

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 DE GAZ – RELAZIONE TECNICA CARATTERISTICHE DEI RIVELATORI DI GAS

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	2	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	03

ECHELLE / SCALA
-

Technimont
Civil Construction
Dott. Ing. Aldo Mancarella
Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R



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	7
1. INTRODUCTION	8
2. GLOSSAIRE	8
3. PRESENTATION DU SYSTEME DE DETECTION DE GAZ	9
3.1 Généralités	9
3.2 Objectif du système	9
3.3 Topologie et géométrie des ouvrages	9
3.4 Cadre réglementaire	10
3.4.1 Directives européennes et normes STI	11
3.4.2 Règles CIG	11
3.4.3 Autres normes	11
3.5 Recensement des contraintes et performances	12
3.5.1 Contraintes	12
3.5.1.1 Contraintes de sécurité	12
3.5.1.2 Contraintes d'environnement	12
3.5.1.3 Contraintes d'exploitation et de maintenance	13
3.5.1.4 Contraintes de réalisation	14
3.5.1.5 Contraintes d'évolutivité	14
3.5.2 Performances	14
4. ANALYSE DES TECHNOLOGIES	15
4.1 Détection de gaz explosifs	16
4.1.1 Technologie catalytique	16
4.1.1.1 Description	16
4.1.1.2 Avantages	16
4.1.1.3 Inconvénients	17
4.1.2 Technologie infrarouge	17
4.1.2.1 Description	17
4.1.2.2 Avantages	17
4.1.2.3 Inconvénients	18
4.1.3 Synthèse	18
4.2 Détection de gaz toxiques	18
4.2.1 Technologie électrochimique	18
4.2.1.1 Description	18
4.2.1.2 Avantages	19
4.2.1.3 Inconvénients	19
4.2.2 Technologie à base de semiconducteur	19
4.2.2.1 Description	19
4.2.2.2 Avantages	19
4.2.2.3 Inconvénients	20
4.2.3 Technologie analyseur	20
4.2.3.1 Description	20
4.2.3.2 Avantages	20
4.2.3.3 Inconvénients	20

4.2.4 Synthèse	21
5. ETUDE DE L'ARCHITECTURE ET ANALYSE FONCTIONNELLE.....	21
5.1 Architecture	21
5.1.1 Capteurs	21
5.1.2 Câbles de transmission et d'alimentation électrique.....	24
5.1.3 Centrales	25
5.1.4 Interfaces.....	25
5.2 Analyse fonctionnelle	25
5.2.1 Equipements de terrain	26
5.2.2 Traitement local	26
5.2.3 Système de supervision.....	26
6. SYNOPTIQUE D'IMPLANTATION DES DETECTEURS, SCHEMA D'ARCHITECTURE, PLAN DE DETAILS	27
6.1 Architecture générale.....	27
6.2 Coupe type au droit des capteurs	30
7. PRESCRIPTIONS TECHNIQUES	31
7.1 Détecteur de gaz explosifs	31
7.2 Analyseur de gaz toxiques	32
7.3 Centrale détection de gaz.....	33
7.4 Détecteurs portatifs	34
7.5 Masque présurisé	35
7.6 Baie d'accueil des équipements.....	35
8. ELEMENTS DE MISE EN ŒUVRE ET DE MAINTENANCE	36
8.1 Mise en œuvre.....	36
8.2 Maintenance.....	37
8.2.1 Préventive	37
8.2.2 Corrective.....	37
8.2.3 Rénovation ou maintenance extraordinaire	37
9. BILAN DE PUISSANCE.....	38
Nous avons compté 44 rameaux R1 et R1-2 dans les tunnels. Nous estimons donc que la totalité du système de prélèvement avec les capteurs consommera 44*9,2 kVA, soit 405 kVA.....	38
10. ANNEXES.....	38
10.1 Annexe 1	38
10.2 Annexe 2.....	39
10.3 Annexe 3.....	41
RESUME/RIASSUNTO	46
1. INTRODUZIONE	47
2. GLOSSARIO.....	47
3. PRESENTAZIONE DEL SISTEMA DI RILEVAMENTO DI GAS.....	48
3.1 Aspetti generali	48
3.2 Obiettivo del sistema	48
3.3 Topologia e geometria delle strutture	48
3.4 Norme regolamentari	49
3.4.1 Direttive europee e norme STI.....	50

3.4.2	Regole CIG	50
3.4.3	Altre norme	50
3.5	Elenco dei vincoli e prestazioni	51
3.5.1	Vincoli.....	51
3.5.1.1	Vincoli di sicurezza.....	51
3.5.1.2	Vincoli ambientali.....	51
3.5.1.3	Vincoli d'uso e manutenzione.....	52
3.5.1.4	Vincoli realizzativi.....	53
3.5.2	Prestazioni.....	53
4.	ANALISI DELLE TECNOLOGIE	54
4.1	Rilevamento di gas esplosivi	55
4.1.1	Tecnologia catalitica	55
4.1.1.1	Descrizione.....	55
4.1.1.2	Vantaggi	55
4.1.1.3	Inconvenienti.....	56
4.1.2	Tecnologia ad infrarossi.....	56
4.1.2.1	Descrizione.....	56
4.1.2.2	Vantaggi	56
4.1.2.3	Inconvenienti.....	57
4.1.3	Sintesi.....	57
4.2	Rilevamento di gas tossici	57
4.2.1	Tecnologie elettrochimiche.....	57
4.2.1.1	Descrizione.....	57
4.2.1.2	Vantaggi	58
4.2.1.3	Inconvenienti.....	58
4.2.2	Tecnologia a base di semiconduttori.....	58
4.2.2.1	Descrizione.....	58
4.2.2.2	Vantaggi	58
4.2.2.3	Inconvenienti.....	59
4.2.3	Tecnologia analizzatore	59
4.2.3.1	Descrizione.....	59
4.2.3.2	Vantaggi	59
4.2.3.3	Inconvenienti.....	59
4.2.4	Sintesi.....	60
5.	STUDIO DELL'ARCHITETTURA E ANALISI FUNZIONALE	60
5.1	Architettura	60
5.1.1	Sensori.....	60
5.1.2	Cavi di trasmissione e d'alimentazione elettrica.....	63
5.1.3	Centrali.....	64
5.1.4	Interfacce.....	64
5.2	Analisi funzionale.....	64
5.2.1	Apparecchiature di sito	64
5.2.2	Trattamento locale.....	65
5.2.3	Sistema di supervisione.....	65
6.	SCHEMA D'INSTALLAZIONE DEI SENSORI RILEVATORI, SCHEMA DELL'ARCHITETTURA, DISEGNO DI DETTAGLIO	66
6.1	Architettura generale	66
6.2	Sezione tipo dei sensori	69

7. SPECIFICHE TECNICHE.....	70
7.1 Sensore di rilevamento di gas esplosivi.....	70
7.2 Analizzatore di gas tossici.....	71
7.3 Centrale di rilevamento di gas.....	72
7.4 Sensori di rilevamento portatili.....	73
7.5 Maschera pressurizzata.....	74
7.6 Stazione di supporto delle apparecchiature.....	74
8. ELEMENTI D'INSTALLAZIONE E MANUTENZIONE.....	75
8.1 Installazione.....	75
8.2 Manutenzione.....	76
8.2.1 Preventiva.....	76
8.2.2 Correttiva.....	76
8.2.1 Modernizzazione o manutenzione straordinaria.....	76
9. BILANCIO DI POTENZA.....	77
Abbiamo contato 44 diramazioni R1 e R1-2 nelle gallerie. Prevediamo quindi che la totalità del sistema di prelievo con i sensori consumerà 44*9,2 kVA, ossia 405 kVA.....	77
10. ALLEGATI.....	77
10.1 Allegato 1.....	77
10.2 Allegato 2.....	78
10.3 Allegato 3.....	81

LISTE DES FIGURES / INDICE DELLE FIGURE

Figure 1 - Coupe type.....	14
Figure 2 - Principe du détecteur catalytique.....	16
Figure 3 - Principe détecteur infrarouge.....	17
Figure 4 - Principe détecteur électrochimique.....	18
Figure 5 - Principe détecteur à semi-conducteur.....	19
Figure 6 - Principe de circulation des échantillons.....	22
Figure 7 - Principe lieux d'analyse de gaz.....	27
Figure 8 - Principe de prélèvement.....	28
Figure 9 - Principe architecture détection de gaz.....	29
Figure 10 – Coupe type en tunnel pour le système de prélèvement.....	30
Figura 11 - Sezione tipo.....	53
Figura 12 - Principio del sensore di rilevamento catalitico.....	55
Figura 13 - Principio del sensore di rilevamento ad infrarossi.....	56
Figura 14 - Principio del sensore di rilevamento elettrochimico.....	57
Figura 15 - Principio di sensore di rilevamento a semiconduttore.....	58
Figura 16 - Principio di circolo dei campioni.....	61
Figura 17 - Principio luoghi d'analisi dei gas.....	66
Figura 18 - Principio di prelievo.....	67
Figura 19 - Principio architettura del sistema di rilevamento di gas.....	68
Figura 20 – Sezione tipo in galleria per il sistema di prelievo.....	69

LISTE DES TABLEAUX / INDICE DELLE TABELLE

Tableau 1 - Bilan de puissance.....	38
Tableau 2 – Technologies retenues	38
Tableau 3 – Influences externes	40
Tableau 4 – Conditions d’environnement	41
Tabella 5 - Bilancio di potenza.....	77
Tabella 6 – Tecnologie adottate	77
Tabella 7 – Influenze esterne.....	79
Tabella 8 – Condizioni ambientali	81

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.

L'objectif du système de détection de gaz toxiques et explosifs est de détecter l'apparition de particules de gaz en tubes ferroviaires.

Il est constitué de détecteurs à infrarouges pour les gaz explosifs et d'analyseurs ioniques pour les gaz toxiques.

Les détecteurs sont positionnés 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.

L'obiettivo del sistema di rilevazione di gas tossici ed esplosivi è di rilevare l'apparizione di particelle di gas in tubi ferroviari.

È costituito da rivelatori ad infrarossi per i gas esplosivi e da analizzatori ionici per i gas tossici.

I rivelatori sono piazzati 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 :
 - o La descenderie de Saint Martin la Porte,
 - o La descenderie de La Praz,
 - o Le site de sécurité souterrain de La Praz,
 - o Le puits de ventilation d'Avrieux,
 - o La descenderie de Modane,
 - o Le site de sécurité souterrain de Modane,
 - o Le puits de ventilation de Clarea,
 - o Le site de sécurité souterrain de Clarea,
 - o 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
GTC	Gestion Technique Centralisé
IK	Indice de résistance au chocs mécaniques
IP	Indice de Protection
LIE	Limite Inférieure d'Explosimétrie
LTF	Lyon Turin Ferroviaire
Ni-mH	Nickel-Metal Hydrure
PC	Personnel Computer
PCC	Poste de Commande Centralisé
PPB	Partie Pour Billion
STI	Spécifications Techniques d'Interopérabilité
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol
TGBT	Tableau Général Basse Tension
UIC	Union Internationale de Chemins de fer

3. Présentation du système de détection de gaz

Nous présenterons, ici, le système de détection de gaz 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 sera soumis et les performances à atteindre.

3.1 Généralités

Les convois de fret et d'autoroute ferroviaire sont susceptibles de transporter des produits à l'état gazeux. Malgré la qualité des contenants actuels, le risque d'une fuite reste non négligeable.

La détection de gaz vient compléter les équipements de sécurité mis en œuvre dans les tunnels. L'étude concerne ici la détection gaz toxiques et explosifs dans les tubes ferroviaires.

3.2 Objectif du système

L'objectif du système de détection de gaz toxiques et explosifs sera de détecter, au plus tôt, l'apparition de particules de gaz en tubes ferroviaires afin d'empêcher le train suiveur d'entrer dans le nuage de gaz.

3.3 Topologie et géométrie des ouvrages

Les ouvrages ayant un impact sur le système de détection de gaz 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 de gaz.

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 61779 relative aux systèmes de détection et d'alarmes de gaz,
- Série EN 50241 relative aux systèmes de détection et d'alarmes de gaz,
- EN 50271 : « Appareils électriques de détection et de mesure des gaz combustibles, des gaz toxiques ou de l'oxygène - Exigences et essais pour les appareils utilisant un logiciel et/ou des technologies numériques »,
- EN 838 : « Atmosphères des lieux de travail - Échantillonneurs par diffusion pour la détermination des gaz et vapeurs - Prescriptions et méthodes d'essai »
- EN 1146 : « Appareils de protection respiratoire pour l'évacuation - Appareils de protection respiratoire isolants autonomes à circuit ouvert, à air comprimé avec cagoule (appareils d'évacuation à air comprimé avec cagoule) - Exigences, essais, marquage »
- EN 61587 : « Structures mécaniques pour équipement électronique - Essais pour la CEI 60917 et la CEI 60297 - Partie 1 : essais climatiques, mécaniques et aspects de la sécurité des baies, bâtis, bacs à cartes et châssis »
- 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 de gaz.

- 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,
- 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 de gaz et considéré les ouvrages et règlements le contraignant, nous recensons les contraintes physiques auxquelles celui-ci est 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 :

Le lot C1, relatif aux études fonctionnelles de sécurité, stipule pour la détection incendie en tubes ferroviaires de :

- o Détecter la présence de gaz explosifs dans les tunnels avant la limite d'explosivité,
 - o Détecter les gaz toxiques ou groupe de gaz les plus dangereux,
 - o Déclencher une alarme au PCC en cas de détection de gaz.
-
- 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 et d'analyse devront être anti-déflagrants,
 - o Tous les câbles électriques et tuyaux, posés en tunnel pour la détection de gaz, devront ne pas contenir de matériaux :
 - Halogènes,
 - Propagateurs d'incendie,
 - Emetteurs de fumées toxiques.

3.5.1.2 Contraintes d'environnement

Les contraintes d'environnement énoncées ci-après seront celles en tube ferroviaire.

- 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,
- 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 32°C,
- Hygrométrie inconnue,

- Les vibrations engendrées par le passage du train seront importantes,

Le tableau des influences externes inspiré de la CEI 364-3 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 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**

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.

- **Corrective :**

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

- **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 de gaz dans les tubes sera contraint par l'ensemble des autres équipements préconisés par les différents systèmes. Ces équipements apparaissent sur la coupe suivante :

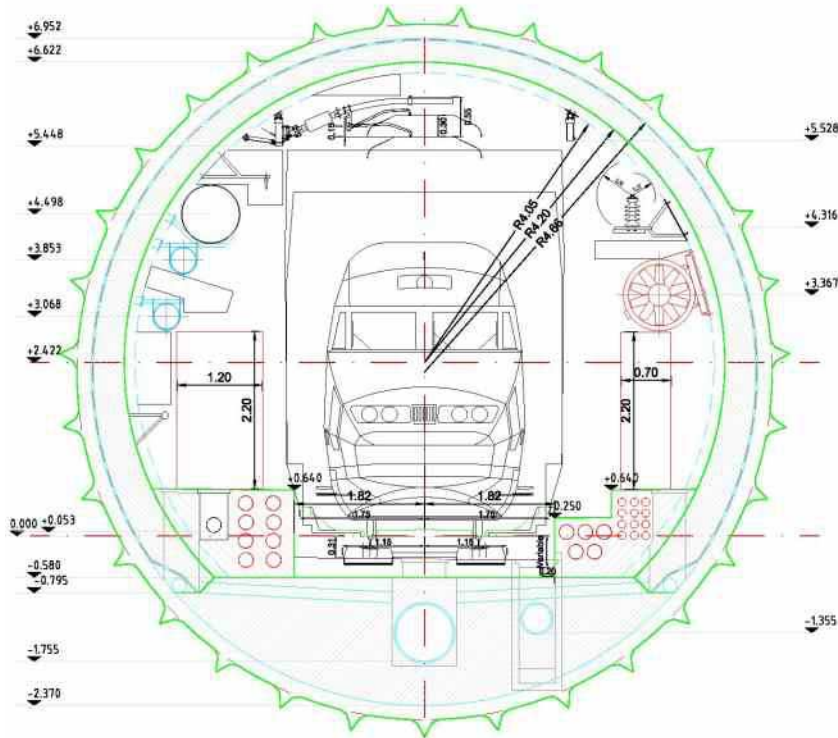


Figure 1 - Coupe type

De même, l'emplacement disponible pour implanter les équipements de traitement de la détection de gaz, 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.

3.5.2 Performances

Après avoir regardé les différentes contraintes auxquelles est soumis le système de détection de gaz, 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.

- 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, pour la toximétrie, des concentrations supérieures à 1 ppm¹,
- o Détecter, pour l'explosibilité, des concentrations supérieures à 5% en volume de la LIE.

- Exploitation

- o Déclencher une alarme, pour la toximétrie, dès que la concentration atteindra 3 ppm,
- o Déclencher une alarme, pour l'explosimétrie, dès que la concentration du gaz de référence atteindra 10% en volume de sa LIE²,
- o Les détecteurs de toximétrie et d'explosibilité devront pouvoir analyser le mélange présent dans la chambre d'analyse en 15 s et déclencher une alarme en cas de présence de gaz,
- o Déclencher une alarme au plus tard 1 min 30 s après le passage du train.

- 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 de gaz, nous comparons les différentes technologies du marché. Pour cela nous effectuons une brève description fonctionnelle avant d'en énoncer les avantages et inconvénients.

¹ ppm : Partie Par Million

² LIE : Limite Inférieure d'Explosimétrie

L'ensemble des technologies retenues sera repris en Annexe 1.

4.1 Détection de gaz explosifs

La détection de gaz est une activité assez récente, elle s'est cependant relativement bien développée pour les sites pétrochimiques.

