - EN 54-2 (équipement de contrôle et de signalisation).
 - o Spécifications fonctionnelles
 - Générer des alarmes horodatées et exploitables depuis le PCC,
 - Servir d'interface pour les commandes passées depuis le PCC,
 - Vérifier le bon fonctionnement de la ligne et des capteurs,
 - Détecter un dysfonctionnement.
- Conception électrique
 - o Alimentation : 230Vac – 50Hz,
 - o Consommation maximale 250W.
- Entrées / Sorties
 - o Nombre minimal de sorties par contact sec 2 par détecteurs connectés soit 82 et 3 contacts secs pour la centrale,
 - o Nombre d'entrée par contact sec pour transmission d'informations au détecteurs configurables entre 4 et 12,
 - o Par ailleurs, une sortie en TCP/IP pourra être envisagée.
- Conception mécanique
 - o Encombrement maximal 19''*15U*325mm (installation en baie),
 - o Poids inférieur à 30Kg.
- Contraintes de fonctionnement (Température / Humidité)
 - o Température : -15° à +50°C,
 - o Humidité relative : 15% à 80% d'humidité relative.

- Divers
 - o Certification :
 - IP64.
 - o Garantie : 3 ans minimum

7.5 Baie d'accueil des équipements

- Généralités
 - o Normes à respecter :
 - EN 61587-1 (essais climatiques, mécaniques et aspects de sécurité),
 - EN 61587-1 (essais de fonctionnement du blindage électromagnétique).
 - o Spécifications fonctionnelles :
 - Les baies seront :
 - de types « posées au sol »,
 - Accessible en face avant et arrière par porte,
 - Accessible en faces latérales par panneau démontable.
 - Les portes seront, a priori, pleines sauf s'il est utile qu'elles soient vitrées pour la visualisation de voyants ou d'afficheurs,
 - Les baies devront être équipées de tablettes sur glissière latérale intégrées à l'intérieur de la baie, afin de pouvoir poser un ordinateur portable de maintenance. Elles seront présentes en face avant et arrière de la baie. Il y aura donc deux tablettes par site.
- Conception électrique
 - o La baie assurera la distribution électrique des équipements installés à l'intérieur et des disjoncteurs seront prévus par équipements,
 - o Un bandeau de 4 prises en 230V sera disponible.
- Conception thermique
 - o Chaque châssis comprendra un module de ventilation au format 19'' permettant de maintenir une température inférieure à 25°C à l'intérieur de la baie,
 - o La ventilation sera asservie à un thermostat installé dans la baie. La ventilation se déclenchera pour une température supérieure à 20°C dans la baie.
- Contraintes de fonctionnement (Température / Humidité)
 - o Températures de fonctionnement : +5° à +50°C,
 - o Humidité relative inférieure à 90%.
- Conception mécanique

- o Encombrement 48U*800''*900 mm,
- o Format des racks 19
- Divers
 - o Certification : IP23.
 - o Garantie : 3 ans minimum.

8. Eléments de mise en œuvre et de maintenance

8.1 Mise en œuvre

Pour la mise en oeuvre nous commencerons par décrire les opérations sur les installations puis sur la maintenance du système.

8.1.1 Description

Compte tenu de l'envergure du réseau de prélèvement, il apparaît inenvisageable de l'acheminer d'une seule pièce. Celui-ci sera donc composé de plusieurs morceaux assemblables à même le tunnel. Afin de faciliter l'installation du réseau de prélèvement, nous suggérerons d'installer le morceau situé au-dessus de la caténaire entre la pose des bras supportant celle-ci et la caténaire elle-même. Il sera posé au plafond et fixé par des colliers répartis tous les 2m. Les autres morceaux pourront être posés à n'importe quel moment mais avant la mise en service du tunnel et en ce coordonnant avec les autres installateurs.

Le tube de prélèvement devra être mise en oeuvre en milieu de portée de la caténaire et ne devra pas se situer dans une zone d'échange (sectionnement électrique) ou au droit des anticheminements de la caténaire. Toutes les distances d'isolement par rapport à la caténaire devront respectées la norme EN 50122.

Par ailleurs, on notera qu'il appartiendra au fournisseur de la détection incendie de reboucher autour du tuyau, en vu d'assurer l'étanchéité. La pose du raccord d'évacuation sera assurée par le fournisseur en charge des équipements de détection de gaz. Une coordination particulière est à prévoir entre les fournisseurs incendie et gaz.

La détection linéaire de chaleur sera soumise aux mêmes contraintes de mise en œuvre que le raccord entre le réseau de prélèvement et la centrale puisqu'un orifice dédié sera percé afin de passer du rameau au tunnel.

A l'issue de l'installation, un essai grandeur nature sera réalisé. Pour cela, on fera appel à un organisme externe habilité qui dimensionnera les feux en fonction des performances à atteindre, celles-ci ayant été énoncées dans ce document au paragraphe 2.5.2.

8.2 Maintenance

A partir des éléments disponibles, nous établissons ici, pour le système de détection incendie en tunnel, les opérations à effectuer et leurs périodicités en terme de maintenance préventive, corrective et exceptionnelle.

8.2.1 Préventive

Nous définissons ici les besoins en maintenance préventive pour assurer la pérennité du système. Le projet ayant de nombreuses spécificités, les valeurs entre deux maintenances seront peut être à ajuster après une année d'exploitation.

- Détection de fumée

Une visite de l'ensemble des chambres d'analyse est à prévoir tous les deux mois et demi afin de nettoyer les filtres. Le nettoyage s'effectuera de la façon suivante : lors de la livraison du système, il sera prévu deux jeux de filtres afin que l'équipe de maintenance puisse déposer les filtres sales et les remplacer par des filtres propres pendant les horaires de maintenance prévue, ensuite les filtres sales seront nettoyer à l'extérieur des tubes et serviront de filtres propres lors de la prochaine visite.

Tous les 18 mois un test des détecteurs de fumée sera réalisé. Le protocole de test sera à définir lors de la négociation du contrat de maintenance pour correspondre exactement au matériel installé. A la même fréquence, les réseaux de prélèvement seront complètement nettoyés.

La visite de maintenance préventive ne doit pas perturber le trafic

- Détection de flammes

Tous les trois mois un nettoyage des optiques et du ventilateur est à prévoir durant les périodes de maintenance prévues.

Tous les 18 mois un test des détecteurs de flammes sera réalisé. Le protocole de test sera à définir lors de la négociation du contrat de maintenance.

- Détection de chaleur linéaire

Aucune prescription n'est à formuler concernant la maintenance préventive de la détection de chaleur, car aucun entretien particulier n'est à prévoir.

8.2.2 Corrective

Compte tenu du nombre d'équipements et des durées d'approvisionnement, l'ensemble des équipements électroniques devrait être disponible en stock en au moins deux exemplaires sur la zone LTF.

- Détection de fumée et de flammes

En cas de défaillance d'un composant, celui-ci sera remplacé par un échange standard avec un équipement en stock sur la zone LTF puis sera réparé et re-conditionné pour servir de nouvelle pièce de rechange.

Tous les ans la totalité des filtres de la détection de fumée seront renouvelés.

- Détection linéaire de chaleur

En cas d'incident sur le câble de détection linéaire de chaleur, la partie défectueuse sera sectionnée et remplacée par un nouveau morceau. Celui-ci sera ensuite raccordé à l'existant par l'intermédiaire de boîte de jonction. Ces opérations s'effectueront durant les heures dédiées à la maintenance.

8.2.3 Rénovation ou maintenance extraordinaire

Au bout de 15 années d'exploitation, un renouvellement complet des équipements sera à envisager. On privilégiera un renouvellement complet des composants électroniques et mécaniques à l'exception des réseaux de prélèvements. Pour ceux-ci on pensera plutôt à un réaménagement si nécessaire.

9. Bilan de puissance

Le présent paragraphe présente un bilan de puissance propre au système de détection incendie en tube ferroviaire. Il fait apparaître les équipements qui se situent dans les tubes ferroviaires.

Considérant l'hypothèse que l'architecture électrique Basse Tension s'appuiera sur des TGBT placés dans les locaux techniques des rameaux de communication, ce bilan présente un besoin en terme de puissance par rameaux technique type.

Le bilan de puissance suivant a été établi en considérant que tous les équipements fonctionnent simultanément et sont tous alimentés à partir des TGBT présents dans les rameaux R1.

| Désignation | Puissance unitaire (VA) | Quantité sur une section de 1332m composée de R1 et R0 | Consommation nominale sur 1332m (VA) |
|-------------------------------------|-------------------------|--|--------------------------------------|
| <i>Détection incendie en tunnel</i> | | | |
| Centrale incendie * | 250 | 4 | 1 000 |
| Interface capteur / centrale | 450 | 2 | 900 |
| Ventilateur d'aspiration | 500 | 2 | 1 000 |
| Détecteur de fumée | 30 | 20 | 600 |
| Détecteur linéaire de chaleur | 100 | 2 | 200 |
| Climatisation des baies | 3 500 | 1 | 3 500 |
| Prise électrique des baies | 500 | 2 | 1 000 |
| Poste centrale (PCC) | 1700 | - | - |
| Réserve | 20% | | 1 640 |
| Total par rameau | | | 9 840 |
| Total pour 44 rameaux | | | 432 960 |

Tableau 1 – Bilan de puissance

* dont trois en rameau R0

10. Annexe

10.1 Annexe 1

| Besoin | Technologie recommandée |
|---|--|
| Détection de fumée en tunnel | Détecteur optique par mesure d'obscurcissement |
| Détection de flammes en tunnel | UV/IR2 |
| Détection de chaleur linéaire en tunnel | Fibre laser |

Tableau 2 – Technologies retenues

10.2 Annexe 2

| CODE | DESIGNATION | CLASSE INFLUENCE EXTERNE | CARACTERISTIQUES |
|------|---|--------------------------|----------------------------|
| AA | Température ambiante | 1 | -60° + 5° |
| | | 2 | -40° + 5° |
| | | 3 | -25° + 5° |
| | | 4 | - 5° + 40° |
| | | 5 | + 5° + 40° |
| | | 6 | + 5° + 60° |
| AB | Humidité * | | |
| AC | Altitude(m) | 1 | ≤2000 |
| | | 2 | >2000 |
| AD | Présence d'eau | 1 | Négligeable |
| | | 2 | Chutes de gouttes d'eau |
| | | 3 | Aspersion d'eau |
| | | 4 | Projection d'eau |
| | | 5 | Jets d'eau |
| | | 6 | Paquets d'eau |
| | | 7 | Immersion |
| | | 8 | Submersion |
| AE | Présence de corps solides étrangers | 1 | Négligeable |
| | | 2 | Petits objets (2,5 mm) |
| | | 3 | Très petits objets (1mm) |
| | | 4 | Poussières |
| AF | Présence de substances corrosives ou polluantes | 1 | Négligeable |
| | | 2 | Agents atmosphériques |
| | | 3 | Intermittente ou |
| | | 4 | accidentelle Permanente |
| AG | Contraintes mécaniques, chocs | 1 | Faibles |
| | | 2 | Moyens |
| | | 3 | Importants |

Caractéristiques des détecteurs incendie en tunnel / Relazione tecnica dei rilevatori di incendio in galleria

| | | | |
|----|--|----------------------------|---|
| AH | Vibrations | 1 2 3 | Faibles Moyennes Importantes |
| AJ | Autre pression mécanique * | | |
| AK | Flore | 1 2 | Négligeable Risque |
| AL | Faune | 1 2 | Négligeable Risque |
| AM | Influences électromagnétiques | 1 2 3 4 5 6 | Négligeable Courants vagabonds Electromagnétiques Ionisants Electrostatiques Induction |
| AN | Soleil | 1 2 | Négligeable Significatif |
| AP | Sismique | 1 2 3 4 | Négligeable Faible Moyen Fort |
| AQ | Foudre | 1 2 | Négligeable Indirects |
| AR | Vent * | | |
| BA | Compétence | 1 2 3 4 5 | Ordinaires Enfants Handicapés Averties Qualifiées |
| BB | Résistance * | | |
| BC | Contact avec le potentiel de la terre | 1 2 3 4 | Nuls Faibles Fréquents Continus |
| BD | Evacuation | 1 2 3 4 | Normales Difficiles Encombrée Longue et encombrée |
| BE | Matières | 1 2 3 4 | Risques négligeables Risques d'incendie Risque d'explosion Risque de contamination |
| CA | Matériaux | 1 2 | Non combustible Combustible |
| CB | Structure | 1 2 3 4 | Risque négligeable Propagation d'incendie Mouvements Flexible |

Tableau 3 – Influences externes

L'IP correspond au degré de protection procuré par les enveloppes des matériels électriques (norme EN 60529).

L'IK correspond au degré de protection procuré par les enveloppes de matériels électriques contre les impacts mécaniques externes (norme EN 62262).

A partir des différentes désignations, nous avons retenu le tableau suivant pour la définition des facteurs d'influences externes.

10.3 Annexe 3

| Désignation | IP mini | IK mini | CONDITIONS D'ENVIRONNEMENT | | | | | | | | | | | | | | | | UTILISATION | | | | |
|--|------------|------------|----------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|
| | | | AA | AB | AC | AD | AE | AF | AG | AH | AJ | AK | AL | AM | AN | AP | AQ | AR | BA | BB | BC | BD | BE |
| <i>Sites techniques</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - LT en rameaux et sites d'intervention | 20 | 07 | 5 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | | 4 | | 3 | 2 | 1 |
| - LT pompage | 54 | 07 | 5 | | | 4 | 1 | 1 | 2 | 1 | | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | | 4 | | 3 | 2 | 1 |
| - LT en tunnel (AT) | 55 | 07 | 5 | | 1 | 1 | 4 | 2 | 2 | 1 | | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | | 4 | | 3 | 2 | 1 |
| - LT en extérieur | 20 | 07 | 5 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | | 4 | | 3 | 1 | 1 |
| <i>Tunnels</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - Tubes ferroviaires | 55 | 09 | 5 | | 1 | 5 | 4 | 2 | 3 | 3 | | 1 | 1 | 6 | 1 | 1 | 1 | | 1 | | 3 | 2 | 1 |
| - Rameaux, sites d'intervention et salle d'accueil | 55 | 09 | 5 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | | 3 | | 3 | 2 | 1 |
| Descenderies | 55 | 09 | 5 | | 1 | 5 | 4 | 2 | 3 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | | 2 | 2 | 1 |
| Extérieur | 54 | 09 | 7 | | 1 | 4 | 4 | 1 | 3* | 2 | | 1 | 1 | 6 | 2 | 1 | 2 | | 1 | | 3 | 1 | 1 |
| PCC | 43 | 07 | 5 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | | 1 | | 2 | 1 | 1 |

Tableau 4 – Conditions d'environnement

* : pour les équipements situés entre 0 et 2 m du sol.

