

LIAISON LYON - TURIN / COLLEGAMENTO TORINO - LIONE

Partie commune franco-italienne
 Traité du 29/01/2001

Tratta comune italo-francese
 Trattato del 29/01/2001

NUOVA LINEA TORINO LIONE

PARTE COMUNE ITALO FRANCESE - TRATTA IN TERRITORIO ITALIANO
 CUP C11J05000030001

 **Tecnimont**
 Dott. Ing. Aldo Mancarella
 Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271, R

 **Tecnimont**
 Dott. Ing. Aldo Mancarella
 Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271, R

PROGETTO PRELIMINARE IN VARIANTE

EQUIPEMENT DE SECURITE / IMPIANTI DI SICUREZZA

NOTICE GENERALE / NOTA GENERALE

Indice	Date / Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérifié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	26/04/2010	PRIMA DIFFUSIONE / PREMIERE DIFFUSION	F.HERVE (SETEC)	M. PIHOUEE C.OGNIBENE	M.FORESTA A.MANCARELLA
A	25/06/2010	REVISIONE IN SEGUITO AI COMMENTI LTF	F.HERVE (SETEC)	M. PIHOUEE C.OGNIBENE	M.FORESTA A.MANCARELLA

Cod Doc	P	P	2	C	2	B	T	S	3	0	0	6	7	A	A	P	N	O	T
	Phase / Fase		Sigle étude / Sigla			Émetteur / Emittente			Numero			Indice		Statut / Stato		Type / Tipo			

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

ECHELLE / SCALA
-



LTF sas - 1091 Avenue de la Boisse BP 80361 F-73006 CHAMBERY CEDEX (France)
 Tél.: +33 (0) 4.79.68.56.50 - Fax: +33 (0) 4.79.68.56.59
 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)

INDICE

1.	RIASSUNTO / SYNTHÈSE	6
2.	GENERALITÀ	6
2.1	OGGETTO	6
2.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	7
2.3	SOTTO SISTEMI COMPRESI	7
2.4	NORMATIVA	7
2.5	ACRONIMI	9
3.	SISTEMA RILEVAMENTO INCENDIO IN TUBI FERROVIARI	10
3.1	OBIETTIVO DEL SISTEMA	10
3.2	TOPOLOGIA E GEOMETRIA DELLE OPERE	10
3.3	ESIGENZE	10
3.3.1	Esigenze di sicurezza	10
3.3.2	Esigenze ambientali	11
3.3.3	Esigenze d'esercizio e di manutenzione	11
3.3.4	Esigenze di realizzazione	12
3.3.5	Esigenze di evolutività	12
3.4	PERFORMANCE	12
3.4.1	Rilevamento di fumo	12
3.4.2	Rilevamento di fiamma	13
3.4.3	Rilevamento lineare di calore	13
3.5	ARCHITETTURA DEL SISTEMA E INSTALLAZIONE	14
3.5.1	Architettura generale	14
3.5.2	Sensori	16
3.5.3	Cavi di trasmissione e di alimentazione elettrica	19
3.5.4	Centrali	19
3.5.5	Interfacce	20
4.	RILEVATORI DI INCENDIO NEI LOCALI	21
4.1	OBIETTIVO DEL SISTEMA	21
4.2	TOPOLOGIA E GEOMETRIA DELLE OPERE	21
4.3	ESIGENZE	21
4.3.1	Esigenze di sicurezza	21
4.3.2	Esigenze ambientali	22
4.3.3	Esigenze d'esercizio e di manutenzione	22
4.3.4	Esigenze di realizzazione	22
4.3.5	Esigenze di evolutività	22