Pour les tunnels, seuls les gaz explosifs sont détectés à l'aide d'explosimètre. Nous comparerons ici deux technologies permettant de détecter les gaz explosifs. Ces deux types de détecteurs doivent être installés dans l'endroit où sera présent le mélange de gaz à analyser.

4.1.1 Technologie catalytique

La première technologie, permettant de détecter la présence de gaz explosifs, est catalytique. Nous la décrirons puis regarderons ses avantages et ses inconvénients afin de la comparer avec l'infrarouge que nous étudierons par la suite.

4.1.1.1 Description

Le mélange gazeux est capté au travers d'un capillaire. Il pénètre ensuite dans une chambre pour être analysé. La chambre d'analyse est composée de deux électrodes différentes et chauffées à haute température.

La présence du mélange gazeux déstabilise l'équilibre des deux électrodes et provoque une différence de tension à la sortie du capteur déclenchant ainsi une alarme.

Le principe de fonctionnement est repris sur la figure suivante.

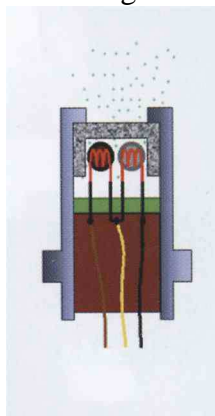


Figure 2 - Principe du détecteur catalytique

Les détecteurs catalytiques sont conçus pour pouvoir détecter tous les gaz possédant des caractéristiques d'inflammabilité (de l'hydrogène aux composés carbonés). Un calibrage du détecteur sur le produit qui réagit le moins bien permettrait de couvrir une large gamme de gaz et vapeurs explosives. De façon standard, les détecteurs déclenchent une alarme à partir de 20% de la limite inférieure d'explosivité (LIE). Enfin le temps de réaction est standard, et de l'ordre de 15s.

4.1.1.2 Avantages

En choisissant un alcane comme gaz de référence pour étalonner le détecteur, on a la possibilité de détecter quasiment l'ensemble des gaz explosifs avec un seul détecteur. Par ailleurs son fonctionnement étant simple, il ne se dérègle pas facilement. Il offre ainsi une

grande stabilité dans le temps. Enfin ce type de détecteur est le moins chère pour la détection d'explosivité.

4.1.1.3 Inconvénients

Etant paramétré pour un gaz, le temps de réaction est optimal pour celui-ci et moins pour les autres. On notera également que la présence de certains composés inhibe le détecteur. La liste varie d'un fournisseur à l'autre, cependant on citera le silicone qui est commun à tous.

4.1.2 Technologie infrarouge

Après avoir étudié la technologie catalytique, regardons l'infrarouge, toujours pour la détection de gaz explosifs.

4.1.2.1 Description

Le détecteur infrarouge est placé dans le milieu soit sous forme de capteur ponctuel soit sous forme de barrière. Dans les deux cas, le mélange gazeux traverse une zone entre des émetteurs et récepteurs infrarouges. Généralement l'aérosol³ coupe le rayonnement infrarouge émis par deux sources différentes. Si au moins une des longueurs d'onde produites par les sources, est absorbée, même partiellement, le détecteur en déduit la présence de gaz explosifs.

La figure suivante reprend ce principe.

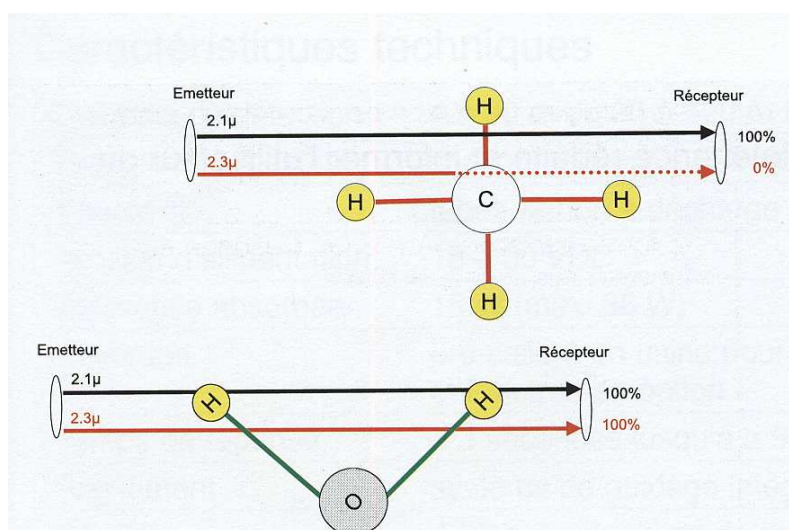


Figure 3 - Principe détecteur infrarouge

Ce type de détecteur offre un temps de réaction standard, de l'ordre de 15s.

4.1.2.2 Avantages

Les détecteurs infrarouges ont une grande sensibilité de mesure, ils sont, au mieux, capables de déclencher une alarme à partir de 2% en volume de la LIE. Il n'existe pas de gaz

³ Aérosol : Suspension dans un milieu gazeux (l'air ou tout autre gaz) de particules colloïdales solides ou liquides.

interférents qui inhiberait le capteur. Enfin ces capteurs ont un besoin en maintenance faible, un nettoyage annuel suffit.

4.1.2.3 Inconvénients

En revanche, les cellules infrarouges ne détectent pas la présence d'hydrogène qui revêt un caractère explosif.

4.1.3 Synthèse

Pour satisfaire à la contrainte de 10% en volume de la LIE, énoncée au paragraphe 2.5.2, nous retiendrons la technologie infrarouge, et ceci bien qu'il ne détecte pas l'hydrogène et présente un coût plus élevé. Cependant, vu les turbulences produites par le passage du train, l'installation d'une barrière infrarouge ne semble pas appropriée dans les tubes, de peur que les optiques ne perdent leur alignement, nous utiliserons donc des détecteurs ponctuels.

4.2 Détection de gaz toxiques

La détection de gaz toxiques en tunnel ferroviaire n'en est qu'à ses balbutiements. A l'heure actuelle, le tunnel suisse du Lötschberg mène des expériences. Les systèmes sont globalement conçus pour ne détecter qu'un seul gaz. Nous étudierons les différentes technologies qui existent – électrochimique, semi-conducteur, analyseur – afin d'essayer de détecter le plus de gaz possibles avec le minimum d'équipements et le maximum de précision.

4.2.1 Technologie électrochimique

Nous commencerons par regarder la technologie la plus répandue, l'électrochimique

4.2.1.1 Description

Une cellule électrochimique est constituée d'une membrane au travers de laquelle transite le gaz polluant, d'un électrolyte liquide et de trois électrodes. La présence du gaz dans l'électrolyte génère une réaction d'oxydoréduction à l'origine d'un courant électrique proportionnel à la quantité de molécules de gaz oxydées. Lorsque ce courant est détecté, en fonction de la sensibilité choisie, le détecteur passe en alarme. La figure suivante reprend ce principe. Pour pouvoir détecter la cellule doit présente dans l'environnement où se trouve le mélange gazeux.

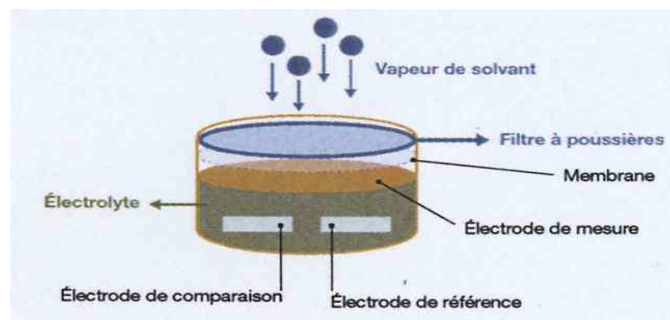


Figure 4 - Principe détecteur électrochimique

4.2.1.2 Avantages

Les différentes cellules électrochimiques offrent la possibilité de détecter une large gamme de gaz toxiques. Ce type de capteur offre un coût très faible, c'est le moins cher du marché. Enfin son temps de réaction est légèrement meilleur que les autres et est de l'ordre de 10s.

4.2.1.3 Inconvénients

Les cellules électrochimiques sont différenciées par gaz ou famille de gaz. Pour identifier plusieurs gaz différents, il est donc nécessaire d'avoir autant de cellules que de gaz à détecter. Comme la sélectivité n'est pas parfaite (réaction à la présence d'autres gaz toxiques), les cellules électrochimiques déclenchent aussi des alarmes pour des gaz qu'elles ne sont pas censées détecter (il est néanmoins nécessaire de préciser que les autres gaz détectés sont eux aussi toxiques).

Un remplacement des cellules de détection d'un détecteur est à prévoir tous les 2-3 ans.

4.2.2 Technologie à base de semiconducteur

Après avoir étudié le détecteur le plus courant, nous regarderons un détecteur utilisé en complément de l'électrochimique : le semiconducteur.

4.2.2.1 Description

Le capteur équipant ce dispositif est constitué d'une couche sensible, un oxyde métallique. Lors de l'absorption des molécules de gaz, la résistivité électrique de la couche, mesurée par le boîtier, est modifiée. Le capteur détecte cette modification de sa résistivité et déclenche une alarme. Pour pouvoir détecter, le détecteur doit baigner dans le mélange gazeux.

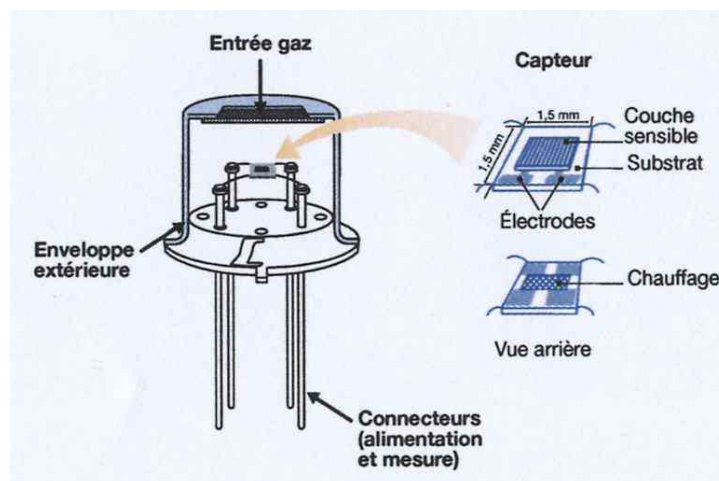


Figure 5 - Principe détecteur à semi-conducteur

4.2.2.2 Avantages

Le détecteur à semiconducteur offre un temps de réponse quasi-instantané en présence du gaz à détecter. Par ailleurs, le coût à l'achat est très faible. Enfin il ne nécessite que très peu d'entretien.

4.2.2.3 Inconvénients

En revanche, sa durée de vie est nettement diminuée par les contaminations, dues à chaque détection. En effet, la couche sensible réagit chimiquement à chaque détection et perd de sa sensibilité. De plus, ces détecteurs sont sensibles à de nombreux gaz sans les différencier.

4.2.3 Technologie analyseur

Après avoir étudié les technologies électrochimiques et semiconducteurs, nous allons regarder de plus près l'analyseur qui est normalement utilisé par les industries chimiques ou l'armée pour quantifier la concentration des gaz en présence.

4.2.3.1 Description

Plusieurs technologies permettent d'obtenir une analyse, c'est à dire une mesure de la concentration des différents composés d'un mélange gazeux. Parmi elles, une ionisation du mélange prélevé.

Le gaz est guidé dans une chambre dite de réaction où il est ionisé par une faible source radioactive. Périodiquement des ions passent dans une seconde chambre où ils sont accélérés et où les temps pour la traverser sont mesurés. Ces temps sont caractéristiques d'un seul et unique gaz.

Un courant, proportionnel à la concentration du gaz, est généré à la sortie de la seconde chambre. L'apparition d'un courant à chaque arrivée de ceux-ci permet de connaître le temps de parcours dans la chambre.

Un algorithme permet ensuite de déterminer par comparaison des temps de sortie le gaz présent ainsi que sa concentration. Le temps de d'analyse standard est de l'ordre de 15s.

4.2.3.2 Avantages

L'analyseur offre la possibilité de détecter de très faibles concentrations de gaz de l'ordre de quelques ppb⁴.

En effet, dans le cas du ionique, il suffit d'avoir un très faible courant généré pour détecter un gaz. Par ailleurs, comme deux gaz n'ont pas les mêmes temps de parcours, l'appareil offre une très grande sélectivité.

De plus, son entretien en mode normal de fonctionnement est faible et il a été implanté en phase de test pendant six mois dans le tunnel suisse du Lötschberg pour détecter le chlore et l'ammoniac.

Enfin il offre une durée de vie de plusieurs années (supérieure à 10 ans).

4.2.3.3 Inconvénients

En revanche, sa mise en œuvre est longue et difficile à cause des nombreux réglages à effectuer.

De plus, vu les technologies mises en œuvre, le coût à l'achat est plus important que pour les autres technologies, de l'ordre de 50 fois.

Enfin le volume occupé par l'appareil nécessite un positionnement en local technique.

⁴ PPB : Partie par Billion

4.2.4 Synthèse

Compte tenu du coût élevé, des difficultés de mise en oeuvre et du fait que cette technologie ne soit pas de nos jours encore éprouvée, nous ne retiendrons pas la technologie analyseur. La large gamme de détection de gaz toxique ainsi que la rapidité de détection proposé par la technologie électrochimique nous permet d'atteindre les caractéristiques et performances désirées. Nous retiendrons donc cette solution. Les différents capteurs électrochimique seront intégrés dans une chambre d'analyse.

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 de gaz.

Ceci permet d'en décrire précisément les constituants et les lieux où est située l'intelligence du système.

5.1 Architecture

Nous commençons par d'écrire l'architecture en nous penchant sur les capteurs, puis les câbles d'alimentation électrique et de transmissions 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 sera identique. Les centrales elles seront communes aux deux tubes.

5.1.1 Capteurs

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

Pour la détection de gaz (toxiques et explosifs), il est apparu non réaliste d'effectuer une détection continue dans les tubes, ce qui implique au minimum un détecteur tous les 10 m. Compte tenu des vitesses des trains, et des volumes nécessaires pour effectuer la détection, un pas de détection de 1332 m a été jugé satisfaisant, permettant ainsi une installation des équipements dans les locaux techniques.

Le système de détection de gaz sera un système de détection multiponctuel. Ce choix a été guidé par l'impossibilité, compte tenu des contraintes, d'installer des équipements de détection à l'intérieur des tubes ferroviaires. Il sera donc composé de quatre sous systèmes, le premier pour le prélèvement des échantillons de gaz, le second pour analyser l'explosibilité, le troisième pour l'étude de la toxicité de ces dits échantillons, le quatrième pour le rejet des échantillons analysés.

L'ensemble des équipements sera visible sur la figure 6 : « Principe de circulation des échantillons ».

Par ailleurs afin de protéger les personnes se déplaçant dans le tunnel pour la maintenance ou pour l'évacuation des passagers, nous détaillerons ensuite les mesures à mettre en œuvre.

- Le prélèvement des échantillons de gaz

Ayant un pas identique pour la détection de fumée et la détection de gaz (toxiques et explosifs), afin de réduire les coûts, le système de détection de gaz viendra se placer à la suite de celui de la détection de fumée. Ceci implique que le réseau de prélèvement dans le tube sera commun aux deux systèmes.

Les échantillons captés seront analysés par le détecteur de fumée puis transiteront jusqu'au détecteur de gaz explosifs avant de poursuivre vers le détecteur de gaz toxiques.

Enfin ils seront évacués dans le tube où ils ont été captés. La figure suivante reprend ce principe. Les échantillons prélevés étant filtrés par le système de détection de fumée, il ne sera pas nécessaire d'intercaler un filtre supplémentaire.

Le système de prélèvement est décrit dans le document concernant la détection incendie en tunnel. Le système de prélèvement devra fournir un flux d'air dont la vitesse est inférieure à 6 m/s.

Compte tenu des matières dangereuses admises, les tuyaux assurant le lien entre les différents organes de détection seront anti-déflagrants.

La figure suivante fait apparaître l'ordre suivant pour les détecteurs : fumée, explosibilité, toxicité. Seule la place de la détection de fumée est importante, dans la mesure où elle intégrera des filtres performants pour éliminer les particules polluantes liées à l'exploitation du tunnel.

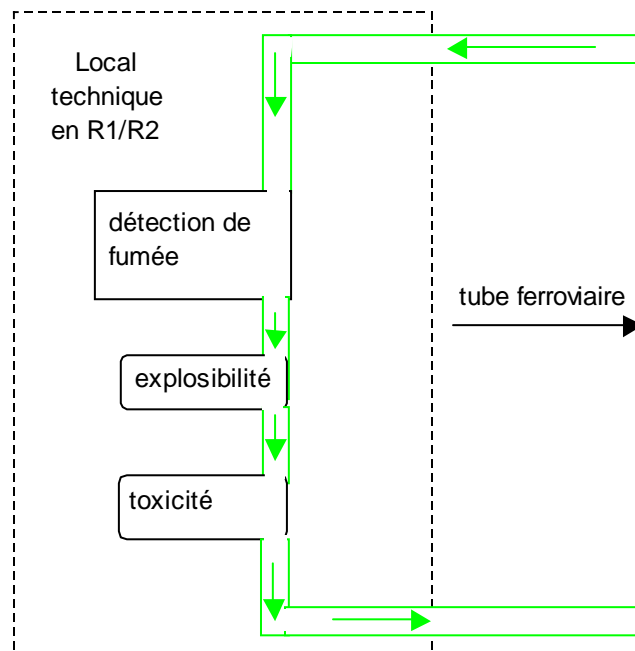


Figure 6 - Principe de circulation des échantillons

- Analyse de l'explosibilité

En sortant du détecteur de fumée, les échantillons seront analysés par l'explosimètre avant que soit analysée leur toxicité. La détection d'explosibilité sera réalisée avec un détecteur infrarouge calibré sur la LIE de l'octane. Celui-ci sera relié à une centrale ou une chambre d'analyse de gaz qui se chargera du traitement des informations retournées.