INDICE

| | |
|--|------------------------------------|
| INDICE | 48 |
| ELENCO DELLE FIGURE | 49 |
| ELENCO DELLE TABELLE..... | 49 |
| RIASSUNTO | ERREUR ! SIGNET NON DEFINI. |
| 1. INTRODUZIONE | 51 |
| 2. GLOSSARIO..... | 52 |
| 3. PRESENTAZIONE DEL SISTEMA DI RILEVAMENTO INCENDIO NELLE CANNE FERROVIARIE..... | 52 |
| 3.1 Elementi generali | 52 |
| 3.2 Obiettivo del sistema | 52 |
| 3.3 Topologia e geometria delle opere | 53 |
| 3.4 Quadro regolamentare | 53 |
| 3.4.1 Direttive Europee e norme STI..... | 53 |
| 3.4.2 Regole CIG | 54 |
| 3.4.3 Altre norme | 54 |
| 3.5 Descrizione dei vincoli e delle prestazioni | 54 |
| 3.5.1 Vincoli..... | 54 |
| 3.5.2 Prestazioni..... | 57 |
| 4. ANALISI DELLE TECNOLOGIE | 60 |
| 4.1 Rilevatori di fumo..... | 60 |
| 4.1.1 Tecnologia ottica..... | 60 |
| 4.1.3 Sintesi..... | 62 |
| 4.2 Rilevatori di fiamme | 62 |
| 4.2.1 Tecnologia infrarossi (IR)..... | 63 |
| 4.2.2 Tecnologia ultravioletti (UV) | 64 |
| 4.2.3 Tecnologia combinata infrarossi-ultravioletti (UV/IR) | 64 |
| 4.2.4 Sintesi..... | 65 |
| 4.3 Rilevatori lineari di calore nelle aree di sicurezza..... | 65 |
| 4.3.1 Tecnologia basata su fibre laser | 65 |
| 4.3.2 Tecnologia a sensori incapsulati | 66 |
| 5. STUDIO DELL'ARCHITETTURA E ANALISI FUNZIONALE | 67 |
| 5.1 Architettura | 67 |
| 5.1.2 Cavi di trasmissione e alimentazione elettrica..... | 71 |
| 5.1.3 Centrali..... | 72 |
| 5.1.4 Interfacce..... | 73 |
| 5.2 Analisi funzionale..... | 73 |
| 5.2.1 Dispositivi di terra..... | 74 |
| 5.2.2 Elaborazione locale | 74 |
| 5.2.3 Sistema di supervisione..... | 75 |
| 6. QUADRO SINOTTICO DI INSTALLAZIONE DEI SENSORI, SCHEMA DI ARCHITETTURA, PIANO DEI DETTAGLI..... | 76 |
| 6.1 Architettura generale | 76 |

| | | |
|-------|---|----|
| 6.2 | Sezione trasversale a destra dei sensori | 78 |
| 7. | PRESCRIZIONI TECNICHE | 79 |
| 7.1 | Rilevatori di fiamme UV/IR2 | 79 |
| 7.2 | Rilevatore multipuntuale di fumo | 80 |
| 7.2.1 | Prelievo e rilascio | 80 |
| 7.2.2 | Camera di analisi ottica | 81 |
| 7.3 | Rilevatore lineare di calore nell'area di sicurezza | 82 |
| 7.4 | Centrale antincendio | 83 |
| 7.5 | Armadi rack per ospitare i dispositivi | 84 |
| 8. | ELEMENTI DI MESSA IN OPERA E MANUTENZIONE | 85 |
| 8.1 | Messa in opera | 85 |
| 8.1.1 | Descrizione | 85 |
| 8.2 | Manutenzione | 85 |
| 8.2.2 | Correttiva | 86 |
| 8.2.3 | Rinnovamento o manutenzione straordinaria | 87 |
| 9. | BILANCIO DI POTENZA | 87 |
| 10. | ALLEGATI | 88 |
| 10.1 | Allegato 1 | 88 |
| 10.2 | Allegato 2 | 88 |
| 10.3 | Allegato 3 | 91 |

ELENCO DELLE FIGURE

| | | |
|------------------|--|----|
| Figura 1 | - Sezione trasversale | 57 |
| Figura 2 | - Principio di funzionamento del rilevatore ottico per dispersione | 61 |
| Figura 3 | - Principio di funzionamento del rilevatore ottico per assorbimento | 61 |
| Figura 4 | - Spettro di rilevazione della fiamma | 63 |
| Figura 5 | : Principio rilevatore multipuntuale in una canna per il rilevamento di incendio ... | 68 |
| Figura 6 | - Installazione dei rilevatori di fiamme | 70 |
| Figura 7 | - Principio generale di installazione per il rilevamento lineare di calore nelle aree di sicurezza | 71 |
| Figura 9 | - Schema di posizionamento dei sensori per il rilevamento di incendio nelle canne ferroviarie | 76 |
| Figura 10 | - Architettura centrale del sistema di rilevamento di incendio | 77 |
| Figura 11 | - Sezione trasversale nel tunnel per il sistema di rilevamento incendio e gas | 78 |

ELENCO DELLE TABELLE

| | | |
|------------------|--------------------------------|----|
| Tabella 1 | - Bilancio di potenza | 88 |
| Tabella 2 | - Tecnologie considerate | 88 |
| Tabella 3 | - Influenze esterne | 90 |
| Tabella 4 | - Condizioni ambientali | 91 |

RESUME/RIASSUNTO

La section transfrontalière de la partie commune de la nouvelle ligne ferroviaire Lyon – Turin comprend les ouvrages suivants :

- Les raccordements à la ligne historique de Saint Jean de Maurienne
- La gare internationale de Saint Jean de Maurienne
- Le site de sécurité et de maintenance de Saint Jean de Maurienne
- Le tunnel de base
- La gare internationale de Suse
- Le site de sécurité et de maintenance de Suse
- Le tunnel d'interconnexion
- Les raccordements à la ligne historique de Bussoleno.

Afin d'alerter le PCC pour que des mesures d'exploitation et/ou de sécurité soient prises dans les meilleurs délais, différents systèmes surveillent les parties ferroviaires et non ferroviaires de cette zone.

Le système de détection incendie en tunnel a pour objectif de détecter les signes d'un incendie sur tout type de matériel roulant.

Il est constitué de détecteurs de chaleur sur toute la longueur des tubes ferroviaires, et de détecteurs de flammes et de fumée au niveau de chaque rameau technique (tous les 1332 m).

La sezione transfrontaliera della parte comune della nuova linea ferroviaria Torino – Lione comprende le opere seguenti :

- I raccordi alla linea storica di Saint Jean de Maurienne
- La stazione internazionale di Saint Jean de Maurienne
- Il sito di Saint Jean de Maurienne
- Il tunnel di base
- La stazione internazionale di Susa
- Il sito di Susa
- Il tunnel di interconnessione
- I raccordi alla linea storica di Bussoleno.

Allo scopo di dare l'allarme alla PCC perché misure di esercizio e/o di sicurezza siano adottate entro i migliori termini, vari sistemi sorvegliano le parti ferroviarie e non ferroviarie di questa zona.

Il sistema di rilevamento incendio in tunnel si prefigge di rilevare i segni di un incendio su qualsiasi tipo di materiale rotabile.

È costituito da rivelatori di calore su tutta la lunghezza dei tubi ferroviari, e di rivelatori di fiamme e di fumo a livello di ogni ramo tecnico (ogni 1332 m).

1. Introduzione

Il governo italiano ed il governo francese hanno deciso di intraprendere la realizzazione di una linea ferroviaria nuova che colleghi Torino e Lione. Questo progetto consiste, innanzitutto, nella pianificazione di un itinerario per il trasporto merci ad elevate prestazioni per poter attraversare le Alpi, destinato soprattutto a limitare il traffico stradale che transita su queste zone ecologicamente sensibili.

Questo nuovo collegamento comporterà anche una dimensione viaggiatori importante, nella misura in cui esso collegherà le reti ad alta velocità di Italia e Francia, offrendo anche tempi di percorrenza ridotti tra le due regioni frontaliere di attrazione che sono il Piemonte e la Savoia.

Benché si componga di tre sezioni distinte, di cui due nazionali, solo la parte comune italo-francese, detta « internazionale » tra Saint-Jean de Maurienne e Bussoleno è oggetto del nostro studio.

La sezione così considerata avrà una lunghezza totale pari a circa 67 Km e le principali opere che ne faranno parte saranno le seguenti:

- I raccordi alla linea storica di Saint Jean de Maurienne,
- La stazione internazionale di Saint Jean de Maurienne,
- L'area di sicurezza e manutenzione di Saint Jean de Maurienne,
- Il tunnel di base da 57 Km, che comprende:
 - La discenderia di Saint Martin de la Porte,
 - La discenderia di La Praz,
 - L'area di sicurezza sotterranea di La Praz
 - Il pozzo di ventilazione di Avrieux
 - La discenderia di La Modane,
 - L'area di sicurezza sotterranea di Modane,
 - Il pozzo di ventilazione di Clarea,
 - L'area di sicurezza sotterranea di Clarea,
 - Il tunnel di Maddalena
- La stazione internazionale di Susa,
- L'area di sicurezza e manutenzione di Susa,
- Il tunnel di interconnessione della lunghezza di 2 Km,
- I raccordi alla linea storica di Bussoleno.

Per gestire la sezione internazionale saranno utilizzati due Posti di Comando Centralizzati (PCC). 1 PCC situato a Saint Jean de Maurienne e 1 PCC a Susa. Uno delle due è attivo mentre l'altro è in stand-by.

2. Glossario

| | |
|--------|--|
| C2 | Cavo non propagatore di fiamme |
| CIG | Commissione Intergovernamentale franco-italiano |
| CR1/C1 | Cavo resistente al fuoco e non propagatore d'incendio |
| ERP | Edificio per il ricevimento del pubblico |
| GTC | Gestione tecnica centralizzata |
| IK | Indice di resistenza agli urti meccanici |
| IP | Indice di Protezione |
| IR | Infrarosso |
| LTF | Lyon Turin Ferroviaire |
| PCC | Posto di Comando Centralizzato |
| RID | Regolamenti riguardanti il trasporto internazionale di merci pericolose su rotaia. |
| STI | Specifiche Tecniche d'Interoperabilità |
| TCP/IP | Protocollo TCP/IP |
| TGBT | Quadro Generale Bassa Tensione |
| UIC | Unione Internazionale delle Ferrovie |
| UV | Ultravioletto |

3. Presentazione del sistema di rilevamento incendio nelle canne ferroviarie

In questa sede presentiamo il sistema di rilevamento incendio nella canna ferroviaria installato in qualità di dispositivo di emergenza. Perciò, dopo aver riposizionato il sistema nel suo contesto, e formulato i suoi obiettivi, concentreremo la nostra attenzione sulle opere e sui quadri regolamentari che lo influenzano. Infine, procederemo ad elencare i vincoli ai quali è sottoposto e le prestazioni da conseguire.

3.1 Elementi generali

Poiché gli incendi costituiscono una delle principali cause di distruzione, è necessario individuarne l'inizio al fine di minimizzare i danni alle persone e alle cose. A causa della sua frequenza di utilizzo, la canna ferroviaria risulta particolarmente soggetta all'innesco di un incendio.

Il sistema di rilevamento incendio, che comprende l'individuazione delle fiamme, del fumo e del calore completerà le apparecchiature di sicurezza predisposte nelle gallerie. In questa sede lo studio ha per oggetto il rilevamento incendi all'interno delle canne ferroviarie.

3.2 Obiettivo del sistema

L'obiettivo del sistema di rilevamento incendio all'interno delle canne ferroviarie sarà di individuare, il più presto possibile, i segnali di un incendio, localizzato su qualsiasi tipo di materiale rotabile nella zona LTF al fine di:

- Impedire che il treno successivo entri nella nube di fumo creata dal treno in fiamme,
- Minimizzare il numero di persone che dovranno evacuare una zona invasa dal fumo,

- Adottare l'insieme di misure di gestione necessarie per il treno incendiato.

3.3 Topologia e geometria delle opere

Le opere che avranno un impatto sul sistema di rilevamento incendio nelle canne ferroviarie saranno:

- Il profilo longitudinale,
- La sezione trasversale a destra dei rami tecnici,
- La posizione dei rami tecnici,
- La configurazione dei locali tecnici presenti nei rami.

3.4 Quadro regolamentare

Il presente paragrafo descrive i diversi regolamenti, norme e standard in Europa, in Italia, in Francia nonché in ambito internazionale, che influenzano lo studio sul rilevamento incendio all'interno di una canna ferroviaria.

La priorità di applicazione delle regole considerate per questo progetto sarà conforme all'Offerta 37 relativa ai principi del quadro regolamentare di sicurezza (Cap. 2.5 Gerarchia delle norme):

- Le Direttive Europee e le norme STI si applicano in via prioritaria al progetto,
- Quindi, in mancanza di queste, saranno le regole decretate dalla CIG a prevalere sulle regole nazionali. La CIG può decretare regole più severe rispetto alle direttive europee e alle norme STI eccetto che per il materiale rotabile,
- In mancanza di direttive europee, di norme STI oppure di regole della CIG, sarà applicata la norma nazionale più severa, con riserva di mantenimento della coerenza complessiva delle disposizioni.

All'insieme della parte comune (cioè nei due tunnel di base e di interconnessione) vengono applicate le stesse regole.

3.4.1 Direttive Europee e norme STI

In questo paragrafo elenchiamo l'insieme delle norme e delle direttive europee così come le specifiche tecniche di interoperabilità.

- Serie EN 54 relativa ai sistemi di rilevamento e segnalazione di incendio,
- Specifiche tecniche di interoperabilità riprese dalle seguenti decisioni del Consiglio Europeo: 2002/730/CE, 2002/731/CE, 2002/732/CE, 2002/733/CE, 2002/734/CE, et 2002/735/CE,
- Direttiva del Consiglio Europeo 96/48/CE (relativa all'interoperabilità ferroviaria ad alta velocità in materia di sicurezza),
- Direttiva del Consiglio Europeo n° 73/23/CEE : « Direttiva sulla bassa tensione ».

3.4.2 Regole CIG

Dopo aver elencato i regolamenti europei, che prevalgono sugli altri, descriviamo i criteri dettati dalla CIG e applicabili al sistema di rilevamento incendio nel tunnel.

- Offerta d'appalto 37, paragrafo 3.1.1 riguardo agli elementi che costituiscono i cavi.

3.4.3 Altre norme

Infine, dopo i regolamenti europei e quelli dettati dalla CIG, presentiamo in questa sede un elenco delle regole nazionali ed internazionali che non rientrano nelle prime due categorie.

- Codice del lavoro italiano e francese,
- ISO 7240 : « Sistemi di rilevamento e segnalazione di incendio »,
- Codice UIC 779-9 : « Sicurezza nei tunnel ferroviari »,
- CEI 364-3 : "Installazioni elettriche degli edifici - determinazione delle caratteristiche generali".

3.5 Descrizione dei vincoli e delle prestazioni

Dopo aver illustrato le generalità riguardanti il sistema di rilevamento incendio nei tunnel e considerato le opere ed i relativi regolamenti vincolanti, presentiamo i vincoli fisici ai quali tale sistema sarà sottoposto dopodiché elencheremo le prestazioni da conseguire.

3.5.1 Vincoli

Per scrupolo di chiarezza, i vincoli sono stati suddivisi in diversi punti. Per iniziare, analizziamo i vincoli dettati da ragioni di sicurezza, seguiti da quelli concernenti l'ambiente nel quale il sistema è installato, poi quelli connessi all'esercizio e alla manutenzione dell'opera, per terminare con i vincoli di realizzazione e di evolutività.