4.4	PERFORMANCE	22
4.5	ARCHITETTURA DELL'IMPIANTO E INSTALLAZIONE	23
4.5.1	Sensori	23
4.5.2	Cavi di trasmissione e di alimentazione elettrica	30
4.5.3	Centrali	30
4.5.4	Interfacce	31
5.	PORTALI TERMOGRAFICI	32
5.1	OBIETTIVI DEL SISTEMA	32
5.2	TOPOLOGIA E GEOMETRIA DELLE OPERE	32
5.3	ESIGENZE	32
5.3.1	Esigenze di sicurezza	32
5.3.2	Esigenze ambientali	32
5.4	ESIGENZE D'ESERCIZIO E MANUTENZIONE	33
5.4.1	Esigenze di realizzazione	33
5.4.2	Esigenze di evolutività	34
5.5	PERFORMANCE	34
5.6	ARCHITETTURA DEL SISTEMA E INSTALLAZIONE	35
5.6.1	Sensori	37
5.6.2	Portali	39
5.6.3	Cavi di trasmissione e di alimentazione elettrica	40
5.6.4	Sistema di trattamento	41
5.6.5	Interfacce	41
6.	SISTEMA RILEVAMENTO DI SAGOMA	43
6.1	OBIETTIVI DEL SISTEMA	43
6.2	ESIGENZE	43
6.2.1	Esigenze di sicurezza	43
6.2.2	Esigenze ambientali	44
6.2.3	Esigenze d'esercizio e manutenzione	44
6.2.4	Esigenze di installazione	44
6.2.5	Esigenze di evolutività	45
6.3	PERFORMANCE	45
6.4	ARCHITETTURA DEL SISTEMA ED INSTALLAZIONE	46
6.4.1	Architettura generale	46
6.4.2	Sensori	47
6.4.3	Portico	47
6.4.4	Cavo di trasmissione e d'alimentazione elettrica	50
6.4.5	Quadri	51
6.4.6	Interfacce	51

7.	RILEVATORI DI GAS	53
7.1	OBIETTIVO DEL SISTEMA	53
7.2	TOPOLOGIA E GEOMETRIA DELLE OPERE	53
7.3	ESIGENZE	53
7.3.1	Esigenze di sicurezza	53
7.3.2	Esigenze ambientali	54
7.3.3	Esigenze di esercizio e di manutenzione	54
7.3.4	Esigenze di realizzazione	54
7.3.5	Esigenze di evolutività	54
7.4	PERFORMANCE	55
7.5	ARCHITETTURA DEL SISTEMA ED INSTALLAZIONE	56
7.5.1	Architettura generale	56
7.5.2	Sensori	57
7.5.3	Cavi di trasmissione e di alimentazione elettrica	60
7.5.4	Centrali	60
7.5.5	Interfacce	60
8.	RILEVATORI DI DERAGLIAMENTO	62
8.1	OBIETTIVI DEL SISTEMA	62
8.2	TOPOLOGIA E GEOMETRIA DELLE OPERE	62
8.3	ESIGENZE	62
8.3.1	Esigenze di sicurezza	62
8.3.2	Esigenze ambientali	63
8.3.3	Esigenze d'esercizio e di manutenzione	63
8.3.4	Esigenze d'installazione	64
8.3.5	Esigenze d'evolutività	64
8.3.6	Performance	65
8.4	ARCHITETTURA DEL SISTEMA ED INSTALLAZIONE	65
8.4.1	Architettura generale	65
8.4.2	Sensori	67
8.4.3	Cavo di trasmissione e di alimentazione elettrica	67
8.4.4	Quadro locale	67
8.4.5	Interfacce	68
9.	SISTEMA DI RILEVAMENTO DI TEMPERATURA DI BOCCOLE	69
9.1	OBIETTIVI DEL SISTEMA	69
9.2	TOPOLOGIA E GEOMETRIA DELLE OPERE	70
9.3.1	Esigenze di sicurezza	70
9.3.2	Esigenze ambientali	71
9.3.3	Esigenze d'esercizio e di manutenzione	71

9.3.4	Esigenze d'installazione	72
9.4	PERFORMANCE	72
9.5	ARCHITETTURA DEL SISTEMA ED INSTALLAZIONE	73
9.5.1	Architettura generale	73
9.5.2	Sensori	74
9.5.3	Cavo di trasmissione e di alimentazione elettrica	77
9.5.4	Quadri	78
9.5.5	Interfacce	80
10.	SEGNALAMENTO NEI RAMI	81
10.1	OBIETTIVI DEL SISTEMA	81
10.2	TOPOLOGIA E GEOMETRIA DELLE OPERE	81
10.3.1	Esigenze di sicurezza	81
10.3.2	Esigenze ambientali	82
10.3.3	Esigenze di esercizio e di manutenzione	82
10.3.4	Esigenze d'installazione	83
10.3.5	Esigenze di evolutività	83
10.4	PERFORMANCE	83
10.5	ARCHITETTURA DEL SISTEMA ED INSTALLAZIONE	84
10.5.1	Architecture générale	84
10.5.2	Segnalamento	85
10.5.3	Automa	85
10.5.4	Cavo di trasmissione e di alimentazione elettrica	85
10.5.5	Interfacce	86
11.	STAZIONI METEO	87
11.1	OBIETTIVI DEL SISTEMA	87
11.2	TOPOLOGIA E GEOMETRIA DELLE OPERE	87
11.2.1	Esigenze di sicurezza	87
11.2.2	Esigenze ambientali	88
11.2.3	Esigenze di esercizio e di manutenzione	88
11.2.4	Esigenze d'installazione	88
11.3	PERFORMANCE	88
11.4	ARCHITETTURA DEL SISTEMA ED INSTALLAZIONE	90
11.4.1	Architettura generale	90
11.4.2	Sensori	91
11.4.3	Cavi di trasmissione e d'alimentazione elettrica	92
11.4.4	Sistema di trattamento	92
11.4.5	Interfacce	92