Compte tenu des matières dangereuses admises dans les tunnels et pouvant être véhiculées par le système de prélèvement, la cellule de détection devra être anti-déflagrante.

On laissera le choix à l'installateur, en fonction des caractéristiques des détecteurs, de créer une chambre pour placer le détecteur, ou de placer les capillaires à même le tube reliant le détecteur de fumée et celui de toxicité.

Il y aura autant de cellule de détection de gaz explosifs qu'il y a de rameaux techniques. Par ailleurs, il faudra rajouter deux cellules de détection en entrée et en sortie de la voie d'évitement de Modane. Cette détection s'effectuera également à la suite de la détection de fumée.

- Analyse de la toxicité

Après avoir analysé l'explosibilité des échantillons, le détecteur suivant analysera leur toxicité.

Celle-ci sera réalisée par un analyseur à 8 gaz capable de détecter les gaz suivants :

- o Hydrogène,
- o Phosphine,
- o Monoxyde de carbone,
- o Arsine,
- o Fluorure d'hydrogène,
- o Cyanure d'hydrogène,
- o Ammoniac,
- o Chlore.

Cette liste de gaz a été établie à partir des gaz toxiques par inhalation bien qu'aucune analyse de risque ne nous est été transmise. Après des recherches, nous avons retenu ceux qui peuvent se dégager suite à une fuite en contact avec de l'air ou de l'eau et sans tenir compte d'une quelconque probabilité d'apparition.

La chambre d'analyse sera reliée à la centrale incendie.

Afin de garantir son bon fonctionnement, le système devra pouvoir analyser son encrassement en analysant celui de son filtre. De plus compte tenu des matières dangereuses admises dans le tunnel et pouvant être véhiculées par le système de prélèvement, la chambre d'analyse devra être anti-déflagrant.

La détection de gaz étant vue comme un ensemble, il y aura autant de lieux de détection de gaz explosifs que de toxiques.

- Rejet des échantillons analysés

Après analyse les échantillons seront renvoyés vers le tube où ils ont été prélevés par l'intermédiaire d'un tuyau de diamètre 25 mm et anti-déflagrant. Ce dernier se terminera par un clapet anti-retour.

- Individu évoluant dans les tubes

Par ailleurs, bien que ne rentrant pas dans notre étude, il nous semble opportun d'évoquer le cas où des individus évoluent dans les tubes ferroviaires.

Pour les agents chargés de la maintenance, comme pour les conducteurs de trains, nous préconisons l'emploi de détecteurs portatifs capables de détecter 5 gaz.

Les cinq gaz suivants ont été définis à partir de la liste des gaz à détecter dans l'ouvrage :

- o Gaz explosifs,
- o O₂
- o Monoxyde de carbone,
- o Phosphine,
- o Ammoniac.

De plus, comme le conducteur du train est chargé d'assurer l'évacuation des passagers, celui-ci sera donc amené à passer plus de temps dans un milieu vicié, il devrait donc être protégé par un masque en surpression d'une durée d'autonomie de 15 minutes. Il est peut être également intéressant de vérifier si le véhicule Sonia doit être équipé en nombre suffisant de ce type de masque.

- Interface interne au système

Les capteurs d'explosibilité, reliés directement à la centrale le seront par l'intermédiaire d'un contact libre de tout potentiel. Par ailleurs, pour l'analyseur, la communication sera assurée par l'intermédiaire d'une interface série de type RS232.

5.1.2 Câbles de transmission et d'alimentation électrique

Après avoir étudié l'architecture des capteurs, nous voyons ici comment ceux-ci sont reliés aux autres équipements.

La centrale gaz, commune pour les gaz toxiques et explosifs, sera reliée d'une part à l'ensemble des capteurs, et d'autre part, au point de concentration GTC. 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 circulation des échantillons étant partiellement implanté dans les tubes ferroviaires, il respectera les mêmes contraintes que celles imposées aux câbles.

5.1.3 Centrales

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

Afin de minimiser le nombre d'équipements dans les locaux techniques des tunnels, la centrale de détection de gaz sera commune à la détection de gaz toxiques et explosifs, et implantée tous les 1332 m soit dans chaque local technique.

Pour satisfaire ceci, la centrale devra avoir un nombre suffisant d'entrées pour gérer les alarmes techniques et d'incidents des deux capteurs d'explosibilité et des capteurs de toxicité (ces chiffres tiennent compte des deux tubes).

Enfin, la centrale devant communiquer avec la GTC pour remonter les informations, elle devra avoir des sorties en nombre suffisant pour pouvoir générer les alarmes incidents et techniques.

5.1.4 Interfaces

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

- Alimentation électrique

L'alimentation de la centrale et des capteurs sera assurée par une alimentation secourue sans coupure en 230V, la centrale se chargeant d'alimenter les capteurs ponctuels.

- Systèmes échangeant avec la GTC

Seule la centrale de détection de gaz communique avec la GTC. Elle lui sera connectée via des contacts secs reliés à un module entrées / sorties déporté ou bien elle devra pouvoir communiquer directement avec le PCC via le réseau de télétransmission auquel elle sera raccordée.

- Interface avec la détection incendie en tunnel

Les échantillons transmis pour l'analyse du gaz proviennent de la détection incendie qui a assuré leur prélèvement et qui les a analysés. Le transport s'effectue via un tube ayant les mêmes caractéristiques que celui posé pour le refoulement vers le tunnel.

5.2 Analyse fonctionnelle

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

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.

Le chambre d'analyse effectue le traitement des signaux retournés par les capteurs afin de déterminer d'une part le gaz en présence et d'autre part, sa concentration. Ceci permettra de déclencher une alarme lorsque nécessaire.

5.2.2 Traitement local

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

Pour la détection de gaz, la centrale sera le lieu principal de l'intelligence. Elle analysera, en effet, les signaux retournés par les capteurs et déclenchera les alarmes (présence de gaz ou dérangement). Elle sera capable de différencier les signaux correspondant aux alarmes techniques et ceux correspondant à la présence de gaz. Dès réception d'un signal, la centrale générera une alarme horodatée qu'elle transmettra à la GTC avec le type d'alarme (technique ou incident), le type de détecteur qui a déclenché et le tube incriminé.

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 la GTC, 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 de gaz, le réseau de télétransmission remontera les informations retournées par la centrale (alarme présence de gaz ou alarme technique) au PCC sans traitement particulier.

La GTC aura alors en charge d'afficher sur le synoptique général des équipements de sécurité contrôlé par la GTC l'état des différents capteurs :

- Normal,
- Défaut,
- Présence gaz.

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 le lieu d'implantation de la détection de gaz au sein d'une section élémentaire de 1332m.

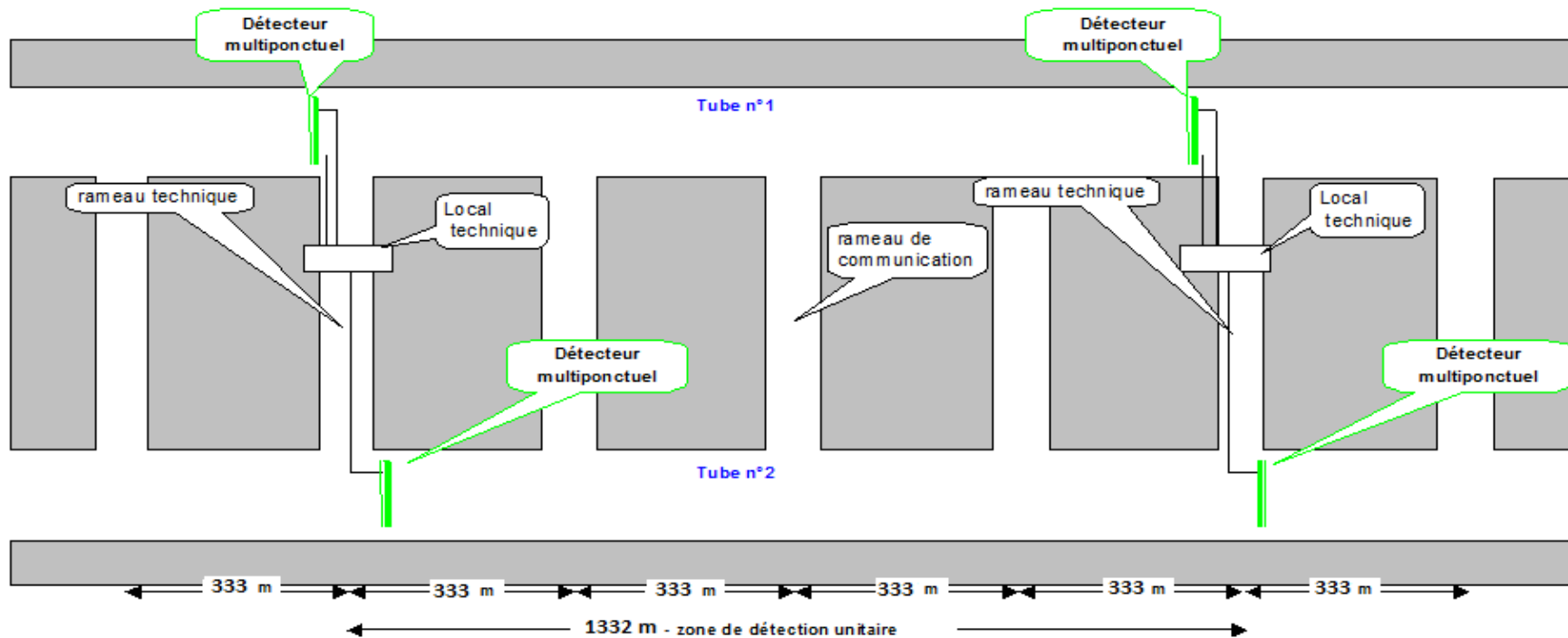


Figure 7 - Principe lieux d'analyse de gaz

Les deux figures suivantes présentent le système de prélèvement dans les tubes ferroviaires et d'acheminement des échantillons.

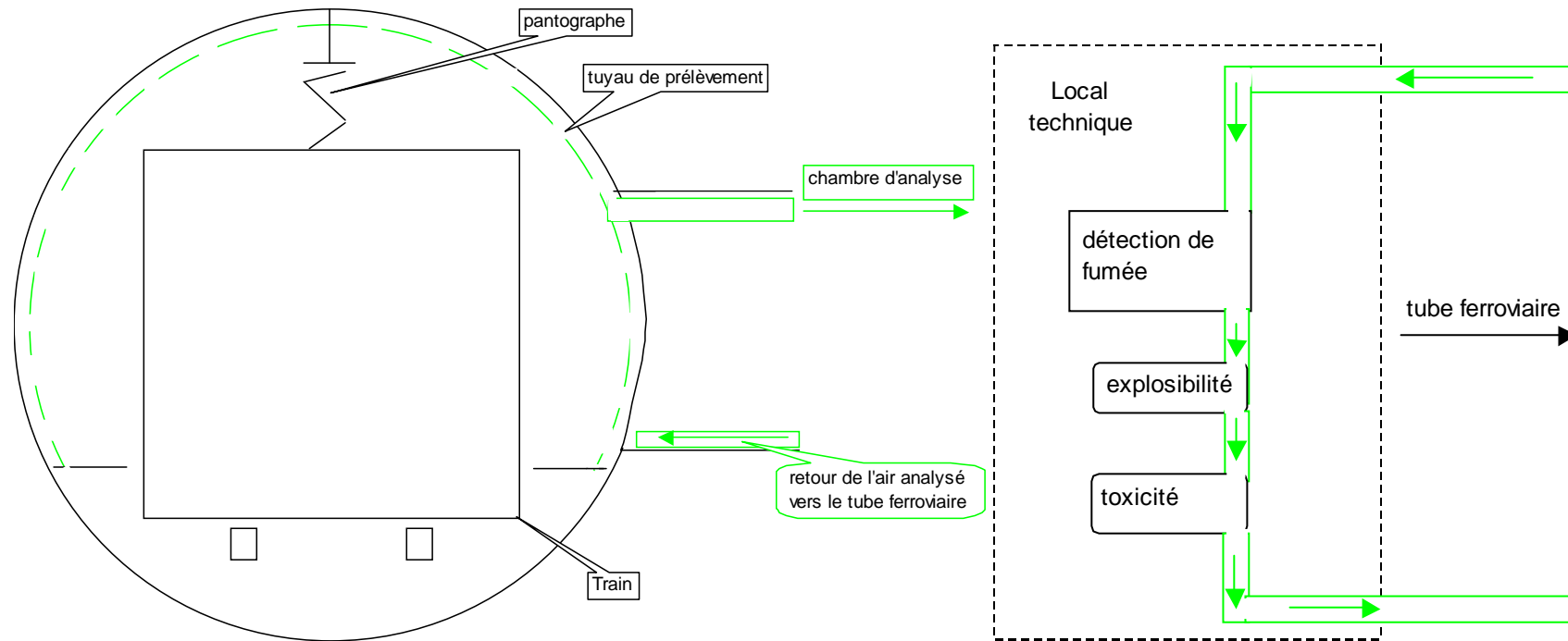


Figure 8 - Principe de prélèvement

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

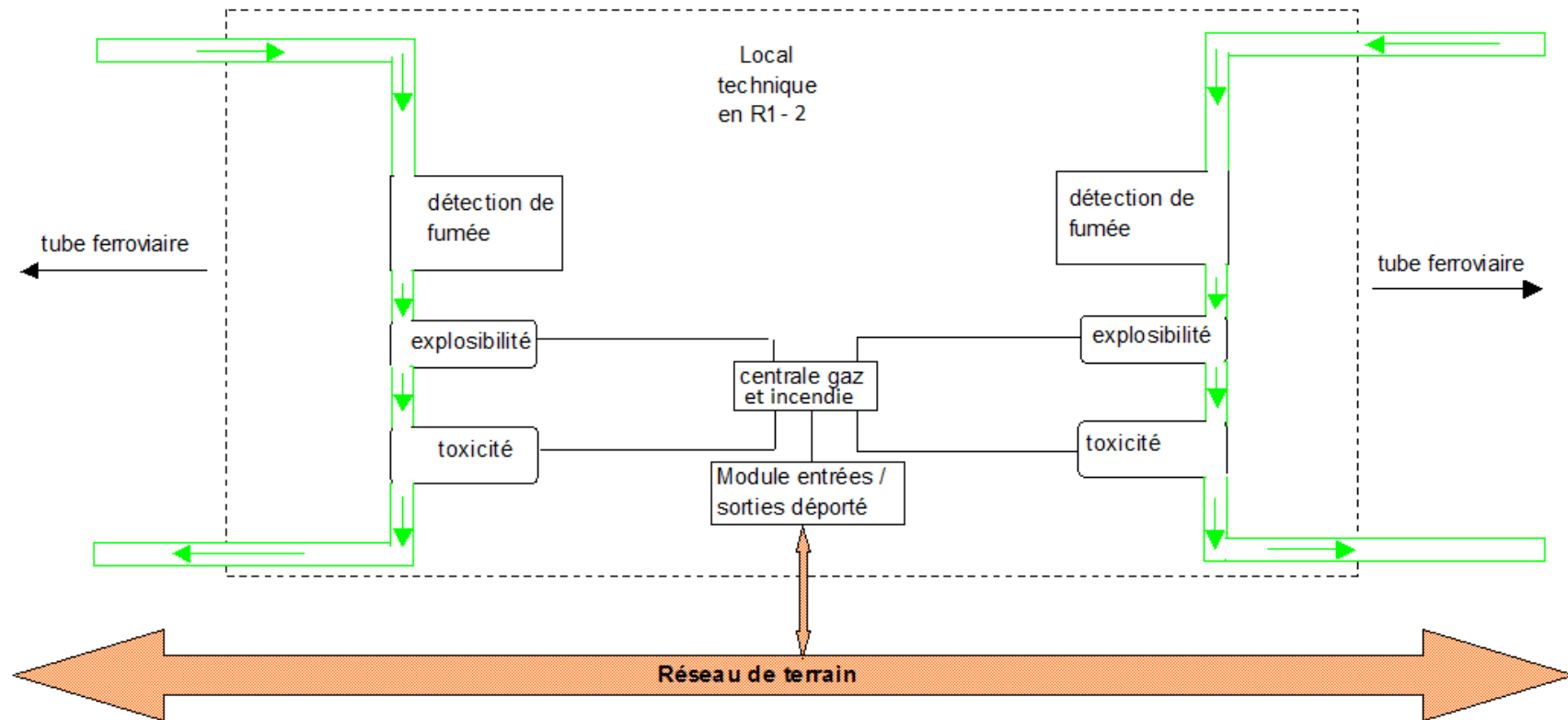


Figure 9 - Principe architecture détection de gaz

Nota : la centrale pourra également être directement reliée au module au réseau de télétransmission.

Le plan d'implantation des détecteurs de gaz détaillé est fourni sur le plan " Plans d'implantations des détecteurs incendie en tunnel ".

6.2 Coupe type au droit des capteurs

La figure suivante permet de voir l'implantation du système d'aspiration de prélèvement sur une coupe type du tunnel.