3.5.1.1 Vincoli di sicurezza

- Vincoli di funzionalità

Gli studi sulla sicurezza funzionale del lotto C1 precisano che il rilevamento incendio nelle canne ferroviarie deve:

- o Rilevare qualsiasi tipo di fuoco non compartimentato su qualsiasi tipo di treno in movimento.
 - o Fare scattare immediatamente un allarme al PCC al momento del rilevamento.
- Sicurezza di cose e persone
 - o I dispositivi e i loro attacchi posizionati nel tunnel dovranno resistere a temperature di 1100°C,

- o I dispositivi di prelievo dovranno essere antideflagranti e incombustibili. I dispositivi di analisi dovranno essere solo antideflagranti,
- o Tutti i cavi elettrici e i tubi, collocati in galleria per il rilevamento di incendio, non dovranno contenere alcun materiale:
 - alogeno
 - propagante l'incendio
 - esalatore di fumi tossici.

3.5.1.2 Vincoli ambientali

- La catenaria ferroviaria produrrà un campo magnetico notevole. Tale campo magnetico non dovrà essere disturbato da un dispositivo radiante in una zona di dimensioni pari ad una circonferenza con raggio di 32 cm tracciata intorno all'asse della catenaria,
- La costruzione dei tunnel comporterà la produzione di polvere di cemento. La quantità prodotta sarà notevole all'inizio ma trascurabile dopo un anno di esercizio,
- L'usura della catenaria ferroviaria implicherà la presenza di polvere di rame. L'usura delle rotaie provocherà la presenza di polvere d'acciaio. Le quantità saranno notevoli, per tutta la durata dell'esercizio,
- La variazione di pressione dovuta al passaggio del treno sarà dell'ordine di 10 kPa,
- La roccia nella quale viene scavato il tunnel è una roccia calda. La temperatura all'interno del tunnel, inclusi i rami, può raggiungere i 32°C,
- Igrometria sconosciuta,
- Le vibrazioni generate dal passaggio del treno saranno notevoli,
- All'imbocco del tunnel, vigono le condizioni ambientali di una vallata alpina posta ad un'altitudine di 600 m (umidità, nebbia, vento, precipitazioni, ecc.),
- La tabella delle influenze esterne è annessa all'Allegato 2.

3.5.1.3 Vincoli di esercizio e manutenzione

- Esercizio
 - o La velocità dei treni merci e dell'autostrada ferroviaria sarà compresa tra 100 e 120 Km/h,
 - o La velocità dei treni ad alta velocità (TGV e ETR) sarà di 220 km/h,
 - o Sarà assegnato un senso di marcia per binario ma, occasionalmente, i binari potranno essere utilizzati in ambedue i sensi di marcia,
 - o Il pantografo genera archi elettrici,
 - o Le sostanze pericolose ammesse al RID, saranno allo stesso modo ammesse nell'area LTF. Questo comporterà l'ammissibilità delle sostanze pericolose delle categorie da B a E,
 - o Il tunnel sarà pulito regolarmente con acqua.
- Manutenzione
 - o A fini di chiarificazione, precisiamo le seguenti nozioni:

“Per manutenzione preventiva, s’intende un tipo di manutenzione eseguita ad intervalli prestabiliti o conformemente ai criteri indicati e che è volta a ridurre le probabilità di guasto o il degrado del funzionamento di un componente.

Per manutenzione correttiva s’intende la manutenzione eseguita in seguito alla constatazione di un guasto ed è volta a ripristinare un componente rendendolo nuovamente in grado di eseguire la funzione necessaria.

Per manutenzione straordinaria s’intende un’azione intrapresa in modo volontario al fine di migliorare l’affidabilità e/o rinforzare l’infrastruttura per mezzo d’interventi che aumentino il valore del patrimonio.”

- Preventiva:
Senza oggetto.
- Correttiva:
Tutti i pezzi necessari per la manutenzione del sistema dovranno essere disponibili per 15 anni.
- Straordinaria:

Il sistema potrà essere sostituito soltanto dopo un minimo di 15 anni di funzionamento.

3.5.1.4 Vincoli di realizzazione

L'area disponibile per installare i dispositivi di rilevamento di incendio nelle canne dipenderà dall'insieme degli altri dispositivi raccomandati per i diversi impianti. Questi dispositivi vengono mostrati nella seguente sezione:

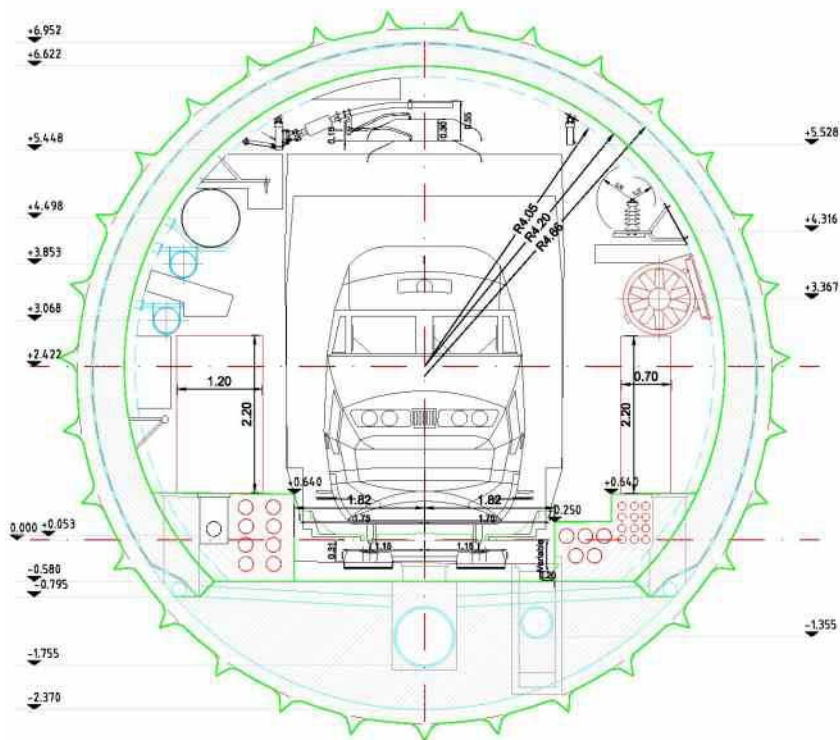


Figura 11 - Sezione trasversale

Allo stesso modo, l'area disponibile per installare i dispositivi di elaborazione del rilevamento di incendio, all'interno dei locali tecnici, dipenderà dallo spazio disponibile all'interno di questi locali.

3.5.1.5 Vincoli evolutivi

- Le centrali di rilevamento dovranno essere dimensionate in modo tale da accogliere i dispositivi di rilevamento supplementari installati al momento delle diverse fasi di costruzione.
- I nuovi dispositivi installati, per tenere conto dell'evolutività, dopo la messa in servizio del tunnel dovranno essere in grado di interfacciarsi con i dispositivi già operativi.

3.5.2 Prestazioni

Dopo aver preso in considerazione i diversi vincoli ai quali sarà sottoposto l'impianto di rilevamento di incendio nel tunnel, definiremo, in questa sede, le prestazioni che tale impianto deve raggiungere. Le prestazioni sono state suddivise in sei punti.

In un primo tempo analizzeremo le prestazioni generali, successivamente vedremo quelle connesse alla precisione della misurazione seguite da quelle di esercizio, affidabilità,

disponibilità ed infine esamineremo le prestazioni che non rientrano nelle categorie menzionate.

3.5.2.1 Rilevamento di fumo

- Elementi generali

L'impianto di rilevamento di incendio nelle canne ferroviarie dovrà soddisfare l'insieme dei vincoli precedentemente illustrati.

- Precisione della misurazione

- o Individuare particelle di fumo di dimensione inferiore a 3 μm e almeno uguale a 0,3 μm
- o Individuare il fumo prodotto da un incendio di 0,5 MW spostandosi ad una velocità di 220 Km/h,
- o Individuare concentrazioni di fumo inferiori a 300 ppm⁴.

- Esercizio

- o Fare scattare un allarme al PCC non appena la concentrazione delle particelle di fumo superi i 300 ppm,
- o Fare scattare un allarme non più tardi di 1 minuto dopo il superamento del punto incendiato.

- Manutenzione

- o Preventiva:

Il periodo tra due manutenzioni successive non sarà inferiore a 8 settimane.

- o Correttiva:

I pezzi sostituiti al momento di una manutenzione correttiva dovranno funzionare per un periodo di almeno un anno.

- Affidabilità

Una volta terminato il periodo di prova, produrre al massimo un falso allarme ogni 1000 allarmi generati.

- Disponibilità:

Il sistema sarà non disponibile al massimo per 4 ore durante la notte ogni due giorni.

- Altro

I dispositivi collocati nell'area di influenza della catenaria non dovranno contenere alcun materiale sensibile ai campi elettromagnetici prodotti dalla stessa catenaria.

⁴ ppm : Parti per milione

3.5.2.2 Rilevamento di fiamma

- Elementi generali

L'impianto di rilevamento di incendio nelle canne ferroviarie dovrà soddisfare l'insieme dei vincoli precedentemente illustrati.

- Precisione della misurazione

Individuare la comparsa di una fiamma di 5 cm di altezza spostandosi ad una velocità di 220 Km/h.

- Esercizio

Fare scattare un allarme al PCC 15 secondi dopo il passaggio di un treno davanti al rilevatore di fiamme.

- Manutenzione

- o Preventiva:

Il periodo tra due manutenzioni preventive non sarà inferiore a 3 mesi.

- o Correttiva:

I pezzi sostituiti al momento di una manutenzione correttiva dovranno funzionare per un periodo di almeno un anno.

- Affidabilità

Una volta terminato il periodo di prova, produrre al massimo un falso allarme ogni 1000 allarmi generati.

- Disponibilità:

Il sistema sarà non disponibile al massimo per 4 ore durante la notte ogni due giorni.

3.5.2.3 Rilevamento lineare di calore nelle aree di sicurezza

- Elementi generali

L'impianto di rilevamento di incendio nelle aree di sicurezza dovrà soddisfare l'insieme dei vincoli precedentemente illustrati.

- Precisione della misurazione

- o Avere una precisione per la localizzazione del punto caldo di 1 m,

- o Individuare un'evoluzione di temperatura pari a 2°C in 30 s,

- o Rilevare fuochi immobili di 0,5 MW.

- Esercizio

Fare scattare un allarme in meno di 10 secondi dopo l'arresto di un treno in fiamme.

- Manutenzione

- o Preventiva:

Il periodo tra due manutenzioni preventive non sarà inferiore a 3 mesi.

o Correttiva:

I pezzi sostituiti al momento di una manutenzione correttiva dovranno funzionare per un periodo di almeno un anno.

- Affidabilità

Una volta terminato il periodo di prova, produrre al massimo un falso allarme ogni 1000 allarmi generati.

- Disponibilità:

Il sistema sarà non disponibile al massimo per 4 ore durante la notte ogni due giorni.

4. Analisi delle tecnologie

Allo scopo di selezionare le tecnologie disponibili e quelle più idonee per l'impianto di rilevamento di incendio nel tunnel, eseguiamo un confronto tra le diverse tecnologie sul mercato. A tale scopo presentiamo una breve descrizione funzionale prima di illustrare i vantaggi e gli inconvenienti.

4.1 Rilevatori di fumo

Il rilevamento degli incendi è stato ampiamente sviluppato nel corso degli ultimi anni ed è ora ben gestito all'interno dei locali. E' possibile effettuare il rilevamento in diversi modi e, tra gli altri, tramite un rilevatore di fumo.

Il fumo è caratterizzato da particelle presenti nell'aria che ne modificano le proprietà. Queste particelle sono più o meno numerose e di taglia più o meno rilevante. Di conseguenza, noi non siamo in grado di vederle.

Presenteremo, in questa sede, due tipi di rilevatori attualmente ancora in commercio seguendo il loro ordine di apparizione sul mercato.

Il primo modello presentato sarà il rilevatore ottico seguito dal rilevatore granulometrico.

4.1.1 Tecnologia ottica

Di seguito presentiamo il rilevatore ionico, un dispositivo ottico che è attualmente in pieno sviluppo. Manterremo lo stesso schema per conoscere la descrizione del funzionamento e la presentazione di vantaggi e inconvenienti.

4.1.1.1 Descrizione

Il rilevatore ottico di fumo si basa sul principio sia dell'opacità che della dispersione di un fascio luminoso tra una sorgente luminosa interna ed un sensore sensibile alla luce. Se un gas da fumo penetra all'interno del rilevatore, nel primo caso, la luce sul sensore diminuisce mentre nel secondo e più frequente caso, il fascio luminoso viene riflesso, diffratto e rifratto prima di raggiungere il sensore. Tramite una connessione elettronica, scatta il segnale di allarme.

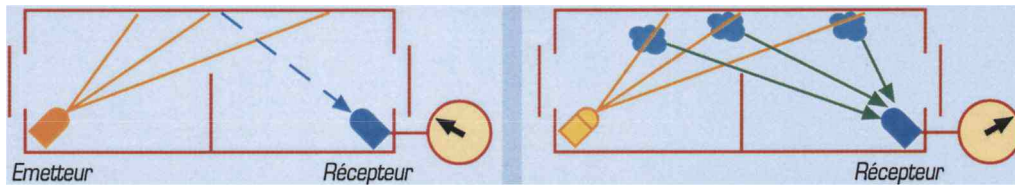


Figura12 - Principio di funzionamento del rilevatore ottico per dispersione

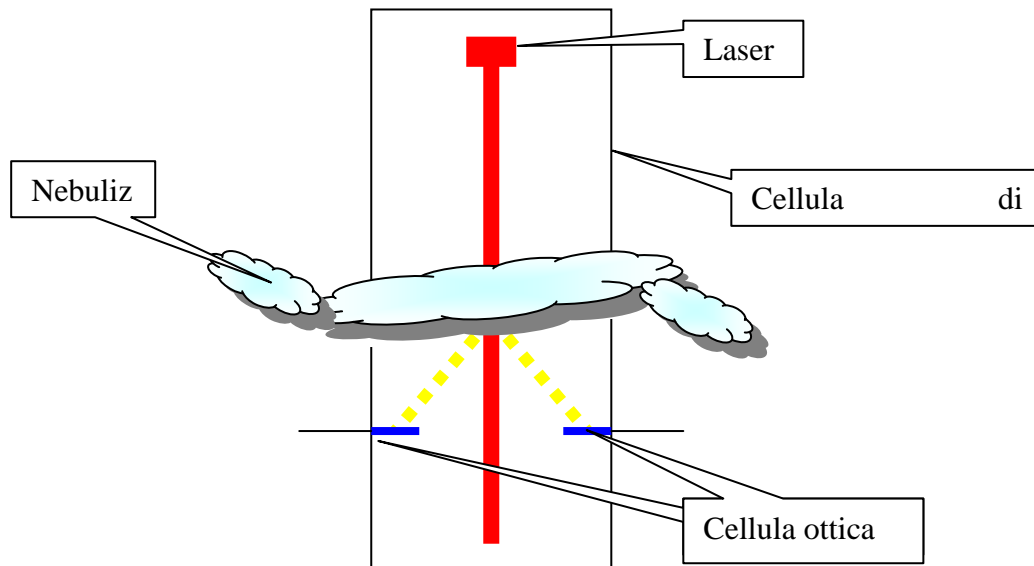


Figura13 - Principio di funzionamento del rilevatore ottico per assorbimento

4.1.1.2 Vantaggi

Il rilevatore ottico di fumo è particolarmente indicato per l'individuazione di fuochi latenti, fuochi che si sprigionano dal fumo e fumi visibili.