1.

1. RIASSUNTO / SYNTHÈSE

Gli impianti e dispositivi di sicurezza intervengono in maniera sostanziale nel controllo dell'opera, in modo da assicurare la protezione delle persone e dei beni. Questi impianti dovranno dunque essere definiti in maniera ottimale, sia dal punto di vista tecnico che economico.

I dispositivi seguenti fanno parte degli impianti di sicurezza: rilevatori incendio, portali termografici, rilevatori di sagoma, rilevatori di gas, rilevatori di boccole calde, rilevatori di deragliamenti, segnalamento nei rami, stazioni meteo.

Les Equipements de Sécurité interviennent de manière substantielle dans la surveillance de l'ouvrage, de manière à assurer la protection des personnes et des biens. Ces équipements se doivent donc d'être définis de façon optimale tant d'un point de vue technique que d'un point de vue économique.

Au titre des équipements de sécurité, sont concernés les systèmes suivants : détection incendie en locaux et dans les tunnels de base et de l'Orsiera, dispositifs de détection thermographique, portails de détection automatique de gabarit, détecteurs de gaz en tunnels, détecteurs de boîtes chaudes, détection des déraillements, signaux indicateurs dans les rameaux de communication, stations météorologiques.

2. Generalità

2.1 Oggetto

I governi Italiano e Francese hanno deciso di avviare la realizzazione di una nuova linea ferroviaria tra Lione e Torino. Questo progetto consiste essenzialmente nella sistemazione di un itinerario trasporto ferroviario ad alto rendimento per la traversata delle Alpi, destinato in particolare a limitare il traffico stradale transitante attraverso delle zone sensibili dal punto di vista ecologico.

Questo nuovo collegamento comporterà anche una dimensione viaggiatori importante, in quanto collegherà le reti alta velocità Francese e Italiana offrendo così dei tempi di percorso ridotti tra due regioni di frontiera attraenti quali sono il Piemonte e la Savoia.

Benchè costituita di tre tratte distinte, di cui due nazionali, solamente la parte comune franco-italiana detta « internazionale » tra Saint-Jean de Maurienne e l'interconnessione con la linea storica fa l'oggetto del nostro studio.

La tratta presa in considerazione avrà una lunghezza totale di circa 80km e le principali opere che la costituiscono saranno le seguenti :

- I raccordi alla linea storica di Saint Jean de Maurienne
- Il tunnel di base di 57.283 m
- La stazione internazionale di Susa
- Il tunnel dell'Orsiera di una lunghezza di 19.243 m
- L'interconnessione con la linea storica nella Piana delle Chiuse

2.2 Documenti di riferimento

- PP2-TEC/-LTF-0001 – Capitolato tecnico dettagliato – Lot C2 - Impianti
- APR-B3/-TS2-0050 – Capitolato tecnico semplificato
- APR-B3/-TS2-du 1200 au 1208 – Impianti di Sicurezza
- PP2-C1/-TS3-0015 – Sistemi di rilevamento di anomalie sui treni
- PP2-C1/-TS3-0022 – Impianti e dispositivi di sicurezza – aree di sicurezza
- PP2-C1/-TS3-0023 – Impianti e dispositivi di sicurezza – aree di intervento
- PP2-C1/-TS3-0023 – Impianti e dispositivi di sicurezza: Tunnel e discenderie
- Consegna 37
- Consegna 44
- Consegna 48

2.3 Sotto sistemi compresi

Gli impianti e dispositivi di sicurezza intervengono in maniera sostanziale nel controllo dell'opera, in modo da assicurare la protezione delle persone e dei beni. Questi impianti dovranno dunque essere definiti in maniera ottimale, sia dal punto di vista tecnico che economico.