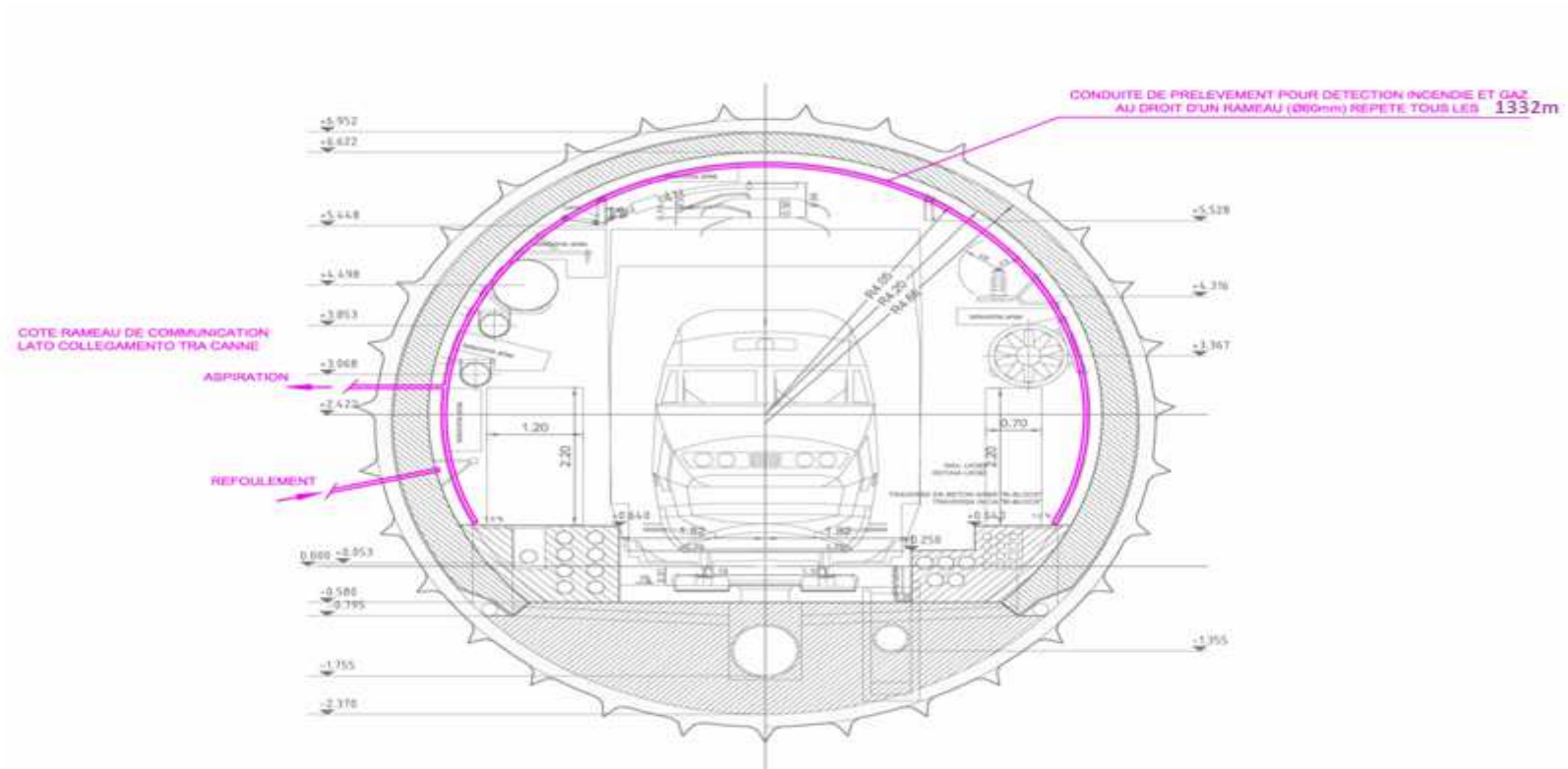


Figure 10 – Coupe type en tunnel pour le système de prélèvement

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 de gaz.

7.1 Détecteur de gaz explosifs

- Généralités

- o Normes à respecter

- EN 50121 (compatibilité électromagnétique)
 - UIC 704 (compatibilité électromagnétique)
 - EN 838 (Échantillonneurs par diffusion pour la détermination des gaz et vapeurs)
 - EN 61779-4 et EN 61779-5 (détection et mesure de gaz combustibles)
 - EN 50241-2 (détection de gaz et vapeurs toxiques à chemin ouverts)

- o Spécifications fonctionnelles

- Détecter l'explosibilité à partir de 10% de la LIE d'un gaz présent dans le milieu.
 - Détecter un défaut de fonctionnement.
 - Analyser son encrassement

- Conception électrique

- Alimentation : 24Vcc (plage de fonctionnement entre 15Vcc à 32Vcc)
 - Consommation maximale : 5W

- Entrées / Sorties

- Nombre de Sorties minimal : 3 contacts secs (présence de gaz / dérangement / auxiliaire)

- Conception mécanique

- Dimensions maximales : 410*350*200 mm
 - Poids inférieur à 30kg

- Contraintes de fonctionnement (Température / Humidité)

- Température : -10 à +50°C
 - Humidité relative inférieure à 90% sans condensation.
 - Vitesse maximale du flux d'air inférieure à 6m/s

- Divers

- o Certification

- Atex zone 1 (gaz et vapeurs)

- IP46
- oGarantie
 - 3 ans minimum

7.2 Analyseur de gaz toxiques

- Généralités
 - oNormes à respecter
 - EN 50121 (compatibilité électromagnétique)
 - UIC 704 (compatibilité électromagnétique)
 - EN 838 (Échantillonneurs par diffusion pour la détermination des gaz et vapeurs)
 - EN 50241-2 (détection de gaz et vapeurs toxiques à chemin ouverts)
 - oSpécifications fonctionnelles
 - Détecter au minimum des concentrations de 0,02ppm.
 - Analyser l'encrassement du filtre
 - Détecter un défaut de fonctionnement
- Conception électrique
 - Alimentation : 230V à 50Hz ou en 24Vcc (plage de fonctionnement entre 15Vcc à 32Vcc)
 - Consommation inférieure à 1kW
- Entrées / Sorties
 - Le nombre d'entrées maximal par contacts secs est de 8
 - La sortie se fera interface série de type RS232 ou par contacts secs
- Conception mécanique
 - Dimensions maximales : 670*480*350 mm
 - Poids maximal : 80kg
- Contraintes de fonctionnement (Température / Humidité)
 - Température : de +5 à +35°C
 - Humidité relative inférieure à 80% sans condensation
 - Vitesse du flux d'air inférieure à 6m/s
- Divers
 - oCertification
 - Atex zone 1 (gaz et vapeurs)

- IP46

oGarantie

- 3 ans minimum

7.3 Centrale détection de gaz

- Généralités

- oNormes à respecter

- EN 50121 (compatibilité électromagnétique)
 - UIC 704 (compatibilité électromagnétique)

- oSpécifications 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

- oAlimentation : 230V à 50Hz

- oConsommation inférieure à 150W

- Entrées / Sorties

- oNombre minimal de sorties par contact sec 2 par détecteurs connectés soit 8 et 3 contacts secs pour la centrale

- oNombre d'entrée par contact sec entre 4 et 20

- oPar ailleurs, une sortie en TCP/IP pourra être envisagée.

- Conception mécanique

- oL'encombrement maximal sera de 19''*15U*400mm

- oLe poids maximal est de 4Kg

- Contraintes de fonctionnement (Température / Humidité)

- oTempératures : 0° à +40°C

- oHygrométrie relative inférieure à 90%

- Divers

- oCertification

- IP64

oGarantie

- 3 ans minimum

7.4 Détecteurs portatifs

- Généralités

- oNormes à respecter

- EN 61779-4 et EN 61779-5 (détection et mesure de gaz combustibles)
 - EN 50241-2 (détection de gaz et vapeurs toxiques à chemin ouverts)

- oSpécifications fonctionnelles

- Détecter les 5 gaz suivants : gaz explosifs, O₂,
 - Emettre une alarme sonore en cas de détection
 - Afficher la concentration mesurée
 - Cellules de détection interchangeables et automatiquement reconnues
 - Enregistrement des alarmes en mémoire
 - Interfaçable avec un PC pour récupérer les informations contenues en mémoire.

- Conception électrique

- oAlimentation par batterie Ni-mH
 - oAutonomie 12h
 - oChargeur intégré

- Entrées / Sorties

- oSortie série vers un PC pour configuration, étalonnage et récupération des alarmes enregistrées.

- Conception mécanique

- oDimensions maximales 150*100*50
 - oPoids maximal : 500g

- Contraintes de fonctionnement (Température / Humidité)

- oTempératures de fonctionnement : -10° à +40°C
 - oHumidité relative inférieure à 90%

- Divers

- oCertification
 - IP66
 - oGarantie

- 3 ans minimum pour l'appareil
- 6 mois pour la batterie

7.5 Masque présurisé

- Généralités

- o Normes à respecter

- EN 1146 (appareil de protection respiratoire pour l'évacuation)

- o Spécifications fonctionnelles

- Assurer de façon autonome la protection respiratoire de l'utilisateur pendant 15 minutes
 - Prévenir l'utilisateur avant la fin de l'autonomie
 - Disposer d'un masque universel adaptable aux barbus, aux personnes portant des lunettes
 - Transportable facilement et non gênant dans l'évacuation.

- Conception mécanique

- o Dimensions maximales : 250*400*200mm

- o Poids maximal 5Kg

- o Débit supérieur à 25l/min.

- Divers

- o Garantie

- 3 ans minimum

7.6 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 type « 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 rack 19''

- Divers
 - o Certification
 - IP23
 - o Garantie
 - 3 ans minimum

8. Eléments de mise en œuvre et de maintenance

Après avoir décrit le système de détection de gaz en vu de sa conception, nous regardons ici les éléments de sa mise en œuvre et de sa maintenance.

8.1 Mise en œuvre

Pour la mise en œuvre, nous commencerons par décrire les opérations sur les délais puis sur la maintenance du système.

8.2 Maintenance

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

8.2.1 Préventive

Une visite de l'ensemble des équipements est à prévoir tous les deux mois et demi afin de nettoyer tous les filtres. Le nettoyage des filtres s'effectuera de la façon suivante : lors de la livraison, 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 prévus ensuite, les filtres sales seront nettoyés à l'extérieur du tunnel.

Tous les 6 mois, un nettoyage et un réétalonnage des détecteurs explosifs est à prévoir. Pour les capteurs en chambre d'analyse, re-calibrage des paramètres de détection sera effectué tous les 6 mois.

Tous les 18 mois, un test des détecteurs de gaz toxiques et explosifs sera réalisé. Le protocole de test sera à définir lors de la négociation du contrat de maintenance. A la même fréquence, les réseaux de refoulement seront nettoyés.

La visite préventive ne doit pas perturber le trafic.

8.2.2 Corrective

Lorsque la distance entre deux équipements fonctionnant correctement est inférieure à 3 500m, le traitement du dysfonctionnement sera effectué durant les horaires de maintenance. Dans le cas contraire, la circulation sera perturbée par l'envoi d'un train qui déposera les hommes chargés de la maintenance au droit du rameau où ils doivent intervenir et quittera le tunnel. La vitesse de circulation sera réduite à l'approche de la zone en maintenance.

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

8.2.3 Rénovation ou maintenance extraordinaire

Tous les ans sera renouvelé l'ensemble des filtres.

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

9. Bilan de puissance

Le présent paragraphe présente un bilan de puissance propre au système de détection de gaz. 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.

Le bilan de puissance suivant a été établi en considérant que tous les équipements fonctionnent simultanément et sont tous alimentés par onduleur à partir du TGBT placé dans le local du rameau technique.

Désignation	Puissance unitaire (VA)	Quantité par rameau R1 ou R1-2	Consommation nominale par R1ou R1-2 (VA)
<i>Détection de gaz</i>			
Centrale incendie	150	1	150
Ventilateur de refoulement	500	2	1 000
Cpateurs	1 000	2	2 000
Climatisation des baies	3 500	1	3 500
Prise électrique des baies	500	2	1 000
Réserve	20%		1 530
Total			9 180

Tableau 1 - Bilan de puissance

Nous avons compté 44 rameaux R1 et R1-2 dans les tunnels. Nous estimons donc que la totalité du système de prélèvement avec les capteurs consommera $44 \times 9,2$ kVA, soit 405 kVA.

10. Annexes

10.1 Annexe 1

Besoin	Technologie recommandée
Détection de gaz toxiques	Capteurs électrochimiques
Détection de gaz explosifs	Infrarouge
Détecteurs portables	Multi-gaz par cellules électrochimiques

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
AH	Vibrations	1	Faibles
		2	Moyennes
		3	Importantes
AJ	Autre pression mécanique *		
AK	Flore	1	Négligeable
		2	Risque
AL	Faune	1	Négligeable
		2	Risque
AM	Influences électromagnétiques	1	Négligeable
		2	Courants vagabonds
		3	Electromagnétiques
		4	Ionisants
		5	Electrostatiques

Caractéristiques des détecteurs de gaz / Relazione Tecnica Caratteristiche dei rivelatori di Gas

		6	Induction
AN	Soleil	1	Négligeable
		2	Significatif
AP	Sismique	1	Négligeable
		2	Faible
		3	Moyen
		4	Fort
AQ	Foudre	1	Négligeable
		2	Indirects
AR	Vent *		
BA	Compétence	1	Ordinaires
		2	Enfants
		3	Handicapés
		4	Averties
		5	Qualifiées
BB	Résistance *		
BC	Contact avec le potentiel de la terre	1	Nuls
		2	Faibles
		3	Fréquents
		4	Continus
BD	Evacuation	1	Normales
		2	Difficiles
		3	Encombrée
		4	Longue et encombrée
BE	Matières	1	Risques négligeables
		2	Risques d'incendie
		3	Risque d'explosion
		4	Risque de contamination
CA	Matériaux	1	Non combustible
		2	Combustible
CB	Structure	1	Risque négligeable
		2	Propagation d'incendie
		3	Mouvements
		4	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.

Désignation	IP mini	IK mini	Caractéristiques des détecteurs de gaz / Relazione tecnica ai caratteristici dell'investimento Gas																	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	

10.3 Annexe 3

Tableau 4 – Conditions d'environnement

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

Caractéristiques des détecteurs de gaz / Caratteristiche dei sensori rilevatori di gas

SOMMAIRE / INDICE

RESUME/RIASSUNTO	46
1. INTRODUZIONE	47
2. GLOSSARIO.....	47
3. PRESENTAZIONE DEL SISTEMA DI RILEVAMENTO DI GAS.....	48
3.1 Aspetti generali	48
3.2 Obiettivo del sistema	48
3.3 Topologia e geometria delle strutture	48
3.4 Norme regolamentari	49
3.4.1 Direttive europee e norme STI.....	50
3.4.2 Regole CIG	50
3.4.3 Altre norme	50
3.5 Elenco dei vincoli e prestazioni.....	51
3.5.1 Vincoli.....	51
3.5.1.1 Vincoli di sicurezza.....	51
3.5.1.2 Vincoli ambientali.....	51
3.5.1.3 Vincoli d'uso e manutenzione.....	52
3.5.1.4 Vincoli realizzativi.....	53
3.5.2 Prestazioni.....	53
4. ANALISI DELLE TECNOLOGIE	54
4.1 Rilevamento di gas esplosivi	55
4.1.1 Tecnologia catalitica	55
4.1.1.1 Descrizione.....	55
4.1.1.2 Vantaggi	55
4.1.1.3 Inconvenienti.....	56
4.1.2 Tecnologia ad infrarossi.....	56
4.1.2.1 Descrizione.....	56
4.1.2.2 Vantaggi	56
4.1.2.3 Inconvenienti.....	57
4.1.3 Sintesi.....	57
4.2 Rilevamento di gas tossici	57
4.2.1 Tecnologie elettrochimiche.....	57
4.2.1.1 Descrizione.....	57
4.2.1.2 Vantaggi	58
4.2.1.3 Inconvenienti.....	58
4.2.2 Tecnologia a base di semiconduttori.....	58
4.2.2.1 Descrizione.....	58
4.2.2.2 Vantaggi	58
4.2.2.3 Inconvenienti.....	59
4.2.3 Tecnologia analizzatore	59
4.2.3.1 Descrizione.....	59
4.2.3.2 Vantaggi	59
4.2.3.3 Inconvenienti.....	59

4.2.4 Sintesi.....	60
5. STUDIO DELL'ARCHITETTURA E ANALISI FUNZIONALE	60
5.1 Architettura.....	60
5.1.1 Sensori.....	60
5.1.2 Cavi di trasmissione e d'alimentazione elettrica.....	63
5.1.3 Centrali.....	64
5.1.4 Interfacce.....	64
5.2 Analisi funzionale.....	64
5.2.1 Apparecchiature di sito	64
5.2.2 Trattamento locale.....	65
5.2.3 Sistema di supervisione.....	65
6. SCHEMA D'INSTALLAZIONE DEI SENSORI RILEVATORI, SCHEMA DELL'ARCHITETTURA, DISEGNO DI DETTAGLIO	66
6.1 Architettura generale	66
6.2 Sezione tipo dei sensori	69
7. SPECIFICHE TECNICHE.....	70
7.1 Sensore di rilevamento di gas esplosivi.....	70
7.2 Analizzatore di gas tossici	71
7.3 Centrale di rilevamento di gas	72
7.4 Sensori di rilevamento portatili	73
7.5 Maschera pressurizzata.....	74
7.6 Stazione di supporto delle apparecchiature	74
8. ELEMENTI D'INSTALLAZIONE E MANUTENZIONE.....	75
8.1 Installazione.....	75
8.2 Manutenzione	76
8.2.1 Preventiva	76
8.2.2 Correttiva	76
8.2.1 Modernizzazione o manutenzione straordinaria	76
9. BILANCIO DI POTENZA.....	77
Abbiamo contato 44 diramazioni R1 e R1-2 nelle gallerie. Prevediamo quindi che la totalità del sistema di prelievo con i sensori consumerà 44*9,2 kVA, ossia 405 kVA.....	77
10. ALLEGATI.....	77
10.1 Allegato 1.....	77
10.2 Allegato 2.....	78
10.3 Allegato 3.....	81