La spiegazione di tale sensibilità risiede nel fatto che questo tipo di rilevatore necessita che un fascio luminoso venga intersecato da una nebulizzazione di una determinata opacità al fine di modificarne le proprietà. La tecnologia a dispersione si è notevolmente evoluta nel corso degli ultimi anni, il suo spettro si è ampliato, permettendo, in questo modo, di individuare contemporaneamente particelle invisibili ed opache.

Entro breve, un rilevatore ottico a dispersione dovrebbe sostituire l'accoppiata formata da rilevatore ottico di vecchia generazione e rilevatore ionico.

Tuttavia, per i rilevatori di offuscamento, la soglia minima di scatto è molto bassa e questo permette un rilevamento precoce su un ampio spettro di fuochi. La sensibilità dei rilevatori ottici può essere regolata secondo le necessità.

4.1.1.3 Inconvenienti

Attualmente, perché un rilevatore faccia scattare un allarme è spesso ancora necessario che il fumo sia visibile. I rilevatori per offuscamento non sono mai stati installati nei tunnel ferroviari.

4.1.2 Tecnologia granulometrica

Infine, dopo aver descritto le tecnologie applicate ai rilevatori ionici e ottici, presentiamo, secondo il medesimo schema, la tecnologia più recente: la granulometria.

4.1.2.1 Descrizione

La camera di analisi di questo impianto si basa su un sensore ottico ed è costituita da un diodo laser e da cellule ottiche che permettono di valutare la concentrazione delle nebulizzazioni captate. Quando il laser colpisce una particella, il fascio viene rifratto quindi incontra una delle cellule fotoelettriche che genera un segnale elettrico. Il numero dei segnali generati è proporzionale alla quantità di particelle nella cellula.

Le soglie di scatto (funzione della concentrazione delle nebulizzazioni) di questo impianto sono regolabili secondo le necessità.

4.1.2.2 Vantaggi

La soglia minima di scatto è molto bassa e questo permette di avere un rilevamento precoce su un ampio spettro di fuochi. Infine il sistema effettua la rilevazione entro un tempo brevissimo, una volta che la nebulizzazione è presente nella camera di analisi.

4.1.2.3 Inconvenienti

Questo impianto è solo in fase sperimentale. Inoltre ha un costo superiore agli altri. Infine, a causa della sua sensibilità e dei vincoli ambientali e di esercizio del tunnel, le soglie di scatto saranno probabilmente difficili da regolare per non perdere il vantaggio di un rilevamento precoce.

4.1.3 Sintesi

Le tecnologie ottiche per misurazione, di offuscamento e granulometrica permettono di soddisfare le esigenze in materia di rilevamento di incendio.

Nell'ambito del presente studio, terremo in considerazione il rilevatore ottico per offuscamento, in ragione dei vantaggi che presenta rispetto agli altri rilevatori ottici e granulometrici.

4.2 Rilevatori di fiamme

Nel processo di scoppio di un incendio, le fiamme compaiono in modo tardivo, salvo in caso di presenza di sostanze infiammabili. Tuttavia, in un tunnel ferroviario, considerata la velocità del treno, le fiamme possono essere rilevabili più facilmente rispetto al fumo o al calore.

Le fiamme sono visibili per l'uomo poiché emettono un irradiazione nel dominio del visibile. Allo stesso modo, producono emissioni nel dominio dell'infrarosso e dell'ultravioletto. I rilevatori di fiamme individuano, su un campo di lunghezza d'onda selezionato, un irradiazione nel dominio sia dell'infrarosso che dell'ultravioletto. La figura seguente presenta lo spettro di rilevamento indicando le lunghezze d'onda rilevate.

Studieremo tre tecnologie, nell'ordine, un rilevatore di fiamme che capta l'irradiazione infrarosso, poi un secondo rilevatore che capta l'ultravioletto e infine un terzo che capta ambedue gli irradamenti.

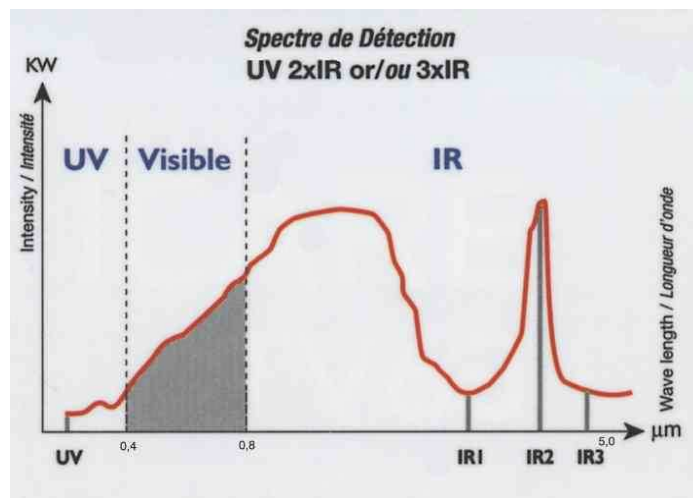


Figura 14 - Spettro di rilevazione della fiamma

4.2.1 Tecnologia infrarossi (IR)

Inizieremo a prendere in considerazione i rilevatori che captano l'irradiazione emessa dalle fiamme nell'infrarosso.

4.2.1.1 Descrizione

Il principio di funzionamento consiste nel rilevare un irradiazione termico prodotto nell'infrarosso grazie ad una fotoresistenza o ad un sensore piroelettrico.⁵ Questi rilevatori considerano solo irradiazioni vacillanti tipici delle fiamme, in una lunghezza d'onda precisa entro l'infrarosso vicino (lunghezze d'onda comprese tra 2 e 5,2 µm).

I tradizionali rilevatori ad infrarossi, invece, rilevano un irradiazione su un'unica lunghezza d'onda cioè quella entro la quale le fiamme irradiano più facilmente.

Al fine di conquistare punti di forza, i rilevatori classificati come IR2 o IR3 devono captare contemporaneamente un irradiazione su due o tre lunghezze d'onda per fare scattare un allarme.

4.2.1.2 Vantaggi

L'irradiazione ad infrarossi presenta una debole attenuazione quando attraversa il fumo. Questi rilevatori hanno quindi ottime prestazioni in ambienti fumosi e per cattivi tassi di combustione

E' inoltre possibile rendere il rilevatore sensibile ad una molteplicità di lunghezze d'onda nell'infrarosso. In questi casi si ottiene, in più, un basso tasso di allarmi intempestivi, un'elevata sensibilità alle combustioni lente nonché la possibilità di rilevare fuochi di dimensioni più ridotte in modo più precoce.

⁵ Questo tipo di sensore è sensibile solo ai cambiamenti di temperatura.

4.2.1.3 Inconvenienti

Il rilevatore di fiamme ad infrarossi è particolarmente sensibile alla presenza di brina o acqua che riducono la sua sensibilità. Inoltre, non ha un buon rendimento nell'individuazione di combustioni molto lente poiché questo in questo tipo di combustione le fiamme compaiono solo in fase tardiva. In certi casi, il rilevatore ad infrarossi può essere sensibile alla riflessione di una luce su un oggetto in movimento.

4.2.2 Tecnologia ultravioletti (UV)

Dopo aver considerato i sensori sensibili all'irradiazione infrarosso, parliamo di sensori sensibili all'irradiazione ultravioletto.

4.2.2.1 Descrizione

Il principio di funzionamento più comune consiste nel captare fotoni che, per irradiazione nello spettro dell'ultravioletto, colpiscono un catodo e generano un impulso elettrico.

Il sensore genera allora un segnale di uscita che consiste in una successione di impulsi, poiché la frequenza del segnale è proporzionale alla dimensione della fiamma. Le lunghezze d'onda che provocano la reazione del rilevatore sono comprese tra 0,1 e 0,3 μm .

4.2.2.2 Vantaggi

I rilevatori di fiamme ultraviolette funzionano molto bene con fuochi generati da liquidi infiammabili, oppure con gli incendi che si sviluppano rapidamente.

4.2.2.3 Inconvenienti

Questi rilevatori sono sensibili a diverse sorgenti di archi elettrici e vengono inibiti da fumi densi oppure da depositi di grasso sulla finestra di analisi.

4.2.3 Tecnologia combinata infrarossi-ultravioletti (UV/IR)

Poiché le fiamme irradiano nell'infrarosso e nell'ultravioletto, possiamo considerare, infine, i sensori sensibili ad entrambi gli irradamenti.

4.2.3.1 Descrizione

La tecnologia UV/IR si basa sui principi di funzionamento delle due tecnologie descritte in precedenza. Per ottenere un allarme, occorre che le due tecnologie segnalino contemporaneamente la presenza di una fiamma. Al fine di rendere il sistema affidabile, è possibile anche associare una cellula ad ultravioletti con una cellula IR2 o IR3.

4.2.3.2 Vantaggi

I rilevatori UV/IR sommano i vantaggi di ambedue le tecnologie presentando il vantaggio supplementare di un tempo di risposta molto breve e di un basso tasso di falsi allarmi.

Il basso tasso di falsi allarmi deriva dalla necessità di avere un irradamento simultaneo nell'ultravioletto e nell'infrarosso. Questo evita gli scatti intempestivi che una o l'altra tecnologia potevano causare se utilizzate da sole.

4.2.3.3 Inconvenienti

Poiché occorre che entrambe le cellule (UV e IR) reagiscano alla fiamma, sussistono i medesimi elementi di interferenza che riducono le capacità di rilevazione. Se una delle due cellule non effettua alcuna rilevazione, non vi sarà alcuna reazione del rilevatore.

4.2.4 Sintesi

Non adatteremo il rilevatore UV da solo, poichè è sensibile agli archi elettrici mentre occorre tenere conto di quelli prodotti dal pantografo. Valutate le prestazioni in termini di falsi allarmi e di spettro di rilevamento offerto dal rilevatore UV/IR, sarà quest'ultima la tecnologia che prenderemo in considerazione per il progetto LTF.

Dato che i rilevatori IR2 e IR3 presentano maggiori punti di forza rispetto al rilevatore ad infrarossi tradizionale, per migliorare ulteriormente le prestazioni raccomanderemo di impostare due lunghezze d'onda nell'infrarosso per il rilevatore UV/IR.

4.3 Rilevatori lineari di calore nelle aree di sicurezza

Il rilevamento lineare di calore non ha l'obiettivo di rilevare incendi in normali condizioni di esercizio, ma di localizzare il focolaio una volta che il treno è fermo. Quindi, dopo la descrizione delle diverse tecnologie, procederemo a confrontare i vantaggi e gli inconvenienti rispetto a questo obiettivo.

Dalle nostre ricerche sono emerse due tecnologie, una basata sulla fibra ottica e l'altra basata su sensori di temperatura distribuiti in modo equidistante all'interno di un cavo. Tutti i rilevatori lineari di calore possono fare scattare un allarme in funzione della velocità di incremento della temperatura e/o in rapporto ad un valore soglia.

4.3.1 Tecnologia basata su fibre laser

Inizieremo ad esaminare il rilevamento lineare di calore basato sullo sfruttamento della reazione delle fibre ottiche al calore.

4.3.1.1 Descrizione

Le grandezze misurate come la temperatura, la pressione e la trazione possono influenzare le fibre ottiche e modificare localmente le proprietà del circuito luminoso. Nelle fibre ottiche, l'attenuazione della luce dovuta alla diffusione permette di determinare l'area di un influsso fisico esterno. La fibra ottica può così essere utilizzata come sensore lineare.

Secondo i fabbricanti, il rilevamento è basato su una riflettometria ottica nel dominio frequenziale o temporale. In ambedue i casi, il segnale ottico analizzato è quello di retrodiffusione. Per quanto riguarda la tecnologia frequenziale, è necessario procedere ad un'elaborazione tramite la trasformata di Fourier.

4.3.1.2 Vantaggi

La precisione per la localizzazione è ottima nell'ordine del metro. In più l'intervallo di misurazione è molto ampio (da -185 a +460° C). Inoltre il riscaldamento viene rilevato indipendentemente dal fatto che sia prodotto per convezione piuttosto che per radiazione. Il tempo di misurazione è rapido nell'ordine di 10s. Il rilevamento all'interno del concentratore può estendersi su 20 Km quindi viene minimizzato il numero di dispositivi necessari.

L'architettura sarà completamente ridondata per evitare il rischio di guasti. Infine, le fibre, che costituiscono la parte sensibile del rilevatore, sono insensibili ai disturbi elettromagnetici.

4.3.1.3 Inconvenienti

La posa e la sostituzione della fibra sono operazioni delicate e richiedono l'intervento di personale addestrato. E' necessario ricalibrare l'impianto ogni anno.

4.3.2 Tecnologia a sensori incapsulati

Dopo aver descritto il rilevamento lineare di calore basato su fibre, consideriamo, secondo lo stesso schema, il rilevamento di calore tramite un cavo composto da sensori di temperatura equidistanti.

4.3.2.1 Descrizione

Il cavo a sensori è un impianto di raccolta dati tramite bus. All'interno del cavo sensore completamente isolato, si trovano dei piccoli circuiti ibridi equidistanti con passo regolabile secondo le necessità e che sono collegati tra loro tramite cavi conduttori piatti. Questi conduttori permettono l'alimentazione dei diversi sensori e la trasmissione dei dati.

Questi circuiti contengono un circuito integrato provvisto di un indirizzo definito e di un sensore di temperatura. Vengono interrogati in modo sequenziale. Il valore del passo di installazione dei sensori determina la precisione della localizzazione del focolaio: più i circuiti sono vicini gli uni agli altri, più l'impianto sarà preciso.

4.3.2.2 Vantaggi

La posa e la riparazione (tramite scatola di derivazione) sono piuttosto facili e non necessitano di personale specializzato. In più, l'impianto è protetto dalle emissioni elettromagnetiche grazie alla sua composizione (benché la composizione sia diversa a seconda del produttore, permane in tutti i casi l'insensibilità ai consueti disturbi elettromagnetici). Inoltre, in caso di rottura del cavo, la parte collegata alla centrale continua a funzionare. Infine, il tempo di risposta è breve (inferiore a 20 s).

4.3.2.3 Inconvenienti

Il fatto di avere circuiti distinti, non risponde pienamente all'obiettivo del rilevamento lineare. Inoltre, l'intervallo di rilevamento non è molto ampio (da -55 a 95° C). Infine il cavo rileva solo un'incremento di temperatura per convezione.

4.3.3 Sintesi

Le due tecnologie offrono prestazioni paragonabili. Attualmente la fibra ottica è in pieno fermento e vanta numerosi sostenitori. Per quanto riguarda installazione e intervallo di rilevamento, questa tecnologia basata su fibra laser si adatta perfettamente alla nostra applicazione grazie alla precisione e alla rapidità nello scatto dell'allarme. Terremo in considerazione questa tecnologia nella sequenza delle descrizioni.