Gli impianti di sicurezza coprono tutta la zona internazionale del progetto del collegamento ferroviario tra Lione e Torino

I dispositivi seguenti fanno parte degli impianti di sicurezza:

- rilevatori incendio:
- portali termografici,
- rilevatori di sagoma
- rilevatori di gas,
- rilevatori di boccole calde,
- rilevatori di deragliamenti,
- segnalamento nei rami,
- stazioni meteo.

2.4 Normativa

➤ *Direttive europee e norme STI*

- Serie EN 54 relativa ai sistemi di rilevamento e d'allarmi incendio,
- Specifiche tecniche d'Interoperabilità riprese dalle decisioni seguenti del Consiglio Europeo: 2002/730/CE, 2002/731/CE, 2002/732/CE, 2002/733/CE, 2002/734/CE, e 2002/735/CE,

- Direttiva del Consiglio Europeo 96/48/CE (relativa all'interoperabilità ferroviaria alta velocità in materia di sicurezza),
 - Direttiva del Consiglio Europeo n° 73/23/EEC : "Direttiva bassa tensione".
 - NF EN 61587-1 : "prove climatiche, meccaniche ed aspetti di sicurezza dei pannelli, infissi, recipienti a carte e telai"
 - NF EN 61587-3 : "prove di funzionamento della schermatura elettromagnetica per pannelli, infissi, recipienti a carte e telai",
 - NF EN 60825 : "Sicurezza delle apparecchiature laser".
 - Serie EN 61779 relativa ai sistemi di rilevamento e d'allarmi di gas,
 - Serie EN 50241 relativa ai sistemi di rilevamento e d'allarmi di gas,
 - EN 50271 : « Apparecchiature elettriche di rilevamento e di misura dei gas combustibili, dei gas tossici o dell'ossigeno - Esigenze e prove per le apparecchiature che utilizzano software e/o tecnologie numeriche »,
 - EN 838 : « Atmosfere dei luoghi di lavoro - Campionatori per diffusione per la determinazione dei gas e vapori - Prescrizioni 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 maschera (apparecchi di evacuazione ad aria compressa con maschera) - Esigenze, prove, marcatura »
 - EN 61587 : « Strutture meccaniche per impianto elettronico - Prove per la CEI 60917 e la CEI 60297 - Parte 1 : prove climatiche, meccaniche ed aspetti di sicurezza dei pannelli, infissi, recipienti a carte e telai »
 - Direttiva europea CEM 89/336/CEE (norma ENV50121-4) : "Applicazioni ferroviarie - Compatibilità elettromagnetica"
 - Direttiva europea DBT 93/68/CEE (norma NF EN 60950) : "Materiali di trattamento dell'informazione - Sicurezza"
 - NF EN 50121-4 : CEM, applicazioni ferroviarie. Emissione ed immunità delle apparecchiature di segnalamento e di telecomunicazione.
- *Autres normes*
- Codici del lavoro francese ed italiano
- ISO 7240 : « Sistemi di rilevamento e d'allarme d'incendio »,
- Codice UIC 779-9 : " Sicurezza nei tunnel ferroviari ",
 - CEI 364-3 : "Impianti elettrici degli edifici - determinazione delle caratteristiche generali"
 - EN 61587-1 : "prove climatiche, meccaniche e aspetti di sicurezza",
 - EN 61587-3 : "prove di funzionamento della schermatura elettromagnetica"
 - Scheda UIC 606-1 : "Conseguenze dell'applicazione delle sagome cinematiche definite dalle schede UIC 505 sulla progettazione del sistema catenaria",
 - Scheda UIC 505-1 : "Materiale da trasporto ferroviario – Sagoma di costruzione del materiale rotabile",
 - Scheda UIC 608 : "Condizioni da rispettare per i pantografi degli apparecchi motori utilizzati in servizio internazionale".