LISTE DES FIGURES / LISTA DELLE FIGURE

Figura 1 - Sezione tipo	53
Figura 2 - Principio del sensore di rilevamento catalitico.....	55
Figura 3 - Principio del sensore di rilevamento ad infrarossi	56
Figura 4 - Principio del sensore di rilevamento elettrochimico	57
Figura 5 - Principio di sensore di rilevamento a semiconduttore.....	58
Figura 6 - Principio di circolo dei campioni	61

Figura 7 - Principio luoghi d'analisi dei gas	66
Figura 8 - Principio di prelievo	67
Figura 9 - Principio architettura del sistema di rilevamento di gas.....	68
Figura 10 – Sezione tipo in galleria per il sistema di prelievo.....	69

LISTE DES TABLEAUX / LISTA DELLE TABELLE

Tabella 1 - Bilancio di potenza.....	77
Tabella 2 – Tecnologie adottate	77
Tabella 3 – Influenze esterne.....	79
Tabella 4 – Condizioni ambientali	81

RESUME/RIASSUNTO

<p>La section transfrontalière de la partie commune de la nouvelle ligne ferroviaire Lyon – Turin comprend les ouvrages suivants :</p> <ul style="list-style-type: none">- 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. <p>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.</p> <p>L'objectif du système de détection de gaz toxiques et explosifs est de détecter l'apparition de particules de gaz en tubes ferroviaires.</p> <p>Il est constitué de détecteurs à infrarouges pour les gaz explosifs et d'analyseurs ioniques pour les gaz toxiques.</p> <p>Les détecteurs sont positionnés au niveau de chaque rameau technique (tous les 1332 m).</p>	<p>La sezione transfrontaliera della parte comune della nuova linea ferroviaria Lione - Torino comprende le opere seguenti:</p> <ul style="list-style-type: none">- I raccordi alla linea storica di Saint Jean de Maurienne- La stazione internazionale di Saint Jean de Maurienne- Il sito di sicurezza e manutenzione Saint Jean de Maurienne- La galleria di base- La stazione internazionale di Susa- Il sito di sicurezza e manutenzione di Susa- La galleria d'interconnessione- I raccordi alla linea storica di Bussoleno. <p>Al fine di dare l'allarme alla PCC affinché misure di esercizio e/o di sicurezza siano adottate entro nei più brevi termini, vari sistemi sorvegliano le parti ferroviarie e non ferroviarie di questa zona.</p> <p>L'obiettivo del sistema di rilevazione di gas tossici ed esplosivi è di rilevare la comparsa di particelle di gas in tubi ferroviari.</p> <p>È costituito da sensori rivelatori ad infrarossi per i gas esplosivi e da analizzatori ionici per i gas tossici.</p> <p>I sensori rivelatori sono collocati al livello di ogni ramo tecnico (ogni 1332 m).</p>
--	---

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:
 - o La discenderia di Saint Martin de la Porte,
 - o La discenderia di La Praz,
 - o L'area di sicurezza sotterranea di La Praz
 - o Il pozzo di ventilazione di Avrieux
 - o La discenderia di La Modane,
 - o L'area di sicurezza sotterranea di Modane,
 - o Il pozzo di ventilazione di Clarea,
 - o L'area di sicurezza sotterranea di Clarea,
 - o 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	Cavi resistenti all'incendio e non propagatore di fiamme
GTC	Gestione Tecnica Centralizzata
IK	Indice di resistenza agli urti meccanici
IP	Indice di Protezione
LIE	Limite Inferiore d'Esplosività
LTF	Lione Torino Ferroviario
Ni-mH	Nickel-Metal Hydrure
PC	Personnal Computer
PCC	Postazione di Comando Centralizzato
PPB	Parte Pe Bilione
STI	Specifiche Tecniche d'Interoperabilità
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol
TGBT	Quadro Generale Bassa Tensione
UIC	Union Internationale de Chemins de fer

3. Presentazione del sistema di rilevamento di gas

Presenteremo qui di seguito, il sistema di rilevamento di gas installato a titolo di sicurezza. Per far ciò, dopo aver inquadrato il sistema nel suo contesto, e enunciato i suoi obiettivi, ci concentreremo sulle strutture e sulle norme regolamentari che l'influenzano. Infine, elencheremo i vincoli ai quali sarà sottoposto e le prestazioni da raggiungere.

3.1 Aspetti generali

I treni merci e d'autostrada ferroviaria sono suscettibili di trasportare prodotti allo stato gassoso. Nonostante la qualità dei container attuali, il rischio di perdita non è ancora trascurabile.

Il sistema di rilevamento di gas completa le apparecchiature di sicurezza installate nelle gallerie. Lo studio riguarda il rilevamento di gas tossici e esplosivi nei tubi ferroviari.

3.2 Obiettivo del sistema

L'obiettivo del sistema di rilevamento di gas tossici e esplosivi è quello di rilevare, quanto prima possibile, la comparsa di particelle di gas nei tubi ferroviari al fine d'impedire al convoglio successivo di imbattersi nella nube di gas.

3.3 Topologia e geometria delle strutture

Le strutture che hanno un impatto sul sistema di rilevamento di gas nei tubi ferroviari saranno:

- Il profilato in lunghezza,
- La sezione tipo delle diramazioni tecniche,
- La configurazione dei locali tecnici presenti nelle diramazioni.

3.4 Norme regolamentari

Il presente paragrafo elenca le varie regolamentazioni, norme e standard in Europa, in Italia, in Francia e al livello internazionale aventi un impatto sullo studio del sistema di rilevamento di gas.

La priorità d'applicazione delle regole considerate per questo progetto sarà conforme alla Consegna 37 relativa ai principi delle norme regolamentari di sicurezza (§2.5 Gerarchia delle norme):

- Le direttive europee e le norme STI si applicano in modo prioritario al progetto,
- In mancanza, le regole stabilite dalla CIG primeggiano sulle regole nazionali. La CIG può stabilire delle norme più rigide rispetto alle direttive europee ed alle norme STI tranne per il materiale su rotaie,
- In mancanza di direttive europee, di norma STI o di regole della CIG, si applica la norma nazionale più rigida, con riserva di mantenere la coerenza dell'insieme delle disposizioni.

Le regole sono le stesse sull'insieme della parte comune (ossia nelle due gallerie di base e interconnessione).

3.4.1 Direttive europee e norme STI

In questo paragrafo elenchiamo l'insieme delle norme e direttive europee nonché le specifiche tecniche d'interoperabilità.

- Serie EN 61779 relativa ai sistemi di rilevamento e di allarmi di gas,
- Serie EN 50241 relativa ai sistemi di rilevamento e di allarme di gas,
- EN 50271: “Apparecchiature elettriche di rilevamento e di misurazione dei gas combustibili, dei gas tossici o dell'ossigeno – Requisiti e test per le apparecchiature che utilizzano un software e/o delle tecnologie digitali”,
- EN 838: "Atmosfere degli ambienti di lavoro - Campionatore per diffusione per la quantificazione di gas e vapori – Specifiche e metodi di prova”
- EN 1146: “Apparecchi di protezione respiratoria per l'evacuazione - Apparecchi di protezione respiratoria isolanti autonomi a circuito aperto, ad aria compressa con cappuccio di protezione - Requisiti, test, marcatura”
- EN 61587: “Strutture meccaniche per apparecchiatura elettronica – Test per la CEI 60917 e la CEI 60297 - Parte 1: test climatici, meccanici e aspetti di sicurezza per armadi, telai di montaggio e telai”
- Specifiche tecniche d'interoperabilità riprese dalle seguenti decisioni del Consiglio Europeo: 2002/730/CE, 2002/731/CE, 2002/732/CE, 2002/733/CE, 2002/734/CE, e 2002/735/CE,
- Direttive del Consiglio Europeo 96/48/CE (relative all'interoperabilità ferroviaria ad alta velocità in materia di sicurezza),
- Direttive del Consiglio Europeo n. 73/23/EEC: "Direttive bassa tensione".

3.4.2 Regole CIG

Dopo aver elencato i regolamenti europei, che prevalgono sugli altri, elenchiamo i criteri stabiliti dalla CIG e applicabili al sistema di rilevamento di gas.

- Consegna 37, paragrafo 3.1.1 sui componenti dei cavi.

3.4.3 Altre norme

Per ultimo, i regolamenti europei e quelli della CIG, elenchiamo qui di seguito le regole nazionali e internazionali che non rientrano nelle prime due categorie.

- Codici del lavoro francese e italiano,
- Codice UIC 779-9: “Sicurezza nelle gallerie ferroviarie”,
- CEI 364-3: "Impianti elettrici degli stabili – valutazione delle caratteristiche generali"

3.5 Elenco dei vincoli e prestazioni

Dopo aver enunciato gli aspetti generali del sistema di rilevamento di gas ed aver considerato i lavori ed i regolamenti che lo vincolano, elenchiamo i vincoli fisici ai quali quest'ultimo è sottoposto e successivamente elenchiamo le prestazioni da raggiungere .

3.5.1 Vincoli

Al fine di essere chiari, i vincoli sono stati suddivisi in vari punti. Per iniziare, analizziamo i vincoli stabiliti per ragioni di sicurezza, seguiti dall'ambiente nel quale è installato il sistema, e successivamente i vincoli legati all'uso e alla manutenzione della struttura ed infine i vincoli di realizzazione e di evoluzione.

3.5.1.1 Vincoli di sicurezza

- Vincoli funzionali:

Il lotto C1, relativo agli studi funzionali di sicurezza, stipulato per il rilevamento d'incendio nei tubi ferroviari per:

- o Rilevare la presenza di gas esplosivi nelle gallerie entro il limite di esplosività,
- o Rilevare i gas tossici o gruppo di gas i più pericolosi,
- o Attivare un allarme alla PCC al momento di un rilevamento di gas.

- Sicurezza dei beni e delle persone:

- o Le apparecchiature ed i lori agganci collocate nella galleria dovranno resistere a delle temperature di 1100°C,
- o Le apparecchiature di prelievo e d'analisi dovranno essere antideflagranti,
- o Tutti i cavi elettrici e le tubature, collocati nella galleria per il rilevamento di gas, non dovranno contenere materiali:
 - o Alogeni,
 - o Propagatori d'incendio,
 - Emettitori di fumi tossici.

3.5.1.2 Vincoli ambientali

I vincoli ambientali enunciati qui di seguito saranno quelli nel tubo ferroviario.

- La costruzione delle gallerie produrrà polvere di cemento. La quantità sarà notevole all'inizio e trascurabile dopo un anno di esercizio,
- L'usura della catenaria si tradurrà nella presenza di polveri di rame. La polvere dei binari produrrà polvere d'acciaio. Le quantità saranno notevoli,
- La variazione di pressione dovuta al transito del treno sarà dell'ordine di 10 kPa,
- La roccia nella quale è scavata la galleria è di tipo caldo. La temperatura nella galleria, compreso le diramazioni, può raggiungere 32°C,
- Igrometria non nota,

- Le vibrazioni generate dal passaggio del treno saranno notevoli,

La tabella delle influenze esterne basata sulla CEI 364-3 è annessa all'Allegato 2.

3.5.1.3 Vincoli d'uso e manutenzione

- Uso
 - o La velocità dei treni merci e di 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 Un senso di marcia sarà assegnato per ogni binario, ma occasionalmente i binari potranno essere utilizzati nei due sensi.
 - o I materiali pericolosi ammessi al RID, lo saranno anche nella zona LTF. Ciò comporterà l'ammissibilità dei materiali pericolosi delle categoria da B a E.
 - o La galleria verrà pulita periodicamente con dell'acqua.
- Manutenzione

Per maggior chiarezza, 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.”

La manutenzione sarà prevista 4 ore a notte su tutta o parte di uno dei due binari.

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

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

3.5.1.4 Vincoli realizzativi

Lo spazio disponibile per collocare le apparecchiature di rilevamento di gas nei tubi sarà vincolato dall'insieme delle altre apparecchiature previste dai vari sistemi. Queste apparecchiature sono visibili nella sezione seguente:

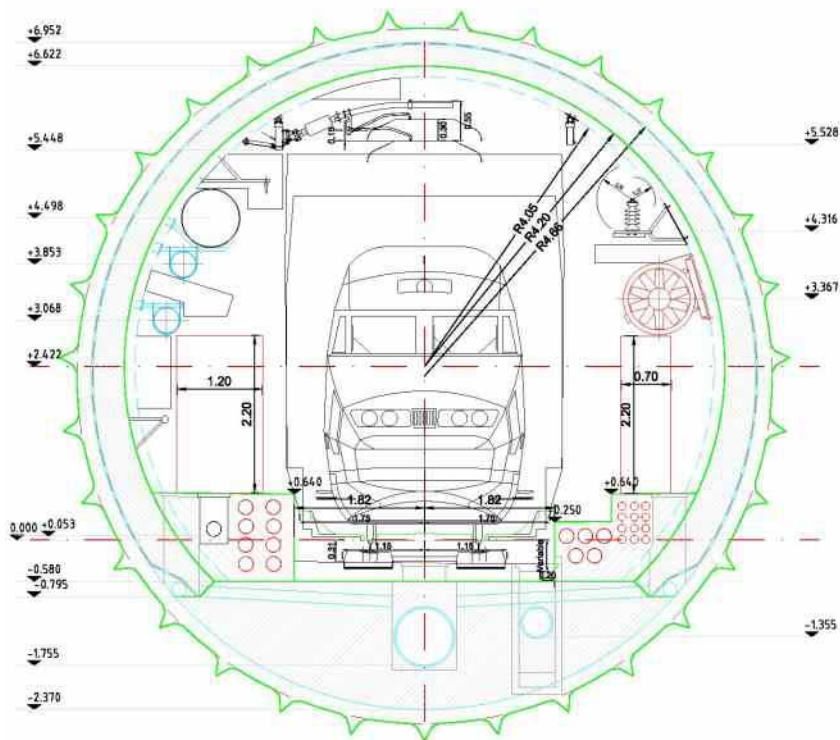


Figura 11 - Sezione tipo

Analogamente, il posto disponibile per collocare le apparecchiature di trattamento del sistema di rilevamento di gas, nei locali tecnici, sarà vincolato dal posto disponibile in questi locali.

Vincoli evolutivi

Le centrali di rilevamento dovranno essere dimensionate per ospitare le apparecchiature di rilevamento supplementari installate durante le varie fasi di costruzione.

3.5.2 Prestazioni

Dopo aver esaminato i vari vincoli ai quali è sottoposto il sistema di rilevamento di gas, stabiliamo qui di seguito le prestazioni che il sistema dovrà raggiungere. Tali prestazioni sono state suddivise in sei punti. Esamineremo innanzi tutto le prestazioni generali e successivamente quelle relative alla precisione di misurazione, seguite da quelle d'esercizio, d'affidabilità, disponibilità e per ultimo esamineremo quelle che non rientrano in nessuna delle precedenti categorie.

- Aspetti generali

Il sistema di rilevamento di gas nei tubi ferroviari dovrà soddisfare l'insieme dei vincoli precedentemente enunciati.

- Precisione della misurazione

- o Rilevare, ai fini della tossicità, delle concentrazioni superiori a 1 ppm⁵,
- o Rilevare, ai fini dell'esplosività, delle concentrazioni superiori a 5% in volume della LIE.

- Funzionamento

- o Attivare un allarme, ai fini della tossicità, non appena la concentrazione raggiungerà 3 ppm,
- o Attivare un allarme, ai fini dell'esplosività, non appena la concentrazione del gas di riferimento raggiungerà 10% in volume della sua LIE⁶,
- o I sensori di rilevamento di tossicità e di esplosività dovranno poter analizzare la miscela presente nella camera di analisi in 15 secondi e attivare un allarme in caso di presenza di gas,
- o Attivare un allarme massimo 1 minuto e 30 secondi dopo il transito di un treno.

- Manutenzione

- o Preventiva:

L'intervallo di tempo tra due manutenzioni preventive non potrà essere inferiore a 3 mesi.

- o Correttiva:

I pezzi sostituiti al momento di una manutenzione correttiva saranno in grado di funzionare per almeno un anno.

- Affidabilità

Dopo che il periodo di prova si è concluso, produrre al massimo un falso allarme ogni 1000 allarmi generati.

- Disponibilità

Il sistema sarà disponibile al massimo 4 ore di notte ogni due giorni.

4. Analisi delle tecnologie

Al fine di selezionare le tecnologie disponibili e le più appropriate per il sistema di rilevamento di gas, confrontiamo le varie tecnologie di mercato. A tal fine, effettueremo una breve descrizione funzionale prima di enunciarne vantaggi e inconvenienti.

L'insieme delle tecnologie adottate sarà riportato nell'Allegato 1

⁵ ppm: Parte per milione

⁶ LIE: Limite inferiore di esplosività

4.1 Rilevamento di gas esplosivi

Il rilevamento di gas è un'attività molto recente, benché questa si sia sviluppata in modo approfondito per i siti petrolchimici.

Per le gallerie, soltanto i gas esplosivi sono rilevati per mezzo di un esplosimetro. Confronteremo qui di seguito due tecnologie che consentono di rilevare i gas esplosivi. Questi due tipi di sensori di rilevamento devono essere installati nel luogo in cui sarà presente la miscela di gas da analizzare.