5. Studio dell'architettura e analisi funzionale

In questo paragrafo presentiamo una descrizione dell'architettura globale e funzionale del sistema di rilevamento di incendio nel tunnel. In questo modo possiamo descrivere con precisione gli elementi costitutivi e i luoghi di collocazione dell'intelligenza del sistema.

5.1 Architettura

Partiamo dalla descrizione dell'architettura prendendo in esame i sensori, poi i cavi di alimentazione elettrica e trasmissione prima di terminare con le centrali e le diverse interfacce, soprattutto elettriche e di comunicazione.

Per ciascun sistema, l'architettura dei sensori è descritta solo per una delle due canne del tunnel. L'installazione nella seconda canna è identica. Le centrali saranno in comune tra le due canne.

A fini di chiarificazione, presentiamo le seguenti definizioni:

- Per rilevatore multipuntuale si intende un rilevatore che effettua prelievi in più punti e che, di conseguenza, analizza la miscela d'aria dentro una cellula.
- Per rilevatore lineare si intende un rilevatore che effettua misurazioni in tutti i punti posti lungo un asse.
- Per rilevatore puntuale si intende un rilevatore che effettua un'analisi in un posto e lungo un perimetro determinato.

5.1.1 Sensori

In riferimento all'impianto di rilevamento di incendio nel tunnel, iniziamo a presentare l'architettura dei diversi sensori da installare.

La descrizione dell'architettura è basata su sensori esistenti le cui prestazioni sono state spinte verso standard elevati. Per conseguire tali prestazioni, secondo l'evoluzione dell'offerta sul mercato, sarà probabilmente necessario sia adattare l'architettura sia prevedere sviluppi di prodotti specifici.

L'installazione reale dei sensori viene presentata nella sezione trasversale della figura 11

5.1.1.1 Rilevamento di fumo

L'impianto di rilevamento del fumo sarà di tipo multipuntuale.

Tale scelta è principalmente giustificata dalle turbolenze prodotte dal passaggio del treno e dallo spazio disponibile all'interno delle canne. Sarà dunque composto da tre sotto-impianti, il primo per il prelievo di campioni di fumo, il secondo per l'analisi dei suddetti campioni e il terzo per il rilascio dei campioni nel tunnel.

L'impianto è dimensionato per rilevare un fuoco sul materiale rotabile, tuttavia, dovrebbe essere in grado di rilevare un fuoco presente nelle canne ma fuori dal materiale rotabile.

- Il prelievo di fumo

Il sistema sarà composto da un tubo per il prelievo posizionato lungo la volta del tunnel, a destra dei rami tecnici R1 e R1-2. La lunghezza del tubo sarà di 17 m e si estenderà dal marciapiede destro al marciapiede sinistro. Sarà forato ad intervalli di distanza massima di un metro e mezzo per essere dotato di orifizi di diametro compreso tra 2 e 5 mm che consentono di captare la miscela gassosa presente nel tunnel. Il diametro della rete di aspirazione sarà inferiore a 38 mm.

La rete di prelievo sarà raccordata ad una camera di analisi tramite un tubo posizionato sopra la porta di accesso a questo ramo. Per permettere ai campioni prelevati di raggiungere la camera di analisi, una ventola assicurerà l'aspirazione al livello del raccordo verso il locale tecnico.

Tutta la procedura è illustrata nella figura seguente :

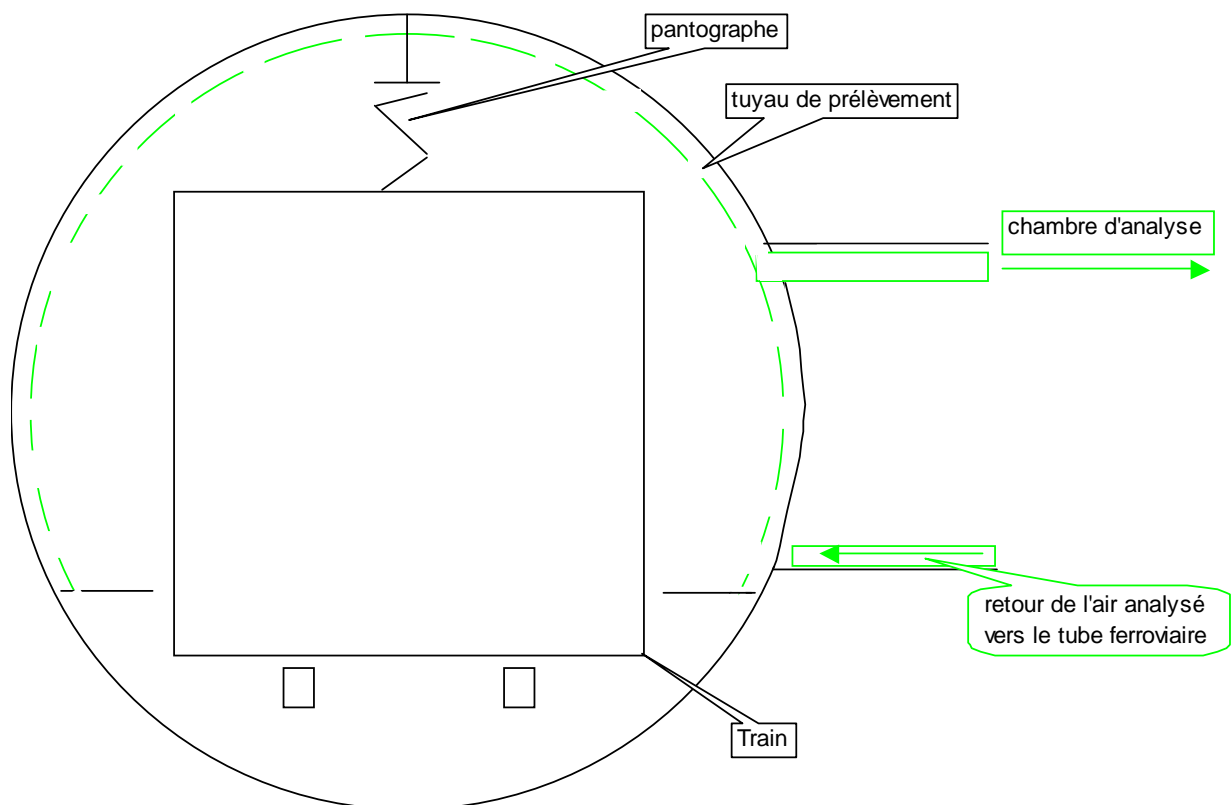


Figura 15 : Principio rilevatore multipuntuale in una canna per il rilevamento di incendio

In più, la rete di prelievo che attraversa l'area di influenza della catenaria dovrà essere composta di materiale insensibile al campo elettromagnetico e agli archi elettrici prodotti dalla catenaria senza influenzare la rete stessa (la tecnologia dovrà essere equivalente a quella applicata nel tunnel sotto la Manica). Infine, in considerazione delle sostanze pericolose ammesse alla circolazione, la rete di prelievo sarà obbligatoriamente antideflagrante.

Per ogni canna ci saranno tante reti di prelievo separate da 1332 m quanti sono i rami tecnici. Poiché l'ubicazione dei tubi di aspirazione può essere spostata di alcuni metri rispetto alla porta del ramo, tali tubi saranno collocati in modo da evitare, tra l'altro, i supporti della catenaria, delle telecomunicazioni, dell'alimentatore nonché del condotto di ventilazione e raffreddamento.

Anche i binari di stazionamento saranno dotati di rilevamento del fumo in entrata e in uscita, in base allo stesso principio. Sarà dunque necessario conteggiare due reti di prelievo supplementari per canna.

Al fine di ottenere prestazioni elevate, l'impianto sarà insensibile alla depressione successiva al passaggio del treno. Ciò significa che i campioni prelevati sugli ultimi vagoni non devono essere ricacciati all'esterno della rete di prelievo dalla depressione causata dal passaggio del treno. In più, al fine di ridurre l'incrostazione dei filtri, l'impianto sarà dotato di un sistema di pulizia automatica della rete di prelievo tramite un flusso di aria contrario a quello del prelievo. Il sistema di pulizia dovrà mettersi in moto solo tra due treni.

La rete di prelievo servirà a fornire i campioni a tutti i rilevatori trasportati (fumo, gas tossici ed esplosivi) nei locali tecnici. Considerati i requisiti di questi sensori, la velocità nelle tubazioni di prelievo dovrà essere inferiore a 6m/s.

- La camera di analisi

L'aria incanalata dalla rete di prelievo sarà riscaldata in modo da evitarne la condensazione. E' importante evitare la condensazione per impedire la presenza di acqua nella camera di analisi, poiché i rilevatori non rilevano nulla quando si trovano nell'acqua.

La camera di analisi sarà collocata nel locale tecnico del ramo. Sarà composta da un sistema di filtrazione che permette di eliminare le particelle di polvere tra cui quelle di rame, d'acciaio e di cemento. L'aria così filtrata viene analizzata per offuscamento grazie a un laser a dispersione e due ottiche di analisi che rilevano l'attenuazione del fascio provocata dal passaggio del fumo davanti al fascio menzionato. Questa camera di analisi sarà pilotata da una scatola di controllo, a sua volta collegata ad una centrale antincendio. Il gruppo sarà posizionato all'interno dello stesso locale.

Per garantire il suo funzionamento, l'impianto dovrà essere in grado da una parte di analizzare il tasso di incrostazione del filtro e dall'altra di rilevare un malfunzionamento del laser. In più, a causa delle sostanze pericolose ammesse nel tunnel e che possono essere trasportate dalla rete di prelievo, la camera di analisi sarà antideflagrante. Vi saranno tante camere di analisi quante sono le reti di prelievo.

- La restituzione dei campioni prelevati nella canna

Con l'impianto di rilevamento del fumo come primo sistema di sicurezza posizionato all'uscita della rete di prelievo, i gas restituiti dalla rete saranno canalizzati verso gli altri sistemi. Tali sistemi si occuperanno dell'inoltro dei gas analizzati verso la canna nella quale sono stati prelevati. La canalizzazione di ritorno dei campioni è illustrata nella figura 6.

5.1.1.2 Rilevamento di fiamma

Il rilevamento di fiamme sarà assicurato da sensori puntuali posizionati nella canna ferroviaria. Sul lato destro di ciascun ramo sarà installata un'area con quattro rilevatori. Questi rilevatori saranno installati ad un'altezza di circa 4,75 m rispetto al marciapiede. Per avere una visione globale del convoglio, i rilevatori saranno collocati come indicato dalla figura seguente e disporranno di un cono visivo di 90°.

Anche i binari di stazionamento saranno dotati di sistema di rilevamento di fiamme in entrata e in uscita, in base allo stesso principio.

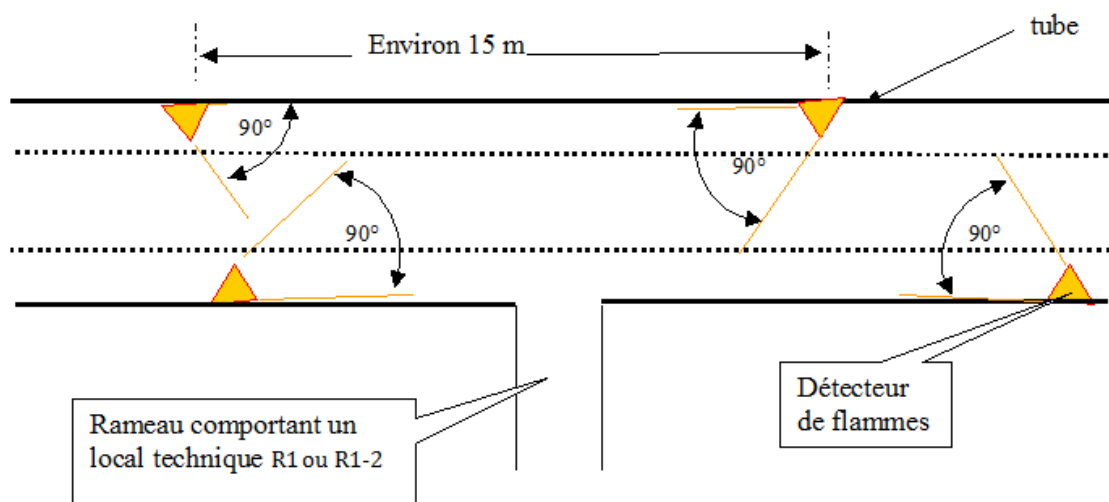


Figura 16 - Installazione dei rilevatori di fiamme

Ogni rilevatore sarà collegato ad una centrale, situata in un locale tecnico. La centrale analizzerà i segnali inviati. Per poter guidare a distanza il riarmo dei rilevatori, è necessario prevedere l'adozione di una scatola di interfaccia. Questa sarà inserita tra la centrale e i rilevatori.

Per garantire l'integrità del sistema, si cercherà di ridurre il numero di falsi allarmi servendosi di rilevatori UV/IR3 o UV/IR2. Inoltre, i rilevatori dovranno avere la capacità di analizzare il loro tasso di incrostazione. Per rallentare la velocità di incrostazione, una ventola creerà una zona di turbolenza davanti all'ottica di ciascun sensore.

5.1.1.3 Rilevamento lineare di calore nelle aree di sicurezza

Il rilevamento lineare di calore nelle aree di sicurezza sarà garantito da un cavo ottico che forma un anello tra il binario 1 e il binario 2. Il cavo passerà ad un'altezza di circa 4,60 m rispetto al marciapiede. Si fermerà nel punto di uscita del cavo che assicurerà il rilevamento lineare sulla sezione seguente. La lunghezza del percorso così descritto sarà di 2×750 m (lunghezza dell'area di sicurezza) + 4×100 m. Il cavo applicato avrà quindi una lunghezza di 1900 m.

Lo schema seguente ne riassume l'installazione:

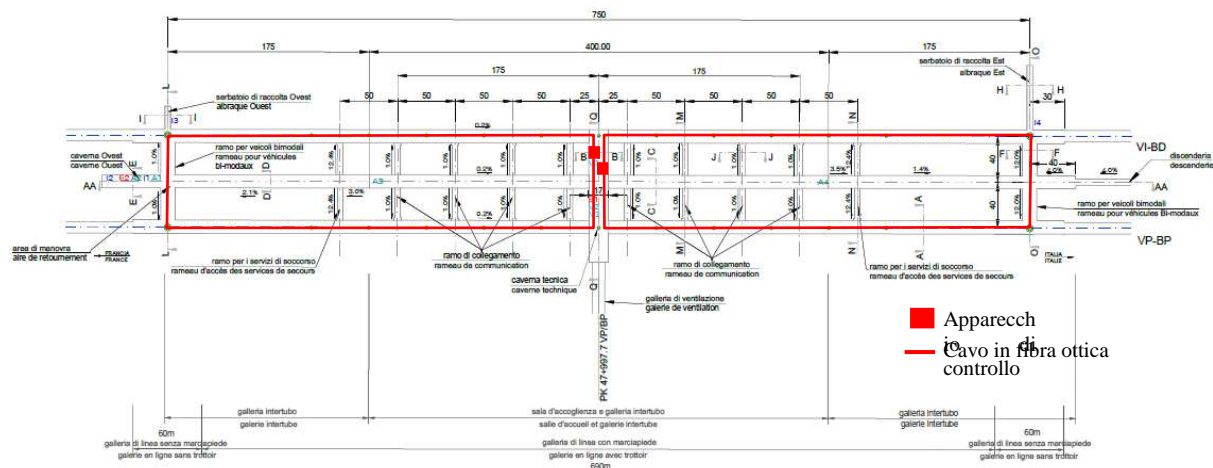


Figura 17 - Principio generale di installazione per il rilevamento lineare di calore nelle aree di sicurezza

All'interno dei locali tecnici delle aree di sicurezza, il cavo in fibra ottica, che copre una parte dell'area, sarà collegato ad un apparecchio di controllo che invia un laser alla fibra ottica consentendo il rilevamento del calore. Ogni apparecchio di controllo dovrà avere la capacità di guidare autonomamente un anello. L'impianto sarà allora ridondante in caso di rottura del cavo di rilevamento. Questi apparecchi di controllo saranno collegati ad una centrale antincendio.