4.1.1 Tecnologia catalitica

La prima tecnologia che consente di rilevare la presenza di gas esplosivi, è catalitica. Descriveremo e successivamente osserveremo i suoi vantaggi ed inconvenienti al fine di confrontarla con la tecnologia ad infrarossi che analizzeremo successivamente.

4.1.1.1 Descrizione

La miscela gassosa è rilevata attraverso un capillare. Essa penetra successivamente in una camera per essere analizzata. La camera di analisi è composta da due diversi elettrodi ed è riscaldata ad alta temperatura.

La presenza della miscela gassosa destabilizza l'equilibrio dei due elettrodi e provoca una differenza di tensione all'uscita del sensore innescando in tal modo un allarme.

Il principio di funzionamento è riportato sulla figura seguente.

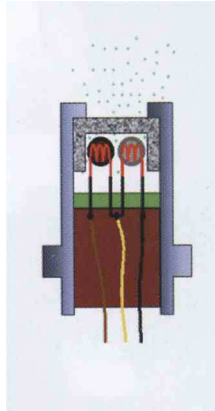


Figura 12 - Principio del sensore di rilevamento catalitico

I sensori di rilevamento catalitici sono progettati per poter rilevare tutti i gas aventi caratteristiche d'infiammabilità (dall'idrogeno ai composti carbonati). Una calibratura del sensore di rilevamento sul prodotto che reagisce meno bene consentirebbe di coprire una vasta gamma di gas e vapori esplosivi. In modo standard, i sensori di rilevamento innescano un allarme a partire dal 20% del limite inferiore di esplosività (LIE). Infine, il tempo di reazione è standard, ed è dell'ordine di 15 secondi.

4.1.1.2 Vantaggi

Scegliendo un alcano come gas di riferimento per calibrare il sensore, si ha la possibilità di rilevare quasi la totalità dei gas esplosivi con un solo sensore. Inoltre, dato che il suo funzionamento è semplice, non si perde facilmente la regolazione. Esso offre pertanto una

grande stabilità nel tempo. Infine, questo tipo di sensore è il meno costoso per il rilevamento dell'esplosività.

4.1.1.3 Inconvenienti

Essendo parametrato per un gas, il tempo di reazione è ottimale per quest'ultimo ma meno per gli altri. Noteremo inoltre che la presenza di alcuni composti inibisce il sensore. La lista varia da un fornitore all'altro, tuttavia citeremo il silicone che è comune a tutti.

4.1.2 Tecnologia ad infrarossi

Dopo aver esaminato la tecnologia catalitica, osserviamo la tecnologia ad infrarossi, sempre ai fini del rilevamento di gas esplosivi.

4.1.2.1 Descrizione

Il sensore ad infrarossi è collocato nel mezzo, sia sotto forma di sensore a punto individuale sia sotto forma di barriera. In entrambi i casi, la miscela gassosa attraversa una zona tra due trasmettitori e ricevitori ad infrarossi. Solitamente l'aerosol⁷ taglia l'irradiazione ad infrarossi emessa da due diverse fonti, se almeno una delle lunghezze d'onda prodotte dalle fonti è assorbita, anche parzialmente, il sensore ne deduce la presenza di gas esplosivi.

La figura seguente riprende questo principio.

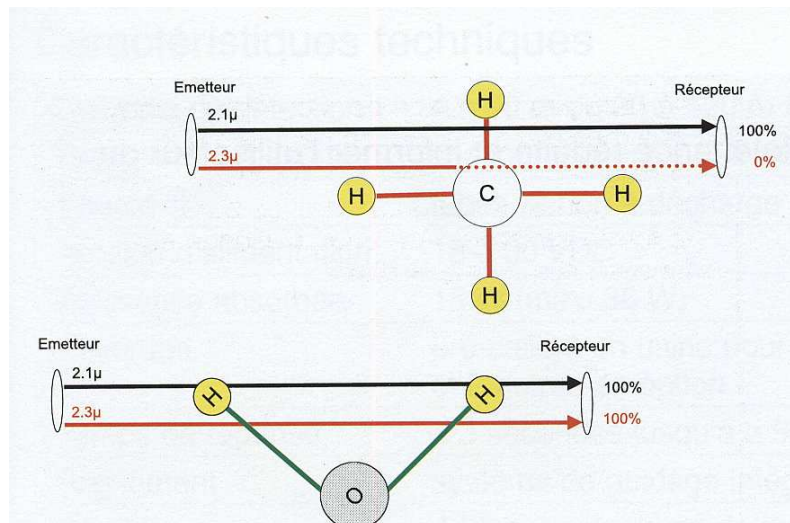


Figura 13 - Principio del sensore di rilevamento ad infrarossi

Questo tipo di sensore offre un tempo di reazione standard, dell'ordine di 15 secondi.

4.1.2.2 Vantaggi

I sensori ad infrarossi hanno un'elevata sensibilità di misurazione, essi sono in grado di attivare un allarme a partire da 2% in volume della LIE. Non esistono gas interferenti che

⁷ Aerosol: Sospensione in un ambiente gassoso (l'aria o qualsiasi altro gas) di particelle colloidali solide o liquide.

inibirebbero il sensore. Infine, questi sensori richiedono poca manutenzione, una pulizia annuale è sufficiente.

4.1.2.3 Inconvenienti

In cambio, le cellule ad infrarossi non rilevano la presenza d'idrogeno avente carattere esplosivo.

4.1.3 Sintesi

Per soddisfare il vincolo di 10% in volume della LIE, enunciato al paragrafo 2.5.2, adotteremo la tecnologia ad infrarossi, benché questa non rilevi l'idrogeno e abbia un costo maggiore. Tuttavia, dato le turbolenze prodotte dal passaggio del treno, la collocazione di una barriera ad infrarossi non sembra appropriata nei tubi, e onde evitare che i sensori ottici non perdano il loro allineamento, utilizzeremo quindi dei sensori a punti singoli.

4.2 Rilevamento di gas tossici

Il rilevamento di gas tossici in galleria ferroviaria è soltanto in fase iniziale. Al giorno d'oggi la galleria svizzera di Lötschberg ci fornisce delle esperienze. I sistemi sono globalmente progettati per rilevare un solo gas. Studieremo le varie tecnologie esistenti – elettrochimica, semiconduttore, analizzatore – al fine di tentare di rilevare più gas possibile con il minimo di apparecchiature e la massima precisione.

4.2.1 Tecnologie elettrochimiche

Inizieremo con l'osservare la tecnologia più diffusa, l'elettrochimica

4.2.1.1 Descrizione

Una cellula elettrochimica è costituita da una membrana attraverso la quale transita il gas inquinante, di un elettrolito liquido e da tre elettrodi. La presenza del gas nell'elettrolito genera una reazione d'ossidazione che origina una corrente elettrica proporzionale alla quantità di molecole di gas ossidate. Quando tale corrente è rilevata, in funzione della sensibilità scelta, il sensore segnala l'allarme. La figura seguente riprende questo principio. Per essere in grado di rilevare, la cellula deve essere presente nell'ambiente in cui vi è la miscela gassosa.

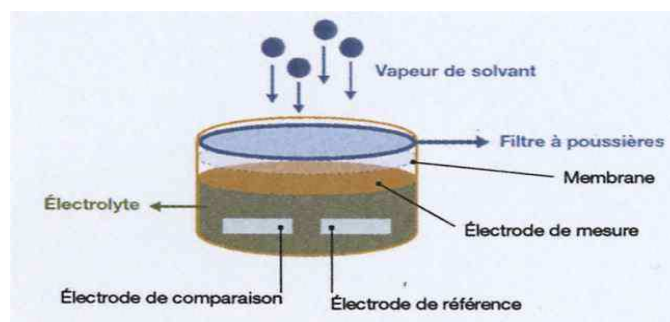


Figura 14 - Principio del sensore di rilevamento elettrochimico

4.2.1.2 Vantaggi

Le varie cellule elettrochimiche offrono la possibilità di rilevare una vasta gamma di gas tossici. Questo tipo di sensore offre un costo molto basso, il meno caro sul mercato. Infine, il suo tempo di reazione è leggermente migliore rispetto agli altri ed è dell'ordine di 10 secondi.

4.2.1.3 Inconvenienti

Le cellule elettrochimiche sono differenziate per gas o famiglia di gas. Per identificare più gas diversi, è quindi necessario avere tante cellule quanti sono i gas da rilevare. Dato che la selettività non è perfetta (reazione alla presenza di altri gas tossici), le cellule elettrochimiche innescano anche degli allarmi per dei gas che non sono tenute a rilevare (tuttavia è necessario precisare che gli altri gas rilevati sono anch'essi tossici).

La sostituzione delle cellule di rilevamento di un sensore va effettuata ogni 2-3 anni.

4.2.2 Tecnologia a base di semiconduttori

Dopo aver esaminato il sensore più diffuso, osserveremo un sensore utilizzato a complemento dell'elettrochimico: il semiconduttore.

4.2.2.1 Descrizione

Il sensore di cui è dotato questo dispositivo è costituito da uno strato sensibile, un ossido metallico. Al momento dell'assorbimento delle molecole di gas, la resistività elettrica dello strato, misurata dalla scatola, è modificata. Il sensore rileva il cambiamento della sua resistività e attiva un allarme. Per poter essere in grado di rilevare, il sensore deve essere immerso nella miscela gassosa.

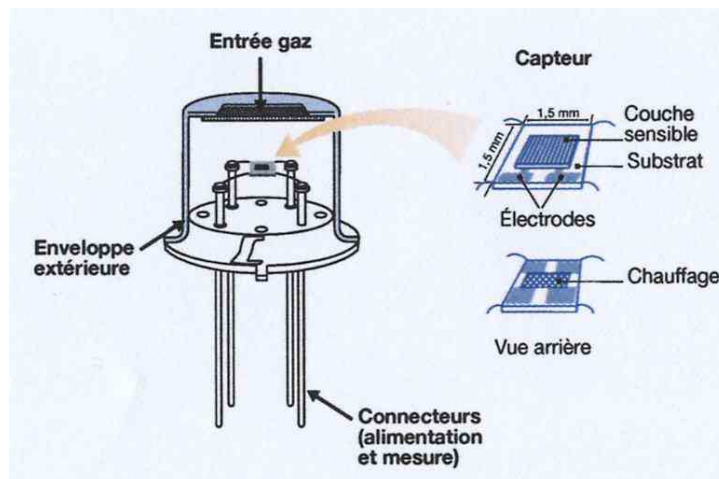


Figura 15 - Principio di sensore di rilevamento a semiconduttore

4.2.2.2 Vantaggi

Il sensore di rilevamento a semiconduttore offre un tempo di risposta quasi istantaneo in presenza di gas da rilevare. Inoltre, il suo costo è molto basso e richiede pochissima manutenzione.

4.2.2.3 Inconvenienti

In compenso la sua durata di vita è nettamente ridotta dalle contaminazioni dovute ad ogni rilevamento. In effetti, lo strato sensibile reagisce chimicamente ad ogni rilevamento e perde in termini di sensibilità. Inoltre, questi sensori sono sensibili a molteplici gas senza distinguerli.

4.2.3 Tecnologia analizzatore

Dopo aver esaminato le tecnologia elettrochimiche e semiconduttrici, osserveremo in modo più dettagliato l'analizzatore che è solitamente utilizzato dalle industrie chimiche o dall'esercito per quantificare la concentrazione di gas presente.

4.2.3.1 Descrizione

Molte tecnologie consentono di ottenere un'analisi, ossia una misurazione della concentrazione dei vari composti di una miscela gassosa. Tra queste, una ionizzazione della miscela prelevata.

Il gas è guidato in una camera detta di reazione nella quale esso è ionizzato da una debole fonte radioattiva. Periodicamente degli ioni passano in una seconda camera nella quale questi sono accelerati e nella quale il tempo per attraversarla è misurato. Questi tempi sono caratteristici di un solo ed unico gas.

Una corrente, proporzionale alla concentrazione del gas è generata all'uscita della seconda camera. La comparsa di una corrente ad ogni arrivo di quest'ultimi consente di conoscere il tempo di percorrenza all'interno della camera.

Un algoritmo, consente successivamente di stabilire, tramite confronto dei tempi d'uscita, il gas presente nonché la sua concentrazione. Il tempo d'analisi standard è dell'ordine di 15 secondi.

4.2.3.2 Vantaggi

L'analizzatore offre la possibilità di rilevare concentrazioni molto basse di gas dell'ordine di qualche ppb⁸.

In effetti, nel caso dello ionico, basta avere una bassissima corrente generata per rilevare un gas. Inoltre, dato che due gas non hanno lo stesso tempo di percorrenza, l'apparecchiatura offre una selettività molto grande.

Inoltre, la sua manutenzione in modo normale di funzionamento è molto ridotta ed è stata collocata in fase di test per sei mesi nella galleria svizzera di Lötschberg per rilevare il cloro e l'ammoniaca.

Infine, offre una durata di vita di diversi anni (superiore a 10 anni).

4.2.3.3 Inconvenienti

In compenso, la sua installazione è lunga e difficile a causa delle numerose regolazioni da eseguire.

Inoltre, dato le tecnologie installate, il costo è maggiore rispetto alle altre tecnologie, dell'ordine di 50 volte.

⁸ PPB: Parte per bilione

Infine, il volume occupato dall'apparecchiatura necessita di una collocazione in un locale tecnico.

4.2.4 Sintesi

Considerato il costo elevato, le difficoltà d'installazione e che questa tecnologia non sia ancora al giorno d'oggi provata, non adatteremo la tecnologia analizzatore. La vasta gamma di rilevamento di gas tossico nonché la rapidità di rilevamento proposta dalla tecnologia elettrochimica ci consente d'ottenere le caratteristiche e prestazione desiderate. Pertanto adatteremo questa soluzione. I vari sensori elettrochimici saranno integrati in una camera d'analisi.

5. Studio dell'architettura e analisi funzionale

In questo paragrafo effettuiamo una descrizione dell'architettura globale e funzionale del sistema di rilevamento di gas. Ciò consente di descrivere in modo preciso i componenti ed i luoghi in cui è situata l'intelligenza del sistema

5.1 Architettura

Iniziamo con il descrivere l'architettura prestando attenzione ai sensori, successivamente ai cavi d'alimentazione elettrica e di trasmissione prima di concludere con le centrali e le varie interfacce, soprattutto elettriche e di comunicazione.

Per ogni sistema, l'architettura dei sensori è descritta solo per uno dei due tubi della galleria. L'installazione nell'altro tubo sarà identica. Le centrali saranno comuni ai due tubi.

5.1.1 Sensori

Per il sistema di rilevamento di gas, inizieremo presentando l'architettura dei vari sensori da installare.

Per il rilevamento di gas (tossici e esplosivi), si è rivelato non realistico effettuare un rilevamento continuo nei tubi, il che implica minimo un sensore ogni 10 m. Tenuto conto delle velocità dei treni, e dei volumi necessari per effettuare il rilevamento, un passo di rilevamento di 1332 m è stato ritenuto sufficiente, consentendo in tal modo un'installazione delle apparecchiature nei locali tecnici.

Il sistema di rilevamento di gas sarà un sistema di rilevamento a punti multipli. Questa scelta è stata guidata dall'impossibilità, tenendo presente i vincoli, d'installare delle apparecchiature di rilevamento all'interno dei tubi ferroviari. Pertanto sarà composto da quattro sottosistemi, il primo per il prelievo dei campioni di gas, il secondo per analizzare l'esplosività, il terzo per lo studio della tossicità dei suddetti campioni, e il quarto per il rigetto dei campioni analizzati. L'insieme delle apparecchiature sarà visibile nella figura 6: "Principio di circolo dei campioni".

Inoltre, al fine di proteggere le persone che si spostano all'interno della galleria per eseguire la manutenzione o per l'evacuazione dei passeggeri, daremo in seguito i dettagli inerenti alle misure da mettere in atto.

- Il prelievo dei campioni di gas

Avendo un passo identico per il rilevamento di gas (tossici e esplosivi), al fine di ridurre i costi, il sistema di rilevamento di gas si collegherà successivamente a quello per il rilevamento di fumo. Ciò comporta il fatto che la rete di prelievo all'interno del tubo sia comune ai due sistemi.

I campioni rilevati saranno analizzati dal sensore di rilevamento di fumo e successivamente trasmessi sino al sensore di rilevamento di gas esplosivi, prima di proseguire verso il sensore di rilevamento di gas tossici.

Infine, essi saranno evacuati nei tubi nei quali sono stati rilevati. La figura seguente riprende questo principio. Poiché i campioni prelevati sono filtrati dal sistema di rilevamento di fumo, non sarà necessario intercalare un filtro supplementare.

Il sistema di prelievo è descritto nel documento riguardante il rilevamento d'incendio in galleria. Il sistema di prelievo dovrà fornire un flusso d'aria la cui velocità è inferiore a 6 m/s.

Tenuto conto delle materie pericolose ammesse, le tubazioni che assicurano il collegamento tra i vari componenti saranno antideflagranti.

La figura seguente visualizza il seguente ordine per i sensori: fumo, esplosività, tossicità. Soltanto il luogo del rilevamento di fumo è importante, nella misura in cui esso integra dei filtri efficaci per eliminare le particelle inquinanti dovute all'uso della galleria.