A livello delle aree di sicurezza nel tunnel di base, sarà installato un sistema di vaporizzazione con l'obiettivo di ridurre la temperatura nella zona delle fiamme durante un incendio. Il sistema di fibre laser sarà collegato al sistema di vaporizzazione. Nel momento in cui si rileva un incendio tramite la fibra laser al livello delle zone di sicurezza, un contatto avvertirà il sistema di vaporizzazione provocandone l'attivazione.

5.1.1.4 Interfacce interne del sistema di rilevamento di incendio nelle canne ferroviarie

- Dispositivi collegati ad una scatola di controllo

Questi dispositivi utilizzano interfacce proprietarie secondo i costruttori. Poiché le scatole guidano un unico tipo di dispositivi, non imponremo particolari vincoli per la comunicazione tra il dispositivo e la scatola di controllo.

- Apparecchi di controllo collegati alla centrale antincendio

I sensori saranno collegati direttamente alla centrale attraverso un contatto privo di potenziale. Tuttavia i dispositivi guidati da una scatola di comando non comunicano direttamente con la centrale. La comunicazione sarà garantita dalla scatola per mezzo di un'interfaccia seriale del tipo RS232.

Infine per le centrali delle aree delle zone indirizzate e che assicurano la supervisione dei rilevatori collocati nei rami R0, la comunicazione sarà garantita attraverso un bus. Per questa comunicazione non viene imposto alcun protocollo, che è invece lasciato alla libera scelta dell'installatore.

5.1.2 Cavi di trasmissione e alimentazione elettrica

Dopo aver studiato l'architettura dei sensori, in questa sede ne esaminiamo le modalità di collegamento con gli altri dispositivi.

La centrale anticendio sarà collegata da una parte all'insieme dei sensori e delle scatole di comando mentre, dall'altra parte, ai punti di concentrazione della rete di teletrasmissione del ramo tecnico. L'insieme dei cavi che attraversano il tunnel in modo visibile e assicurano la trasmissione delle informazioni tra i diversi elementi, oppure la loro alimentazione elettrica, dovrà essere di tipo CR1/C1 e soddisfare i criteri della CIG riguardanti i cavi, cioè non devono contenere alcun materiale:

- alogeno,
- propagante l'incendio,
- esalatore di fumi tossici.

Per gli altri cavi non viene formulata alcuna prescrizione, sarà dunque possibile utilizzare un cavo standard di tipo C2.

Poichè la rete di prelievo per il rilevamento del fumo e il sistema di rilevamento lineare del calore sono installati nelle canne ferroviarie, dovranno rispettare gli stessi vincoli imposti ai cavi.

5.1.3 Centrali

Dopo i cavi elettrici e di trasmissione ed i rilevatori, passiamo a descrivere in questa sede l'architettura delle centrali locali.

Per minimizzare il numero di dispositivi all'interno dei locali tecnici del tunnel, la centrale anticendio sarà in comune tra i dispositivi di rilevamento nella canna ferroviaria e i dispositivi di rilevamento nei rami. I dispositivi di rilevamento di incendio nei locali di cui si parla sono i rilevatori collocati nei rami di comunicazione e nei locali tecnici di tali rami. La centrale dovrà essere in grado di gestire gli allarmi tecnici e gli incidenti dei seguenti sensori:

- Sensori collocati nei rami,
- Sensori collocati nei locali tecnici,
- Scatola di controllo del sistema di rilevamento lineare di calore,
- Scatola di controllo dei rilevatori multipuntuali di fumo,
- Rilevatori di fiamme,
- Rilevatori di riserva.

Cioè, una quarantina di rilevatori.

Per quanto riguarda i rilevatori collocati nei rami R0, il centro di controllo locale sarà delegato ad una centrale a « due aree » posizionata in tali rami. Questa sarà indirizzata ed interfacciata con la centrale principale posizionata nel locale tecnico di uno dei rami R1 o R1 - 2.

Inoltre, solo la centrale detta principale, collocata nel ramo di tipo R1, sarà collegata alla rete di teletrasmissione. Gli apparecchi di controllo a fibra ottica saranno raccordati alle centrali principali. La rete di terra antincendio sarà quindi una rete distinta rispetto a quella della GTC.

In più, dovrà essere possibile riarmare la centrale manualmente e su ordine del PCC.

Infine, sebbene le canne ferroviarie non siano classificate come ERP⁶, l'insieme sensore-centrale dovrà essere certificato CE in modo tale da considerare i requisiti dei potenziali assicuratori.

5.1.4 Interfacce

Infine, per concludere la descrizione dell'architettura, illustriamo in questa sede le diverse interfacce.

- Alimentazione elettrica

L'alimentazione delle centrali (primaria e secondaria) e delle scatole di controllo sarà garantita da un'alimentazione di continuità senza interruzione a 230 V, poiché le centrali provvedono ad alimentare i sensori puntuali.

- Sistemi che effettuano scambi con il sistema di supervisione

Solo la centrale antincendio detta principale comunicherà con il sistema di supervisione al PCC. Il protocollo di comunicazione e le interfacce saranno definiti negli studi sul PCC e sulle reti di comunicazione. La centrale antincendio non potrà ricevere ordini da parte della GTC e sarà raccordata al punto di concentrazione della rete di teletrasmissione presente nel locale tecnico di ciascun ramo R1.

- Interfacciamento con il sistema di rilevamento di gas

I campioni rilasciati dalla camera di analisi del rilevamento di incendio vengono trasmessi alla camera di analisi del rilevamento di gas attraverso un tubo che ha le stesse caratteristiche di quello posato nel tunnel per il prelievo.

- Interfacciamento con il sistema di rilevamento di incendio nel locale

I rilevatori che garantiscono il rilevamento di incendio nei rami saranno collegati alla centrale principale. Il sistema di rilevamento di incendio nel locale si occuperà di radunare ai piedi di quest'ultimo i cavi provenienti dai suddetti rilevatori o dalle centrali secondarie alle quali possono anche essere collegati.

5.2 Analisi funzionale

Dopo aver descritto l'architettura, procediamo con un'analisi funzionale dell'impianto di rilevamento di incendio nel tunnel, in modo da considerare come si suddivide l'intelligenza tra i dispositivi del terreno, le unità di trattamento locale e il sistema di supervisione.

⁶ ERP : Edificio per il ricevimento del pubblico

5.2.1 Dispositivi di terra

Illustriamo e studiamo nel presente paragrafo i rilevatori che possiedono, in tutto o in parte, l'intelligenza del sistema.

L'insieme dei rilevatori dovrà avere la capacità di stabilire se il proprio livello di incrostazione è tale da permettere un funzionamento corretto. All'occorrenza, sarà previsto lo scatto di un allarme tecnico per prevenire il caso in cui il rilevatore sia troppo sporco per offrire buone prestazioni. In più, solo i rilevatori multipuntuali di fumo e il sistema di rilevamento lineare di calore saranno dotati di un'intelligenza locale più elaborata.

Per il sistema di rilevamento di fumo multipuntuale, la scatola di controllo procederà all'elaborazione dei risultati restituiti dalle ottiche di controllo al fine di determinare un tasso di offuscamento per metro. In funzione dei valori calcolati, scatterà un allarme. Allo stesso modo, il sistema sarà in grado di restituire un segnale di malfunzionamento. Infine il PCC potrà inviare un segnale in modo da fare scattare a distanza, tramite la centrale, la calibrazione della scatola di controllo. Il sistema dovrà essere in grado di inviare un allarme tecnico in caso di malfunzionamento del laser o incrostazione dell'impianto. Per determinare il proprio grado di incrostazione, il rilevatore esaminerà quello del filtro.

Per il sistema di rilevamento lineare di calore, la scatola di controllo analizzerà le variazioni di temperatura e farà scattare un allarme al superamento delle soglie parametrizzate. Tali soglie sono stabilite nelle prestazioni da raggiungere al paragrafo 3.5.2. Quando scatta l'allarme, la scatola di controllo determinerà anche la distanza alla quale si trova l'incendio rispetto al punto di riferimento che è costituito dall'ubicazione della scatola di controllo. Il segnale di allarme sarà trasmesso, attraverso un contatto privo di potenziale, alla centrale antincendio per l'invio al PCC.

5.2.2 Elaborazione locale

Dopo aver esaminato i rilevatori, ci occupiamo in questa sede delle funzioni garantite dalle unità locali di elaborazione.

La maggior parte dell'intelligenza sarà collocata al livello della centrale, ad eccezione, come abbiamo visto in precedenza, del sistema di rilevamento multipuntuale di fumo e di rilevamento lineare di calore. In questa sede tratteremo solo la parte che riguarda la centrale.

Se la centrale riceve un allarme per incidente da parte di uno dei sensori, collegato direttamente oppure tramite scatola di controllo, significa che è presente un fuoco. L'avvenimento sarà allora datato con relativi giorno e ora mentre l'insieme con il numero dell'ingresso che ha ricevuto il segnale sarà trasmesso al PCC attraverso la rete di telecomunicazione.

Se la centrale riceve un allarme tecnico da uno dei sensori, l'avvenimento sarà allora datato con relativi giorno e ora mentre l'insieme con il numero dell'ingresso che ha ricevuto il segnale sarà trasmesso al PCC attraverso la rete di telecomunicazione.

In più, per garantire elevate prestazioni dell'impianto, la centrale interrogherà ogni due ore l'insieme dei sensori allo scopo di verificare il loro funzionamento e quello della linea di comunicazione. In caso di mancata risposta, sarà generato un allarme tecnico. L'allarme sarà

allora datato con relativi giorno e ora mentre l'insieme con il numero dell'ingresso che ha ricevuto il segnale sarà trasmesso al PCC attraverso la rete di telecomunicazione.

Infine, se la centrale deve passare alla modalità « malfunzionamento », dovrà segnalarlo al PCC tramite invio di un allarme tecnico.

5.2.3 Sistema di supervisione

Per concludere, in questa sede procediamo allo studio delle funzioni garantite dal sistema di supervisione.

Per il rilevamento di incendio nella canna ferroviaria, che include i binari di stazionamento, la rete di teletrasmissione ricaricherà le informazioni restituite dalla centrale (allarme fuoco o allarme tecnico) al PCC senza alcuna elaborazione particolare.

Il sistema di supervisione, partendo dalle informazioni restituite dalla rete di teletrasmissione, dovrà essere in grado di esporre, tramite una combinazione di colori sul quadro sinottico dei tunnel, lo stato di ciascun sensore differenziabile per forma. I diversi stati sono i seguenti:

- Normale,
- Malfunzionamento,
- Allarme fuoco

In più, attraverso un semplice clic su un rilevatore, l'operatore potrà accedere ai dettagli delle informazioni conosciute dal dispositivo.

- Installazione,
- Data e ora degli allarmi non risolti,
- Tipo di sensore.

Infine un operatore che agisce sul sistema di supervisione potrà, attraverso il sistema di teletrasmissione, inoltrare un ordine per riarmare a distanza una centrale oppure trasmettere ordini ai sensori che possono essere guidati a distanza (es: calibrazione).

6. Quadro sinottico di installazione dei sensori, schema di architettura, piano dei dettagli

Fondandosi sulle mappe di base stabilite dal genio civile, il presente paragrafo definisce i piani di installazione degli impianti.

6.1 Architettura generale

La figura seguente presenta i diversi tipi di sensore - fumo e fiamme - all'interno di una sezione elementare di 1332 m.

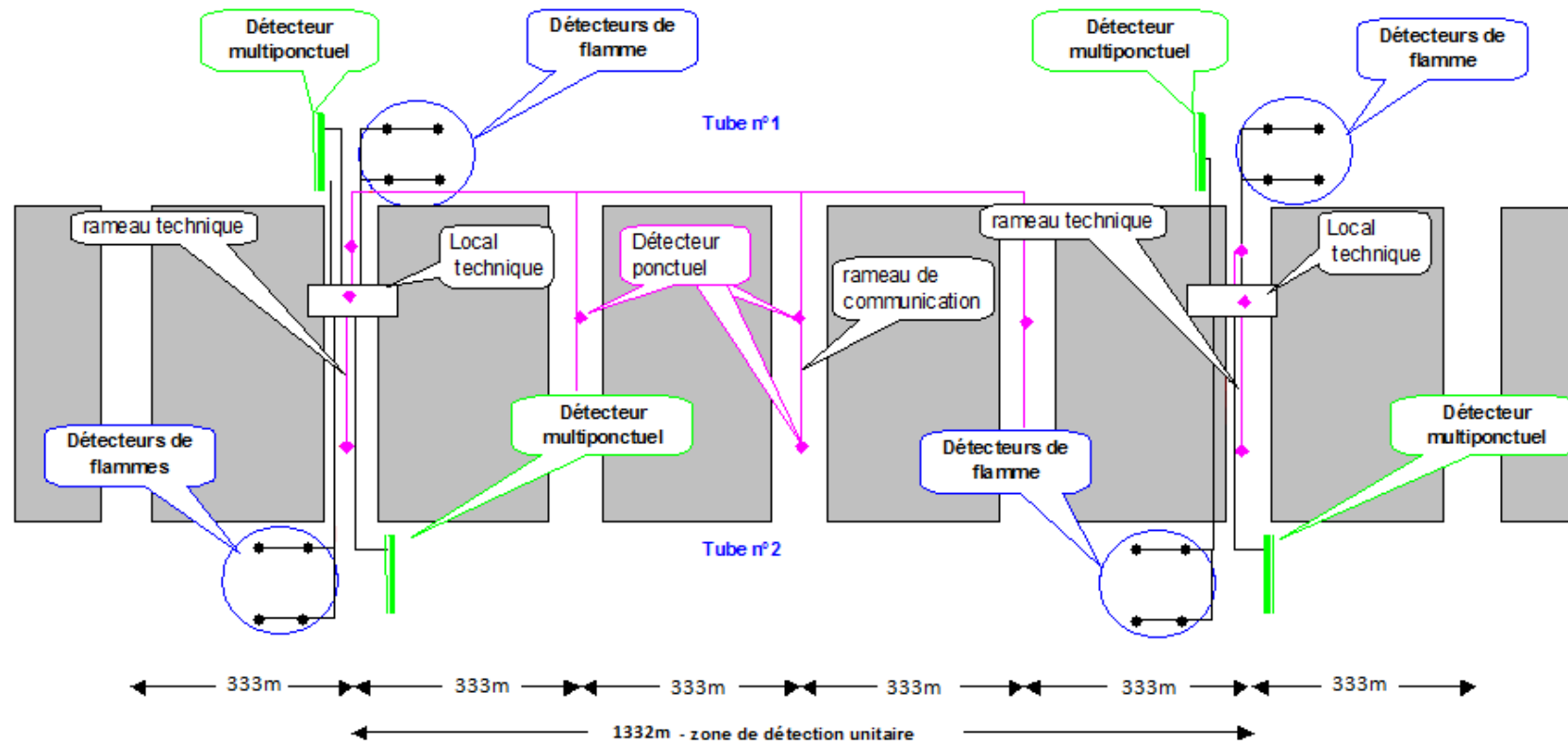


Figura18 - Schema di posizionamento dei sensori per il rilevamento di incendio nelle canne ferroviarie

La figura seguente illustra le comunicazioni tra i diversi tipi di rilevatore e la centrale antincendio installata in ciascun ramo tecnico.