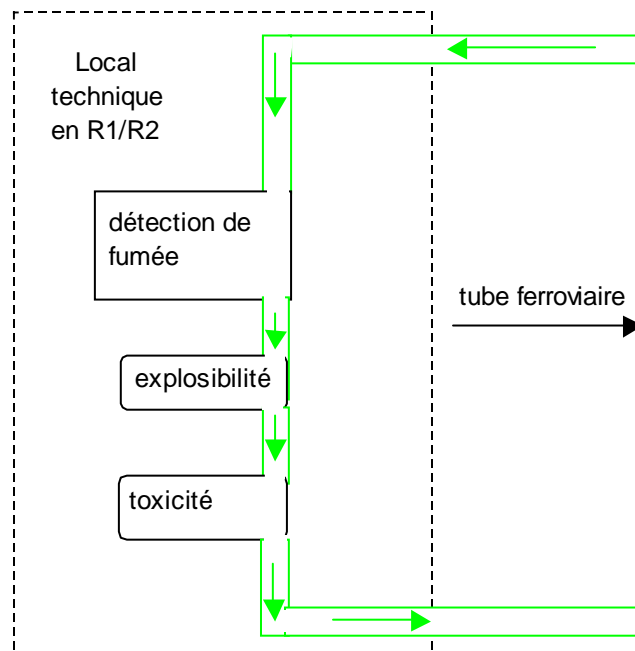


Figura 16 - Principio di circolo dei campioni

- Analisi dell'esplosività

All'uscita dal sensore di rilevamento di fumo, i campioni saranno analizzati con l'esplosimetro prima che venga analizzata la loro tossicità. Il rilevamento d'esplosività sarà realizzato con un sensore ad infrarossi calibrato sulla LIE dell'ottano. Questo sarà collegato ad una centrale o una camera d'analisi di gas che tratterà le informazioni inviate.

Tenuto conto delle materie pericolose ammesse nelle gallerie e che possono essere veicolate dal sistema di prelievo, la cellula di rilevamento dovrà essere antideflagrante.

Lasciemo a discrezione dell'installatore, a seconda delle caratteristiche dei sensori di rilevamento, la scelta di creare una camera per collocare il sensore di rilevamento, o per collocare i capillari del tubo stesso che collegano il sensore di rilevamento di fumo e quello di rilevamento di tossicità.

Vi saranno tante cellule di rilevamento di gas esplosivi quante sono le diramazioni tecniche. Inoltre, bisognerà aggiungere due cellule di rilevamento in ingresso e in uscita del sistema di rilevamento di fumo.

- Analisi della tossicità

Dopo aver analizzato l'esplosività dei campioni, il sensore di rilevamento successivo analizzerà la loro tossicità.

L'analisi sarà effettuata per mezzo di un analizzatore a 8 gas in grado di rilevare i gas seguenti:

- o Idrogeno,
- o Fosfina,
- o Monossido di carbonio,
- o Arsina,
- o Acido fluoridrico,
- o Cianuro d'idrogeno,
- o Ammoniaca,
- o Cloro.

Questa lista di gas è stata stabilita a partire dai gas tossici per inalazione benché nessuna analisi di rischio ci sia stata trasmessa. Dopo ricerche, abbiamo considerato quelli che possono svilupparsi in seguito ad una perdita in contatto con l'aria o con l'acqua e senza tener conto di una qualsivoglia probabilità di comparsa.

La camera sarà collegata alla centrale d'incendio.

Al fine di garantire un corretto funzionamento, il sistema dovrà poter analizzare il suo intasamento sulla base dell'analisi del proprio filtro. Inoltre, considerate le materie pericolose ammesse nella galleria e che possono essere veicolate dal sistema di prelievo, la camera d'analisi dovrà essere antideflagrante.

Il sistema di rilevamento di gas, essendo visto come un insieme, vi saranno tanti luoghi di rilevamento di gas esplosivi quanti saranno i luoghi di rilevamento di gas tossici.

- Rigoetto dei campioni analizzati

Dopo l'analisi, i campioni saranno inviati verso il tubo nel quale sono stati prelevati per mezzo d'un tubo di diametro 25 mm e antideflagrante. Quest'ultimo avrà alla sua estremità una valvola di non ritorno.

- Individuo che evolve all'interno dei tubi

Inoltre, benchè non facente parte del nostro studio, ci sembra opportuno evocare il caso in cui individui evolvono all'interno dei tubi ferroviari.

Per gli agenti addetti alla manutenzione, così come per i conducenti dei treni, raccomandiamo l'uso di sensori di rilevamento portatili in grado di rilevare 5 gas.

I cinque gas seguenti sono stati definiti a partire dalla lista dei gas da rilevare nella struttura:

- o Gas esplosivi,
- o O₂
- o Monossido di carbonio,
- o Fosfina,
- o Ammoniacca.

Inoltre, poiché il conducente del treno è incaricato di assicurare l'evacuazione dei passeggeri, egli sarà quindi portato a trascorrere più tempo in un ambiente viziato, e pertanto deve essere protetto da una maschera avente un'autonomia di 15 minuti. Vale anche la pena di verificare se il veicolo Sonia deve essere dotato in quantità sufficiente di questo tipo di maschera.

- Interfacce interne al sistema

I sensori d'esplosività, saranno direttamente collegati alla centrale per mezzo di un contatto libero da ogni potenziale. Inoltre, per l'analizzatore, la comunicazione sarà assicurata per mezzo di un'interfaccia di tipo RS232.

5.1.2 Cavi di trasmissione e d'alimentazione elettrica

Dopo aver studiato l'architettura dei sensori, esamineremo qui di seguito in che modo questi sono collegati alle altre apparecchiature.

La centrale di gas, comune per tutti i gas tossici e esplosivi, sarà collegata da una parte all'insieme dei sensori, e dall'altra parte al punto di concentrazione della rete di teletrasmissione. L'insieme dei cavi collocati a vista nella galleria e che garantiscono la trasmissione delle informazione tra questi vari elementi dovrà essere CR1/C1 e soddisfare i criteri della CIG sui cavi, ossia non contenere materiali:

- Alogeni,
- Propagatori d'incendio,
- Emettitori di fumi tossici.

Per gli altri cavi non è fornita nessuna raccomandazione, e pertanto potrà essere utilizzato un cavo standard di tipo C2.

Essendo la rete di circolo dei campioni parzialmente installata nei tubi ferroviari, questa sarà soggetta agli stessi vincoli imposti ai cavi.

5.1.3 Centrali

Dopo i cavi elettrici e di trasmissione, i sensori, descriviamo qui di seguito l'architettura delle centrali locali.

Al fine di minimizzare il numero di apparecchiature nei locali tecnici delle gallerie, la centrale di rilevamento di gas sarà comune al sistema di rilevamento di gas tossici e esplosivi, e installata ogni 1332 m, ossia in ogni locale tecnico.

Per soddisfare questo requisito, la centrale dovrà avere un numero sufficiente d'ingressi per generare gli allarmi tecnici dei due sensori d'esplosività e dei sensori di tossicità (questi numeri tengono conto dei due tubi).

Infine, dato che la centrale deve comunicare con la GTC per risalire alle informazioni, essa dovrà avere delle uscite in numero sufficiente per poter generare gli allarmi d'incidenti e tecnici.

5.1.4 Interfacce

Infine, per concludere la descrizione dell'architettura esamineremo qui di seguito le varie interfacce.

- Alimentazione elettrica

L'alimentazione della centrale sarà garantita da un'alimentazione a 230 V, la centrale ha il compito di alimentare tutti i sensori a punto singolo.

- Sistemi di scambio con la GTC

Solo la centrale di rilevamento di gas comunica con la GTC. Essa gli sarà collegata per mezzo di contatti asciutti collegati ad un modulo ingressi / uscite remoto oppure essa dovrà poter comunicare direttamente con la PCC tramite la rete di teletrasmissione alla quale sarà collegata.

- Interfacce con il sistema di rilevamento d'incendio in galleria

I campioni trasmessi per l'analisi del gas provengono dal sistema di rilevamento d'incendio che ha assicurato il loro prelievo e che li ha analizzati. Il trasporto avviene per mezzo di un tubo aventi le stesse caratteristiche di quello installato per lo scarico verso la galleria.

5.2 Analisi funzionale

Dopo aver descritto l'architettura, effettueremo un'analisi funzionale del sistema di rilevamento di gas, al fine di osservare in che modo si distribuisce l'intelligenza tra le apparecchiature di sito, le unità di trattamento locale e il sistema di supervisione.

5.2.1 Apparecchiature di sito

In questo paragrafo, osserveremo i sensori che possiedono tutta o parte dell'intelligenza del sistema e li analizzeremo.

L'insieme dei sensori di rilevamento dovrà poter stabilire se il suo livello d'intasamento consente un funzionamento corretto. Se necessario, un allarme tecnico sarà avviato al fine di allertare che il sensore è troppo sporco per poter essere efficace.

La camera d'analisi effettua il trattamento dei segnali inviati dai sensori al fine di stabilire da un lato il gas presente e dall'altro la sua concentrazione. Ciò consentirà di attivare un allarme quando sarà necessario.

5.2.2 *Trattamento locale*

Dopo aver descritto i sensori, esamineremo qui di seguito le funzioni assicurate dalle unità di trattamento locali.

La centrale è il luogo dell'intelligenza per quanto concerne il sistema di rilevamento di gas. Essa analizzerà i segnali inviati dai sensori e attiverà gli allarmi (presenza di gas o disturbo). Essa sarà quindi in grado di distinguere la differenza tra i segnali corrispondenti agli allarmi dai segnali corrispondenti alla presenza di gas. Nel momento in cui essa riceve un segnale, la centrale genererà un allarme correlato dalle relative coordinate temporali che trasmetterà alla GTC insieme al tipo di allarme (tecnico o d'incidente), il tipo di sensore che ha attivato l'allarme stesso e il tubo incriminato.

Inoltre, al fine di garantire un funzionamento efficace del sistema, la centrale interrogherà ogni due ore l'insieme dei sensori che essa monitorizza, al fine di verificare il funzionamento di quest'ultimi e della linea di comunicazione. In caso di non risposta, sarà generato un allarme, con relative coordinate temporali e l'insieme con il numero dell'ingresso a cui è collegato il sensore difettoso tramite la GTC, alla PCC.

Infine, se la centrale deve entrare in modalità "disturbo", questa dovrà inviare un allarme tecnico con relative coordinate temporali alla PCC per segnalarlo.

5.2.3 *Sistema di supervisione*

Infine, esamineremo qui di seguito le funzioni garantite dal sistema di supervisione.

Per il rilevamento di gas, la rete di teletrasmissione recupererà le informazioni rispedita dalla centrale (allarme di gas o allarme tecnico) alla PCC senza particolare trattamento.

La GTC dovrà quindi visualizzare sulla schermata generale delle apparecchiature di sicurezza controllate dalla GTC lo stato dei vari sensori:

- Normale,
- Guasto,
- Presenza di gas.

6. Schema d'installazione dei sensori rilevatori, schema dell'architettura, disegno di dettaglio

Sulla base dei piani stabiliti dal genio civile, il presente paragrafo definisce l'installazione dei sistemi.

6.1 Architettura generale

La figura seguente illustra il luogo d'installazione del sistema di rilevamento di gas in una sezione elementare di 1332m.

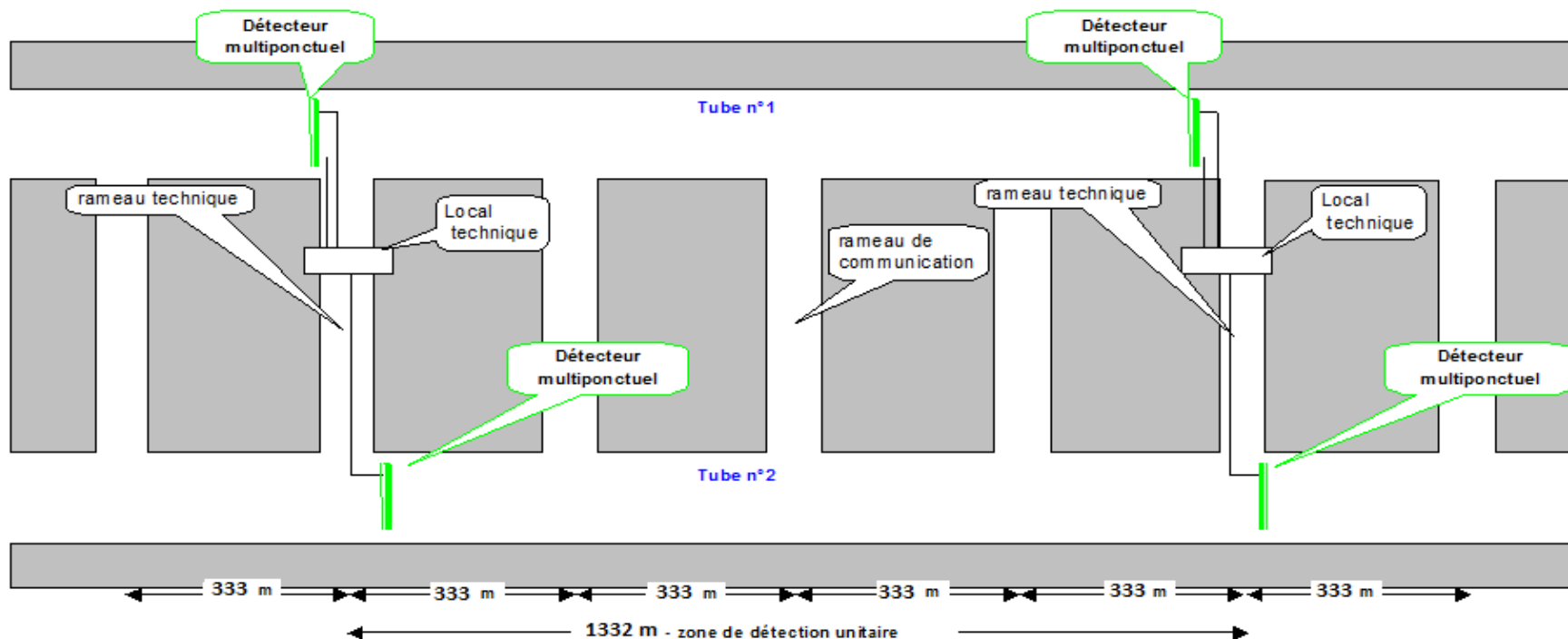


Figura 17 - Principio luoghi d'analisi dei gas

Le due figure seguenti illustrano il sistema di prelievo nei tubi ferroviari e di percorrenza dei campioni.

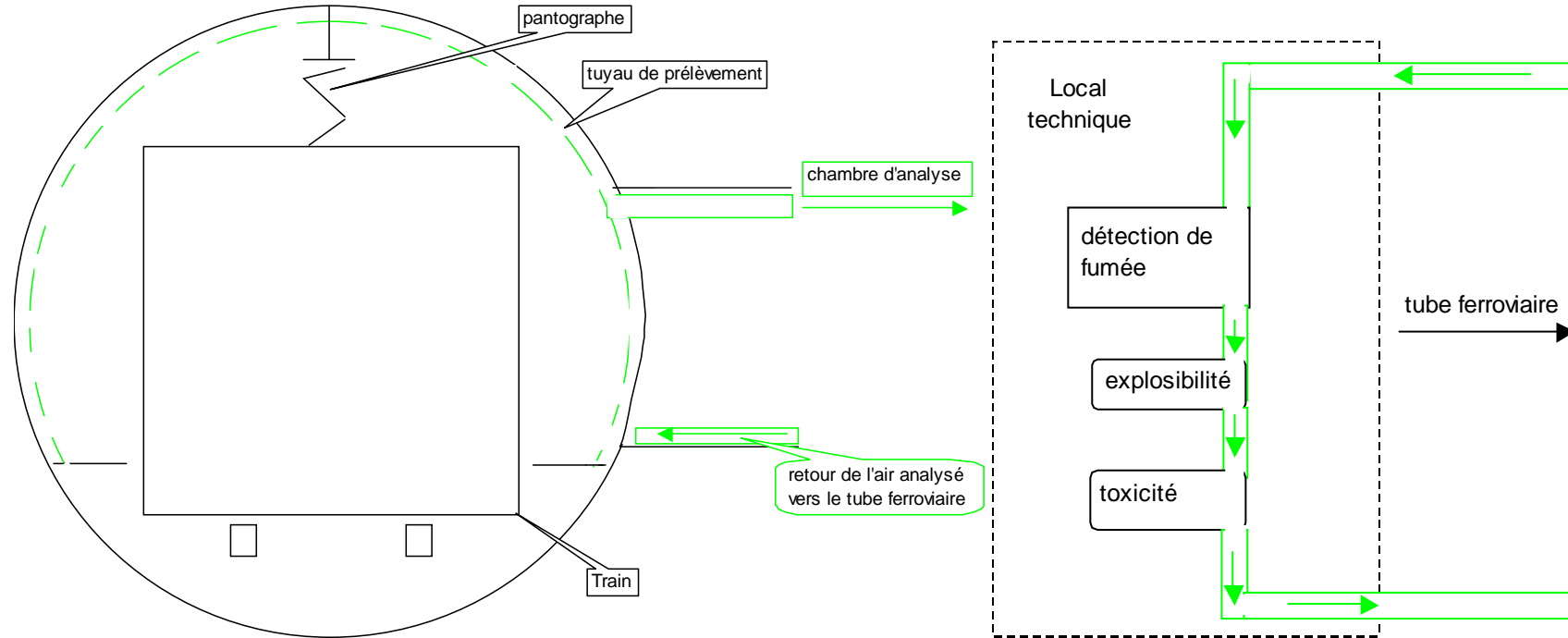


Figura 18 - Principio di prelievo

La figura seguente illustra le comunicazioni tra i vari tipi di sensori e la centrale di gas installata in ogni diramazione tecnica.