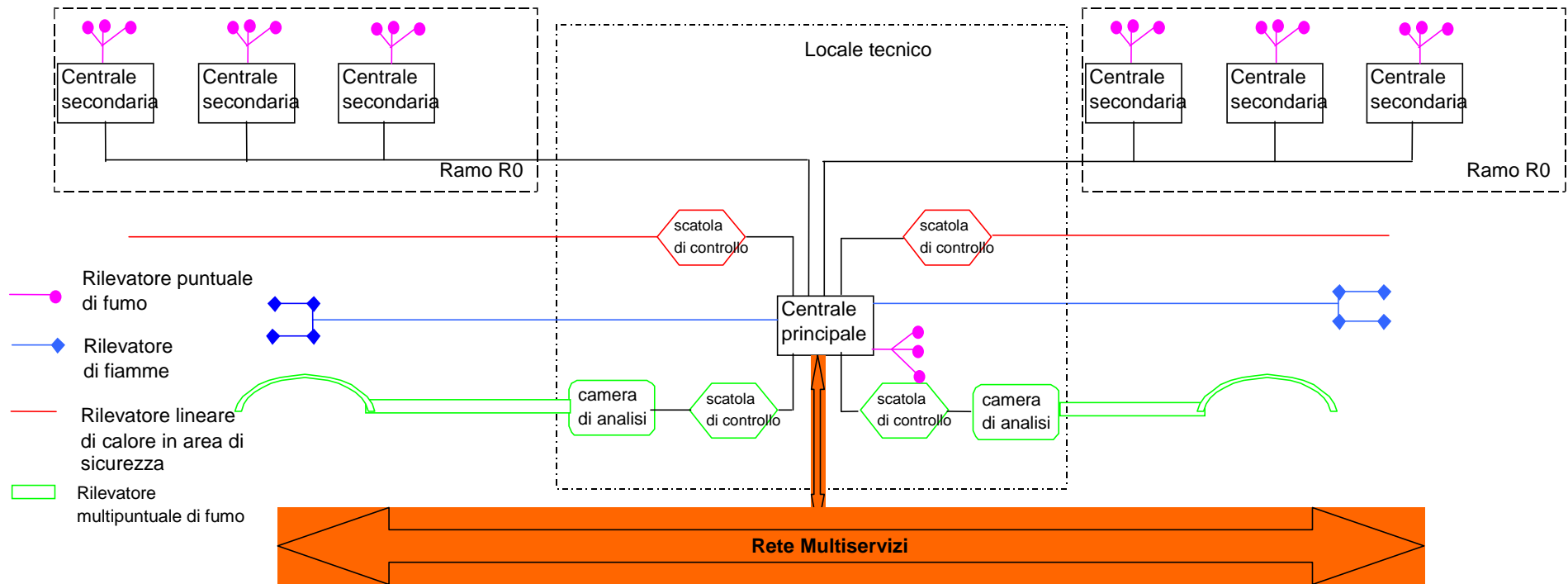


Figura 19 - Architettura centrale del sistema di rilevamento di incendio

6.2 Sezione trasversale a destra dei sensori

La figura seguente permette di vedere l'installazione dei dispositivi di sicurezza antincendio - fumo, fiamme e calore - su una sezione trasversale del tunnel.

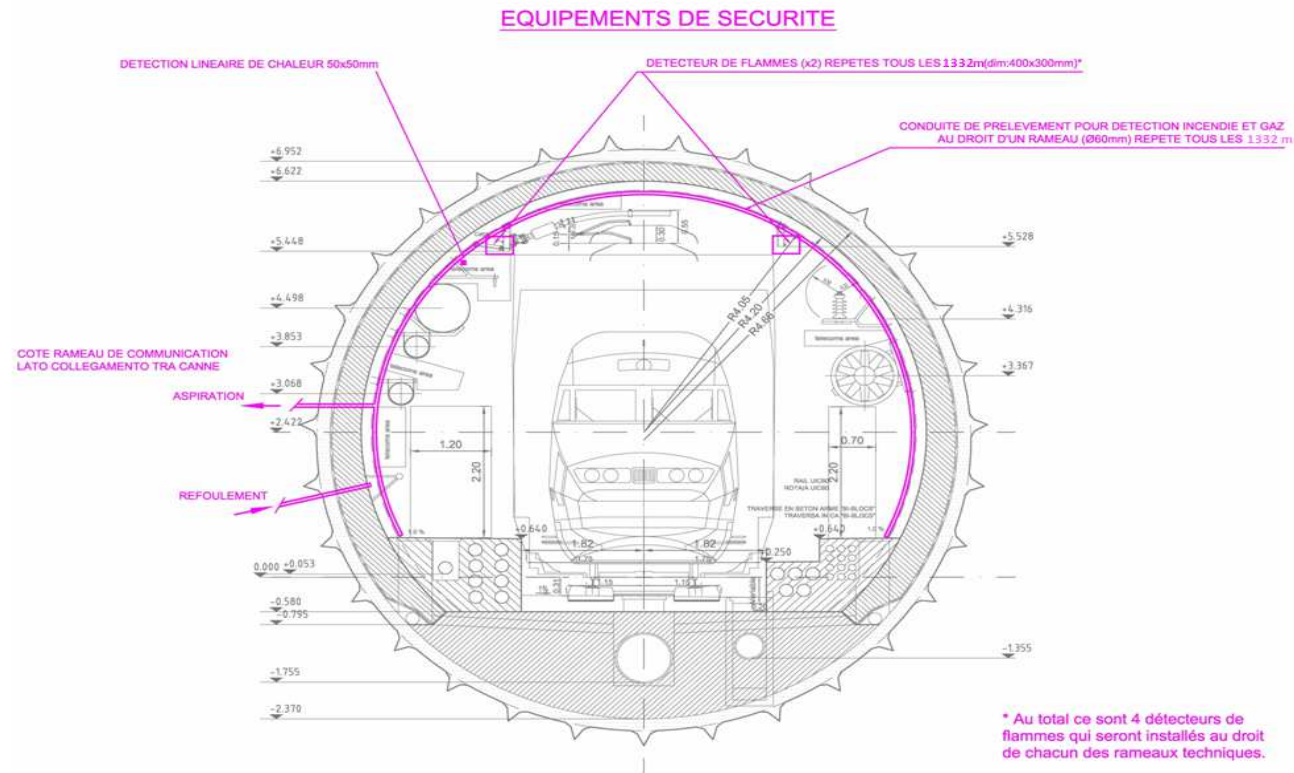


Figura 20 - Sezione trasversale nel tunnel per il sistema di rilevamento incendio e gas

Lo schema di installazione dei dispositivi di rilevamento di incendio è disponibile sul piano "Piani di installazione dei rilevatori di incendio tunnel".

7. Prescrizioni tecniche

Partendo da vincoli, prestazioni da raggiungere e architettura, il presente paragrafo definisce le specifiche tecniche dei diversi materiali che costituiscono il sistema di rilevamento di incendio nel tunnel.

7.1 Rilevatori di fiamme UV/IR2

- Elementi generali
 - o Norme da rispettare
 - EN 50121 (compatibilità elettromagnetica),
 - UIC 704 (compatibilità elettromagnetica),
 - EN 54-10 et EN 54-10/A1 (rilevatori puntuali di fiamme).
 - o Specifiche funzionali :
 - Angolo di veduta di 90°,
 - Rilevazione di fiamme di 5 cm durante lo spostamento a 220 km/h
 - Creazione di una zona di turbolenza aeraulica davanti all'ottica del sensore,
 - Analisi del tasso di incrostazione.
- Progettazione elettrica
 - o Alimentazione : 24Vdc (intervallo di funzionamento tra 15 e 32Vdc),
 - o Consumo massimo : 30 W quando l'alimentazione è di 24Vdc
- Ingressi / uscite
 - o Numero minimo di uscite : 3 contatti puliti (fuoco / cattivo funzionamento / ausiliario),
 - o Un ingresso con contatto pulito
- Progettazione meccanica
 - o Dimensioni massime del sensore e del supporto : (p*h*l) 400*300*300mm,
 - o Peso del sensore e del supporto compreso tra 1 e 15 Kg
- Vincoli di funzionamento (Temperatura / Umidità)
 - o Temperatura : da -40° a +75°C,
 - o Umidità relativa : da 0 a 95% .
- Altre
 - o Certificazioni :
 - IP66,
 - Atex zona 1 (gas e vapori).
 - o Garanzia : minimo 3 anni.

7.2 Rilevatore multipuntuale di fumo

7.2.1 Prelievo e rilascio

- Elementi generali
 - o Norme da rispettare
 - Criteri CIG sui cavi
 - EN 50121 (compatibilità elettromagnetica),
 - UIC 704 (compatibilità elettromagnetica),
 - EN 54-20 (rilevatore di fumo ad aspirazione)
 - o Specifiche funzionali
 - Impedire il rilascio dei campioni dopo il passaggio del treno,
 - Condurre i campioni fino alla camera di analisi,
 - Pulire automaticamente la rete di prelievo
 - Prelevare al massimo campioni ogni 1,5 m.

 - Progettazione elettrica
- Senza titolo
- Ingressi / uscite
 - o Gli ingressi / uscite non sono posizionati nel verso della corrente elettrica ma nel verso degli orifizi di prelievo e un'uscita è all'estremità del tubo.

 - Progettazione meccanica
 - o Diametro esterno di massimo 40 mm,
 - o Diametro degli orifizi di prelievo compreso tra 2 e 5 mm,
 - o Lunghezza massima del tubo 200 m,
 - o Non includere materiali sensibili al campo magnetico della catenaria o in grado di disturbarlo,
 - o Velocità del flusso d'aria inferiore a 6 m/s.

 - Vincoli di funzionamento (Temperatura / Umidità)
 - o Impedire la condensazione.

 - Altre
 - o Certificazioni :
 - IP46,
 - Atex zona 1 (gas e vapori).
 - o Garanzia : minimo 3 anni.

7.2.2 Camera di analisi ottica

- Elementi generali
 - o Norme da rispettare
 - EN 50121 (compatibilità elettromagnetica),
 - UIC 704 (compatibilità elettromagnetica),
 - Progetto di norma EN 54-20 (rilevatore di fumo ad aspirazione)
 - o Specifiche funzionali :
 - Sensibilità regolabile,
 - Superficie massima sorvegliata 1600 m²,
 - Individuare particelle di fumo di dimensione compresa tra 0,3 e 3 µm,
 - Rilevazione di concentrazioni di fumo inferiori a 300 ppm.
 - Rilevazione del fumo di un fuoco di 0,5MW durante lo spostamento a 220 km/h,
 - Eliminazione delle particelle di rame, cemento e acciaio,
 - Rilevare un cedimento del materiale.
- Progettazione elettrica
 - o Alimentazione : 24Vdc (intervallo di funzionamento tra 15 e 32Vdc),
 - o Consumo massimo : 30 W quando l'alimentazione è di 24Vdc
- Ingressi / uscite
 - o Il numero di uscite con contatto pulito è compreso tra 4 e 10,
 - o Il numero di ingressi con contatto pulito per configurazione è compreso tra 1 e 4.
- Progettazione meccanica
 - o Dimensioni massime : 350 * 225 * 125 mm (installazione in armadio rack),
 - o Peso compreso tra 2 e 10 Kg
- Vincoli di funzionamento (Temperatura / Umidità)
 - o Temperatura : da -10° a +50°C,
 - o Umidità relativa: da 10 a 90% senza condensazione.
- Altre
 - o Certificazioni :
 - IP46,
 - Atex zona 1 (gas e vapori).
 - o Garanzia : minimo 3 anni.

7.3 Rilevatore lineare di calore nell'area di sicurezza

- Elementi generali

- o Norme da rispettare
- EN 50121 (compatibilità elettromagnetica),
- UIC 704 (compatibilità elettromagnetica),
- Progetto di norma EN 54-22 (rilevazione lineare di calore)
 - o Specifiche funzionali :
- Precisione di 1 m
- Rilevazione di un'evoluzione di temperatura di 2°C in 10 s,
- Risoluzione minima in temperatura 1,5° C,
- Dominio di misura da : -40° a +100°C,
- Il cavo non deve essere sensibile al campo magnetico della catenaria o in grado di disturbarlo (non deve contenere elementi metallici),
- Le scatole di comando devono avere la capacità di gestire almeno 2 cavi.

- Progettazione elettrica

- o Alimentazione a 230V ac o 24V per la centrale antincendio,
- o Consumo inferiore a 100W.

- Ingresso / uscite

- o Il numero di uscite con contatto pulito è inferiore a 20,
- o Il numero di ingressi con contatto pulito per configurazione è compreso tra 1 e 4,
- o Inoltre potrà essere prevista una comunicazione TCP/IP o seriale del tipo RS232

- Progettazione meccanica

- o Lunghezza massima del cavo : 2km,
- o Dimensione massima del cavo, con attacchi : 50*50 mm,
- o Peso massimo del cavo : 500g/m,
- o Dimensioni massime della scatola di comando : 3U*19’’*350mm (installazione in armadio rack),
- o Peso massimo della scatola di comando : 16Kg.

- Vincoli di funzionamento della scatola (Temperatura / Umidità)

- o Temperatura : da 5 a +35°C,
- o Umidità relativa: da 10 a 90% senza condensazione.

- Altre
 - o Certificazioni :
- Cavo : IP66,
- Scatola di comando : IP64.
 - o Garanzia : minimo 3 anni.

7.4 Centrale antincendio

- Elementi generali
 - o Norme da rispettare
 - EN 50121 (compatibilità elettromagnetica),
 - UIC 704 (compatibilità elettromagnetica),
 - EN 54-2 (dispositivo di controllo e segnalazione)

 - o Specifiche funzionali
 - Generare di allarmi datati con giorno e ora e gestibili dal PCC,
 - Usare interfaccia per i comandi trasmessi dal PCC,
 - Verificare il buon funzionamento della linea e dei sensori,
 - Rilevare un malfunzionamento.

- Progettazione elettrica
 - o Alimentazione : 230Vac – 50Hz,
 - o Consumo massimo 250W.

- Ingressi / uscite
 - o Numero minimo di uscite con contatto pulito 2 per rilevatore collegate, ossia 82, e 3 contatti puliti per la centrale,
 - o Numero di ingressi con contatto pulito per trasmissione di informazioni al rilevatore configurabili tra 4 e 12,
 - o In più, sarà possibile prevedere un'uscita in TCP/IP.

- Progettazione meccanica
 - o Ingombro massimo 19"*15U*325mm (installazione in armadio rack),
 - o Peso inferiore a 30 Kg.

- Vincoli di funzionamento (Temperatura / Umidità)
 - o Temperatura : da -15° a +50°C,
 - o Umidità relativa : da 15% à 80% di umidità relativa.

- Altre
 - o Certificazioni :
- IP64.
 - o Garanzia : minimo 3 anni

7.5 Armadi rack per ospitare i dispositivi

- Elementi generali
 - o Norme da rispettare
 - EN 61587-1 (prove climatiche, meccaniche e aspetti di sicurezza),
 - EN 61587-1 (prove di funzionamento della schermatura elettromagnetica).
 - o Specifiche funzionali :
- Gli armadi rack saranno :
 - di tipo « appoggiato a terra »,
 - Accessibile anteriormente e posteriormente tramite sportello,
 - Accessibile lateralmente tramite pannello removibile.
- Gli sportelli saranno, a priori, pieni salvo che sia utile avere sportelli a vetrata per la visualizzazione degli indicatori ottici o dei display.
- Gli armadi rack dovranno essere provvisti di ripiani su guide di scorrimento laterali integrate internamente in modo da poter appoggiare un computer portatile di manutenzione. I ripiani si troveranno nella parte anteriore e nella parte posteriore dell'armadio. Quindi ci saranno due ripiani per sito.
- Progettazione elettrica
 - o L'armadio rack assicurerà la distribuzione elettrica dei dispositivi installati all'interno e saranno previsti dei disgiuntori per ogni dispositivo,
 - o Sarà disponibile una cornice di 4 prese a 230V.
- Progettazione termica
 - o Ogni staffa includerà un modulo di ventilazione di formato 19" che permette di mantenere una temperatura inferiore a 25° C all'interno dell'armadio rack,
 - o La ventilazione sarà assoggettata ad un termostato installato dentro l'armadio rack. La ventilazione scatterà quando la temperatura all'interno dell'armadio rack sarà superiore a 20°C.
- Vincoli di funzionamento (Temperatura / Umidità)
 - o Temperatura di funzionamento : da +5° a +50°C,
 - o Umidità relativa inferiore al 90%.
- Progettazione meccanica

- o Ingombro 48U*800’’*900 mm,
- o Formato dei rack 19
- Altre
 - o Certificazioni : IP23.
 - o Garanzia : minimo 3 anni.

8. Elementi di messa in opera e manutenzione

8.1 Messa in opera

Per la messa in opera, inizieremo a descrivere le operazioni sulle installazioni per proseguire con la manutenzione dell'impianto.

8.1.1 Descrizione

Considerata la portata della rete di prelievo, sembra inconcepibile trasportarla in un unico blocco. La rete sarà quindi composta da numerose parti componenti che possono essere assemblate direttamente nel tunnel. Per facilitare l'installazione della rete di prelievo, suggeriamo di installare il componente situato al di sopra della catenaria ferroviaria tra la posa del braccio di sostegno della catenaria e la catenaria stessa. Sarà posata sul soffitto e fissata tramite fascette distribuite ogni 2 metri. Gli altri componenti potranno essere posati in qualsiasi momento precedente alla messa in servizio del tunnel, coordinandosi con gli altri installatori.

Il tubo di prelievo dovrà essere messo in opera al centro della campata della catenaria e non dovrà essere posizionato in un'area di scambio (sezionamento elettrico) o a destra dei dispositivi anti-scorrimento della catenaria. Tutte le distanze di isolamento rispetto alla catenaria dovranno rispettare la norma EN 50122.

In più, spetterà al fornitore dell'impianto di rilevamento di incendio provvedere alle sigillature intorno alla tubazione, al fine di garantirne l'impermeabilità. La posa del raccordo di scarico sarà garantita dal fornitore responsabile dei dispositivi di rilevamento di gas. Occorre prevedere una coordinazione particolare tra i fornitori responsabili di antincendio e gas.

Il rilevamento lineare di calore sarà assoggettato agli stessi vincoli di messa in opera del raccordo tra la rete di prelievo e la centrale poiché sarà praticato un apposito orifizio per il passaggio dal ramo al tunnel.

Al termine dell'installazione, sarà eseguita una prova in condizioni reali. Per questo, ci si rivolgerà ad un'organizzazione esterna abilitata che dimensionerà i fuochi in funzione delle prestazioni da raggiungere, cioè quelle che sono state descritte nel presente documento al paragrafo 2.5.2.

8.2 Manutenzione

Partendo dagli elementi disponibili, stabiliamo in questa sede, per l'impianto di rilevamento di incendio nel tunnel, le operazioni da eseguire e la loro periodicità per quanto riguarda la manutenzione preventiva, correttiva ed eccezionale.

8.2.1 Preventiva

Definiamo in questa sede le esigenze di manutenzione preventiva per assicurare la durata perenne del sistema. Poiché il progetto è caratterizzato da numerose specificità, probabilmente i valori tra due manutenzioni saranno da regolare dopo un anno di esercizio.

- Rilevamento di fumo

Occorre prevedere una visita al complesso delle camere di analisi ogni due mesi e mezzo allo scopo di pulire i filtri. La pulizia sarà eseguita nel modo seguente: al momento della consegna dell'impianto saranno previste due serie di filtri affinché la squadra di manutenzione possa smontare i filtri sporchi e sostituirli con filtri puliti durante il tempo previsto per gli interventi, dopodiché i filtri sporchi saranno ripuliti all'esterno dei tubi e saranno usati come filtri puliti al momento dell'intervento successivo.

Ogni 18 mesi sarà effettuato un test sui rilevatori di fumo. Il protocollo del test dovrà essere definito al momento della negoziazione del contratto di manutenzione in modo che sia pienamente rispondente al materiale installato. Secondo la stessa frequenza, si procederà alla completa pulizia delle reti di prelievo.

La visita di manutenzione preventiva non deve disturbare il traffico.

- Rilevamento di fiamme

Durante i periodi di manutenzione previsti, occorre programmare la pulizia delle ottiche e del ventilatore ogni tre mesi.

Ogni 18 mesi sarà effettuato un test sui rilevatori di fiamme. Il protocollo del test dovrà essere definito al momento della negoziazione del contratto di manutenzione.

- Rilevazione lineare di calore

Non occorre formulare alcuna prescrizione riguardo alla manutenzione preventiva dell'impianto di rilevamento di calore, poiché non occorre prevedere alcun intervento particolare.

8.2.2 Correttiva

Considerati il numero dei dispositivi e la periodicità dell'approvvigionamento, l'insieme dei dispositivi elettronici dovrà essere disponibile a magazzino e in almeno in due esemplari sull'area LTF.

- Rilevamento di fumo e fiamme

In caso di malfunzionamento di un componente, si procederà alla sostituzione con un ricambio standard utilizzando un dispositivo presente a magazzino sull'area LTF dopodiché il componente sarà riparato e ricondizionato per fungere poi da nuovo pezzo di ricambio.

Ogni anno si provvederà a rinnovare tutti i filtri per il rilevamento del fumo.

- Rilevazione lineare di calore

In caso di incidente sul cavo di rilevamento lineare di calore, la parte difettosa sarà tagliata e sostituita da una parte nuova. La parte nuova sarà in seguito raccordata a quella esistente tramite scatola di giunzione. Queste operazioni saranno effettuate durante le ore dedicate alla manutenzione.

8.2.3 *Rinnovamento o manutenzione straordinaria*

Al termine del quindicesimo anno di esercizio, occorrerà procedere al completo rinnovamento dei dispositivi. Si preferirà un rinnovamento completo dei componenti elettronici e meccanici ad eccezione delle reti di prelievo. Per tali reti si penserà piuttosto ad una ristrutturazione, se necessaria.

9. Bilancio di potenza

Questo paragrafo presenta un bilancio di potenza relativo al sistema di rilevamento di incendio nelle canne ferroviarie. Esso mette in evidenza i dispositivi che si trovano nelle canne ferroviarie.

Considerando l'ipotesi che l'architettura elettrica Bassa Tensione si fonderà su TGBT posizionati nei locali tecnici dei rami di comunicazione, questo bilancio illustra l'esigenza in termini di potenza per ramo tecnico tipico.

Il bilancio di potenza seguente è stato stabilito considerando che tutti i dispositivi funzionano in contemporanea e che la loro alimentazione complessiva parte dai TGBT presenti nei rami R1.

| Designazione | Potenza unitaria (VA) | Quantità su una sezione di 1332 m composta da R1 e R0 | Consumo nominale su 1332 m |
|---|-----------------------|---|----------------------------|
| <i>Rilevamento di incendio nel tunnel</i> | | | |
| Centrale antincendio * | 250 | 4 | 1 000 |
| Interfaccia sensore/centrale | 450 | 2 | 900 |
| Ventola di aspirazione | 500 | 2 | 1 000 |
| Rilevatore di fumo | 30 | 20 | 600 |
| Rilevatore lineare di calore | 100 | 2 | 200 |
| Climatizzazione degli armadi rack | 3 500 | 1 | 3 500 |
| Presse elettriche degli armadi rack | 500 | 2 | 1 000 |
| Posto di comando centralizzato (PCC) | 1700 | - | - |

| | | | |
|---------------------------|-----|--|----------------|
| Riserva | 20% | | 1 640 |
| Totale per ramo | | | 9 840 |
| Totale per 44 rami | | | 432 960 |

Tabella 5 - Bilancio di potenza

* di cui tre nel ramo R0

10. Allegati

10.1 Allegato 1

| Esigenza | Tecnologia raccomandata |
|--|--|
| Rilevamento di fumo nel tunnel | Rilevatore ottico per misura di offuscamento |
| Rilevamento di fiamme nel tunnel | UV/IR2 |
| Rilevazione lineare di calore nel tunnel | Fibra laser |

Tabella6 - Tecnologie considerate

10.2 Allegato 2

| CODICE | DESIGNAZIONE | CLASSE INFLUENZA ESTERNA | CARATTERISTICHE |
|--------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| AA | Temperatura ambiente | 1 | -60° + 5° |
| | | 2 | -40° + 5° |
| | | 3 | -25° + 5° |
| | | 4 | - 5° + 40° |
| | | 5 | + 5° + 40° |
| | | 6 | + 5° + 60° |
| AB | Umidità * | | |
| AC | Altitudine (m) | 1 | ≤2000 |
| | | 2 | >2000 |
| AD | Presenza d'acqua | 1 | Trascurabile |
| | | 2 | Caduta di gocce d'acqua |
| | | 3 | Nebulizzazione d'acqua |
| | | 4 | Proiezione d'acqua |
| | | 5 | Getti d'acqua |
| | | 6 | Pacchetti d'acqua |
| | | 7 | Immersione |
| | | 8 | Summersione |
| AE | Presenza di corpi solidi estranei | 1 | Trascurabile |
| | | 2 | Piccoli oggetti (2,5 mm) |
| | | 3 | Piccolissimi oggetti |
| | | 4 | (1mm) Polveri |

Caractéristiques des détecteurs incendie en tunnel / Relazione tecnica dei rilevatori di incendio in galleria

| | | | |
|----|---|----------------------------|--|
| AF | Presenza di sostanze corrosive o inquinanti | 1 2 3 4 | Trascurabile Agenti atmosferici Intermittente o accidentale Permanente |
| AG | Vincoli meccanici, urti | 1 2 3 | Deboli Medi Importanti |
| AH | Vibrazioni | 1 2 3 | Deboli Medie Importanti |
| AJ | Altra pressione meccanica * | | |
| AK | Flora | 1 2 | Trascurabile Rischio |
| AL | Fauna | 1 2 | Trascurabile Rischio |
| AM | Influenze elettromagnetiche | 1 2 3 4 5 6 | Trascurabili Correnti vaganti Elettromagnetiche Ionizzanti Elettostatiche Induzione |
| AN | Sole | 1 2 | Trascurabile Notevole |
| AP | Sismico | 1 2 3 4 | Trascurabile Debole Medio Forte |
| AQ | Fulmini | 1 2 | Trascurabile Indiretti |
| AR | Vento * | | |
| BA | Competenza | 1 2 3 4 5 | Ordinari Bambini Disabili Abili Qualificati |
| BB | Resistenza * | | |
| BC | Contatto con il potenziale di terra | 1 2 3 4 | Assenti Deboli Frequenti Continui |
| BD | Evacuazione | 1 2 3 4 | Normali Difficili Intasate Lunghe e intasate |
| BE | Materie | 1 2 3 4 | Rischi trascurabili Rischi di incendio Rischio di esplosione Rischio di contaminazione |

| | | | |
|----|-----------|---|-------------------------|
| CA | Materiali | 1 | Non combustibili |
| | | 2 | Combustibili |
| CB | Struttura | 1 | Rischio trascurabile |
| | | 2 | Propagazione d'incendio |
| | | 3 | Movimenti |
| | | 4 | Flessibile |

Tabella7- Influenze esterne

L'IP corrisponde al grado di protezione fornito dalle guaine dei materiali elettrici (norma EN 60529).

L'IK corrisponde al grado di protezione fornito dalle guaine dei materiali elettrici contro gli impatti esterni (norma EN 62262).

A partire dalle varie designazioni, abbiamo ottenuto la seguente tabella per la definizione dei fattori d'influenza esterni.

10.3 Allegato 3

| Designazione | mini IP | mini IK | CONDIZIONI AMBIENTALI | | | | | | | | | | | | | | | | UTILIZZO | | | | |
|---|---------|---------|-----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|----|----|----|----|
| | | | AA | AB | AC | AD | AE | AF | AG | AH | AJ | AK | AL | AM | AN | AP | AQ | AR | BA | BB | BC | BD | BE |
| <i>Siti tecnici</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - LT in rami e siti d'intervento | 20 | 07 | 5 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | | 4 | | 3 | 2 | 1 |
| - LT pompaggio | 54 | 07 | 5 | | | 4 | 1 | 1 | 2 | 1 | | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | | 4 | | 3 | 2 | 1 |
| - LT nel tunnel (AT) | 55 | 07 | 5 | | 1 | 1 | 4 | 2 | 2 | 1 | | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | | 4 | | 3 | 2 | 1 |
| - LT all'esterno | 20 | 07 | 5 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | | 4 | | 3 | 1 | 1 |
| <i>Tunnel</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - Canne ferroviarie | 55 | 09 | 5 | | 1 | 5 | 4 | 2 | 3 | 3 | | 1 | 1 | 6 | 1 | 1 | 1 | | 1 | | 3 | 2 | 1 |
| - Rami , siti d'intervento e sale d'accoglienza | 55 | 09 | 5 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | | 3 | | 3 | 2 | 1 |
| Discenderie | 55 | 09 | 5 | | 1 | 5 | 4 | 2 | 3 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | | 2 | 2 | 1 |
| Esterno | 54 | 09 | 7 | | 1 | 4 | 4 | 1 | 3* | 2 | | 1 | 1 | 6 | 2 | 1 | 2 | | 1 | | 3 | 1 | 1 |
| PCC | 43 | 07 | 5 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | | 1 | | 2 | 1 | 1 |

Tabella 8 - Condizioni ambientali

* : per i dispositivi posizionati tra 0 et 2 m da terra.