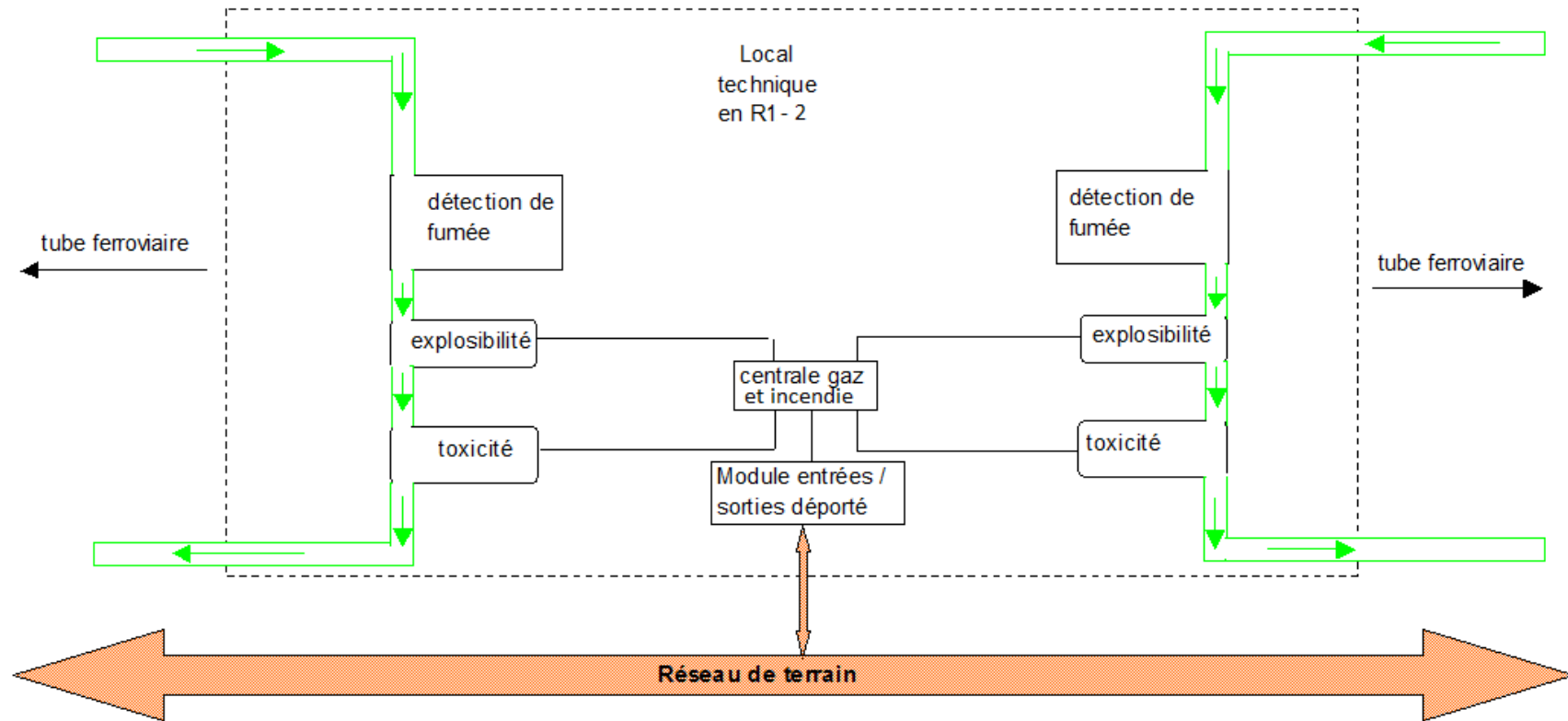


Figura 19 - Principio architettura del sistema di rilevamento di gas

Nota: la centrale potrà essere direttamente collegata alla rete di teletrasmissione.

Il piano d'installazione dettagliato dei sensori di rilevamento di gas è fornito nel piano "Piani d'installazione dei sensori di rilevamento di gas in galleria".

7. Specifiche tecniche

A partire dai vincoli, dalle prestazioni da raggiungere, e dall'architettura, il presente paragrafo definisce le specifiche tecniche dei vari materiali che costituiscono il sistema del rilevamento di gas.

7.1 Sensore di rilevamento di gas esplosivi

- Aspetti generali

- oNorme da osservare:

- EN 50121 (compatibilità elettromagnetica)
 - UIC 704 (compatibilità elettromagnetica)
 - EN 838 (Campionatori per diffusione per la quantificazioni di gas e vapori)
 - EN 61779-4 et EN 61779-5 (rilevamento e misurazione di gas combustibili)
 - EN 50241-2 (rilevamento di gas e vapori tossici a percorso aperti)

- oSpecifiche funzionali

- Rilevare l'esplosibilità a partire da 10% della LIE di un gas presente nell'ambiente.
 - Rilevare un guasto di funzionamento.
 - Analizzare il suo intasamento

- Progettazione elettrica

- Alimentazione: 24Vcc (intervallo di funzionamento da 15 a 32Vcc)
 - Consumo massimo: 5W

- Ingressi / Uscite

- Numero di uscite minime: 3 contatti asciutti (presenza di gas / disturbo / ausiliare)

- Progettazione meccanica

- Dimensioni massime: 410*350*200 mm
 - Peso inferiore a 30kg

- Vincoli di funzionamento (Temperatura / Umidità)

- Temperatura: da -10 a +50°C
 - Umidità relativa a 90% senza condensa.
 - Velocità massima del flusso d'aria inferiore a 6m/s

- Varie

- oCertificazione

- Atex zona 1 (gas e vapori)
- IP46
- oGaranzia
 - Minimo 3 anni

7.2 Analizzatore di gas tossici

- Aspetti generali
 - oNorme da osservare:
 - EN 50121 (compatibilità elettromagnetica)
 - UIC 704 (compatibilità elettromagnetica)
 - EN 838 (Campionatori per diffusione per la quantificazioni di gas e vapori)
 - EN 50241-2 (rilevamento di gas e vapori tossici a percorso aperti)
 - oSpecifiche funzionali
 - Rilevare al minimo delle concentrazioni di 0,02ppm.
 - Analizzare l'intasamento del filtro
 - Rilevare un guasto di funzionamento
- Progettazione elettrica
 - Alimentazione: da 230V a 50Hz o a 24Vcc (intervallo di funzionamento tra 15Vcc e 32Vcc)
 - Consumo inferiore a 1kW
- Ingressi / Uscite
 - Il numero di ingressi massimo per contatti asciutti è di 8
 - L'uscita sarà con interfaccia di tipo RS232 o per contatti asciutti
- Progettazione meccanica
 - Dimensioni massime: 670*480*350 mm
 - Peso massimo: 80kg
- Vincoli di funzionamento (Temperatura / Umidità)
 - Temperatura: da +5 a +35°C
 - Umidità relativa inferiore a 80% senza condensa
 - Velocità del flusso d'aria inferiore a 6m/s
- Varie
 - oCertificazione

- Atex zona 1 (gas e vapori)
- IP46

oGaranzia

- Minimo 3 anni

7.3 Centrale di rilevamento di gas

- Aspetti generali

- oNorme da osservare:

- EN 50121 (compatibilità elettromagnetica)
 - UIC 704 (compatibilità elettromagnetica)

- oSpecifiche funzionali

- Generare degli allarmi correlati dalle relativi coordinate temporali e gestibili dalla PCC
 - Fungere da interfaccia per i comandi dati dalla PCC
 - Verificare il corretto funzionamento della linea e dei sensori
 - Rilevare un malfunzionamento

- Progettazione elettrica

- oAlimentazione: 230V a 50Hz

- oConsumo inferiore a 150W

- Ingressi / Uscite

- oNumero nominale di uscite per contatto asciutto 2 per sensori collegati ossia 8 e 3 contatti asciutti per la centrale

- oNumero di ingressi per contatto asciutto tra 4 e 20

- oInoltre, potrà essere prevista un'uscita in TCP/IP.

- Progettazione meccanica

- oL'ingombro massimo sarà di 19''*15U*400mm

- oIl peso massimo è di 4Kg

- Vincoli di funzionamento (Temperatura / Umidità)

- oTemperature: da 0° a +40°C

- oIgrometria relativa inferiore a 90%

- Varie

oCertificazione

- IP64

oGaranzia

- Minimo 3 anni

7.4 Sensori di rilevamento portatili

- Aspetti generali

- oNorme da osservare:

- EN 61779-4 et EN 61779-5 (rilevamento e misurazione di gas combustibili)
 - EN 50241-2 (rilevamento di gas e vapori tossici a percorso aperti)

- oSpecifiche funzionali

- Rilevare i 5 gas seguenti: gas esplosivi, O₂,
 - Emettere un allarme sonoro in caso di rilevamento
 - Visualizzare la concentrazione misurata
 - Cellule di rilevamento intercambiabili e automaticamente riconosciute
 - Registrazione degli allarmi in memoria
 - Interfacciabile con un PC per risalire alle informazioni contenute in memoria.

- Progettazione elettrica

- oAlimentazione a batteria Ni-mH

- oAutonomia 12 ore

- oCaricabatteria integrato

- Ingressi / Uscite

- oUscita seriale verso un PC per configurazione, calibratura e recupero degli allarmi registrati.

- Progettazione meccanica

- oDimensioni massime 150*100*50

- oPeso massimo: 500g

- Vincoli di funzionamento (Temperatura / Umidità)

- oTemperature di funzionamento: da -10° a +40°C

- oUmidità relativa inferiore a 90%

- Varie

oCertificazione

- IP66

oGaranzia

- Minimo 3 anni per l'apparecchio
- 6 mesi per la batteria

7.5 Maschera pressurizzata

- Aspetti generali

- oNorme da osservare:

- EN 1146 (apparecchio di protezione respiratoria per l'evacuazione)

- oSpecifiche funzionali

- Assicurare in modo autonomo la protezione respiratoria dell'utilizzatore per 15 minuti
 - Avvertire l'utilizzatore prima della fine dell'autonomia
 - Disporre di una maschera universale adattabile alle persone con barba o che portino occhiali
 - Facilmente trasportabile e che non intralci l'evacuazione.

- Progettazione meccanica

- oDimensioni massime: 250*400*200mm

- oPeso massimo 5Kg

- oPortata superiore a 25l/min.

- Varie

- oGaranzia

- Minimo 3 anni

7.6 Stazione di supporto delle apparecchiature

- Aspetti generali

- oNorme da osservare:

- EN 61587-1 (test climatici, meccanici e aspetti inerenti alla sicurezza)
 - EN 61587-1 (test di funzionamento della protezione elettromagnetica)

- oSpecifiche funzionali

- I telai saranno:
di tipo “collocato al suolo”

Caractéristiques des détecteurs de gaz / Caratteristiche dei sensori rilevatori di gas

Accessibile dalla porta anteriore e posteriore

Accessibile lateralmente dal pannello smontabile

- Le porte saranno, a priori, piene tranne se è necessario che siano vetrate per consentire la visualizzazione delle spie e dei display.

I telai dovranno essere dotati di barrette su guida di scorrimento laterale integrate all'interno del telaio, al fine di poter collocare un computer portatile di manutenzione. Queste saranno presenti anteriormente e posteriormente al telaio. Ci saranno quindi due barrette per sito.

- Progettazione elettrica
 - o Il telaio assicurerà la distribuzione elettrica delle apparecchiature installate all'interno e dei disgiuntori saranno previsti per le apparecchiature
 - o Un pannello di 4 prese a 230V sarà disponibile
- Progettazione termica
 - o Ogni telaio comprenderà un modulo di ventilazione dal formato 19'' che consente di mantenere una temperatura inferiore a 25°C all'interno del telaio.
 - o La ventilazione sarà gestita da un termostato installato nel telaio. La ventilazione si attiverà in caso di temperatura superiore a 20°C nel telaio.
- Vincoli di funzionamento (Temperatura / Umidità)
 - o Temperature di funzionamento: da +5° a +50°C
 - o Umidità relativa inferiore a 90%
- Progettazione meccanica
 - o Ingombro 48U*800''*900 mm
 - o Formato dei rack 19''
- Varie
 - o Certificazione
 - IP23
 - o Garanzia
 - Minimo 3 anni

8. Elementi d'installazione e manutenzione

Dopo aver descritto il sistema di rilevamento di gas sulla base della sua progettazione, osserviamo qui di seguito gli elementi inerenti alla sua installazione e manutenzione.

8.1 Installazione

Per l'installazione, cominceremo con il descrivere le operazioni di manutenzione del sistema.

8.2 **Manutenzione**

Basandoci sugli elementi disponibili, stabiliamo qui di seguito, per il sistema di rilevamento di gas, le operazioni da effettuare e gli intervalli in termini di manutenzione preventiva, correttiva e straordinaria.

8.2.1 Preventiva

Occorre effettuare un controllo dell'insieme delle apparecchiature ogni due mesi e mezzo per pulire tutti i filtri. La pulizia dei filtri va effettuata nel seguente modo: al momento della consegna, saranno forniti due set di filtri affinché la squadra addetta alla manutenzione possa rimuovere i filtri sporchi e sostituirli con dei filtri puliti durante le ore di manutenzione previste e successivamente, i filtri sporchi saranno puliti all'esterno della galleria.

Ogni 6 mesi, va effettuata la pulizia e la calibrazione dei sensori di rilevamento di esplosivi. Per i sensori della camera d'analisi, la ricalibratura dei parametri di rilevamento sarà effettuata ogni 6 mesi.

Ogni 18 mesi, sarà eseguito un test dei sensori di rilevamento di gas tossici e esplosivi. Il protocollo di test sarà da stabilire al momento della negoziazione del contratto di manutenzione. Con la stessa periodicità, saranno pulite le reti di scarico.

Il controllo preventivo non deve ostacolare la circolazione.

8.2.2 Correttiva

Quando la distanza tra due apparecchiature che funzionano in modo corretto è inferiore a 3500m, il trattamento del malfunzionamento sarà effettuato durante gli orari di manutenzione. In caso contrario, la circolazione sarà ostacolata dall'invio di un treno per l'invio del personale addetto alla manutenzione nelle diramazioni in cui essi devono intervenire. La velocità di circolazione sarà ridotta in prossimità della zona di manutenzione.

Tenuto conto del numero di apparecchiature e della durata della fornitura, l'insieme delle apparecchiature elettroniche dovrà essere disponibile in stock, in quantità minima di due pezzi per apparecchiatura, sulla zona LTF.

8.2.1 Modernizzazione o manutenzione straordinaria

Ogni anno saranno sostituiti tutti i filtri.

Dopo 15 anni di esercizio, occorre effettuare una modernizzazione delle apparecchiature. Verrà data preferenza ad una modernizzazione totale delle apparecchiature elettroniche e meccaniche, fatta eccezione delle reti di scarico. Per quest'ultime, preferiremo, se necessario, un riallestimento.

9. Bilancio di potenza

Questo paragrafo, presenta un bilancio di potenza del sistema di rilevamento di gas. Esso tiene conto delle apparecchiature che sono collocate nei tubi ferroviari.

Partendo dall'ipotesi che l'architettura elettrica Bassa Tensione si baserà su dei TGBT collocati nei locali tecnici delle diramazioni di comuniazione, questo bilancio presenta l'esigenza in termini di potenza per ogni diramazione tecnica.

Il seguente bilancio di potenza è stato stabilito considerando che tutte le apparecchiature funzionino simultaneamente e siano tutte alimentate da inverter a partire dal TGBT collocato nel locale della diramazione tecnica.

Designazione	Potenza unitaria (VA)	Quantità per diramazione R1 o R1-2	Consumo nominale per R1o R1-2 (VA)
<i>Rilevamento di gas</i>			
Centrale d'incendio	150	1	150
Ventilatore di scarico	500	2	1 000
Sensori	1 000	2	2 000
Climatizzazione dei telai	3 500	1	3 500
Presse elettriche dei telai	500	2	1 000
Riserva	20%		1 530
Totale			9 180

Tabella 5 - Bilancio di potenza

Abbiamo contato 44 diramazioni R1 e R1-2 nelle gallerie. Prevediamo quindi che la totalità del sistema di prelievo con i sensori consumerà $44 \times 9,2$ kVA, ossia 405 kVA.

10. Allegati

10.1 Allegato 1

Esigenza	Tecnologia consigliata
Rilevamento di gas tossici	Sensori elettrochimici
Rilevamento di gas esplosivi	Ad infrarossi
Sensori di rilevamento portatili	Multi-gas per cellula elettrochimica

Tabella 6 – Tecnologie adottate

10.2 Allegato 2

CODICE	DESIGNAZIONE	CLASSE INFLUENZA ESTERNEA	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 (1mm)
		4	Polveri
AF	Presenza di sostanze corrosive o inquinanti	1	Trascurabile
		2	Trascurabile
		3	Agenti atmosferici
		4	Intermittente o accidentale Permanente
AG	Vincoli meccanici, urti	1	Deboli
		2	Medi
		3	Forti
AH	Vibrazioni	1	Deboli
		2	Medie
		3	Forti
AJ	Altra pressione meccanica *		
AK	Flora	1	Trascurabile
		2	Rischio
AL	Fauna	1	Trascurabile
		2	Rischio
AM	Influenze	1	Tracurabili

Caractéristiques des détecteurs de gaz / Caratteristiche dei sensori rilevatori di gas

	elettromagnetiche	2 3 4 5 6	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	Nulli Deboli Frequenti Continui
BD	Evacuazione	1 2 3 4	Normali Difficili Intasate Lunghe e intasate
BE	Materie	1 2 3 4	Rischi trascurabili Rischi d'incendio Rischio di esplosione rischio di contaminazione
CA	Materiali	1 2	Non combustibili Combustibili
CB	Struttura	1 2 3 4	Rischio trascurabile Propagazione d'incendio Movimenti Flessibile

Tabella 7 – 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.