2.5 Acronimi

	Francese	Italiano
CR1/C1, C2	Niveau de résistance au feu des câbles	Livello di resistenza al fuoco dei cavi elettrici
DBC/RTB	Détecteur de Boite chaude	Rilevatore di temperatura boccole calde
DD	Détecteur de Déraillement	Rilevatore di deragliament
DGb	Détecteur de Gabarit	Rilevatore di sagoma
ERP/SRP	Etablissement Recevant du Public	Stabilimento Ricevente Pubblico
LED	Diode ElectroLuminescente	Diodo ad emissione di luce
LIE	Limite Inférieure d'Explosimétrie	Limite Inferiore d'Esplosimetria
PCC	Poste Control et Commande	Posto di controllo e comando
ppm	Parties Par Milion	Particelle per milione
PT	Portail thermographique	Portale termografico
SM	Station Meteo	Stazione meteo
UV/IR3	Détecteur Ultraviolet et triple Infrarouge	Detettore ultravioletto a tripla banda infrarossa
UV/IR2	détecteur Ultraviolet et double Infrarouge	Detettore ultravioletto a doppia banda infrarossa

3. Sistema rilevamento incendio in tubi ferroviari

Presentiamo, qui, il sistema di rilevamento incendio in tubo ferroviario installato al titolo degli impianti di sicurezza. Per questo, dopo aver risituato il sistema nel suo contesto ed enunciato i suoi obiettivi, porteremo la nostra attenzione sulle opere e normative che l'influenzano. Infine, elencheremo le esigenze alle quali è sottomesso e le performance da raggiungere.

3.1 Obiettivo del sistema

L'obiettivo del sistema di rilevamento incendio in tubi ferroviari sarà di rilevare al più presto possibile i segni di un incendio, localizzato su qualsiasi tipo di materiale rotabile nella zona LTF per:

- Impedire che il treno seguente entri nella nuvola di fumo creata dal treno in fuoco,
- Limitare al minimo il numero di persone che dovranno evacuare in una zona riempita di fumo,
- Prendere l'insieme delle misure necessarie d'esercizio per il treno incendiato.

3.2 Topologia e geometria delle opere

Le opere che hanno un impatto sul sistema di rilevamento incendio in tubi ferroviari saranno :

- Il profilo in lungo
- Lo spaccato tipo in corrispondenza dei rami tecnici
- La posizione dei rami tecnici,
- La configurazione dei locali tecnici presenti nei rami.

3.3 Esigenze

3.3.1 Esigenze di sicurezza

➤ *Esigenze funzionali*

Gli studi funzionali di sicurezza del lotto A2 stipulano per il rilevamento incendio in tubi ferroviari di :

- Rilevare ogni tipo di fuoco non compartimentato su ogni tipo di treno in movimento
- Far scattare istantaneamente un allarme al PCC al momento di un rilevamento

➤ *Sicurezza dei beni e delle persone*

- Gli impianti ed i loro attacchi piazzati in tunnel dovranno resistere a temperature di 1100°C,

- Gli impianti di prelievo dovranno essere antideflagranti e incombustibili. Quelli d'analisi, unicamente antideflagranti,
- Tutti i cavi elettrici e tubi posati in tunnel per il rilevamento incendio, non dovranno contenere :
 - Alogeni,
 - Propagatori d'incendio,
 - Emettori di fumi tossici.

3.3.2 *Esigenze ambientali*

- La catenaria produrrà un campo elettromagnetico importante. Questo campo elettromagnetico non dovrà essere perturbato da un impianto irradiante in una zona uguale ad un disco di raggio 32 cm attorno all'asse della catenaria,
- La costruzione dei tunnel produrrà della polvere di calcestruzzo. La quantità sarà importante all'inizio e insignificante dopo un anno d'esercizio,
- L'usura della catenaria si tradurrà con la presenza di polvere di rame. Quella delle rotaie provocherà polveri d'acciaio. Le quantità saranno importanti durante tutto l'esercizio,
- La variazione di pressione dovuta al passaggio del treno sarà dell'ordine di 10 kPa,
- La roccia è naturalmente calda tra 30 e 40°C,
- Igrometria sconosciuta
- Le vibrazioni generate dal passaggio del treno saranno importanti,
- In testa di tunnel, le condizioni ambientali sono quelle di una vallata alpina a 600 m d'altitudine (umidità, nebbia, vento, precipitazione, ecc.),

3.3.3 *Esigenze d'esercizio e di manutenzione*

➤ *Esercizio*

- La velocità dei treni da trasporto e d'autostrada ferroviaria sarà compresa tra 100 e 160 Km/h,
- La velocità dei treni ad alta velocità (TGV e ETR) sarà di 220 km/h,
- Un senso di circolazione sarà attribuito per binario ma occasionalmente i binari potranno essere utilizzati nei due sensi,
- Il pantografo genererà degli archi elettrici,
- Le materie pericolose ammesse al RID, lo saranno anche nella zona LTF. Questo implicherà l'ammissibilità delle materie pericolose delle categorie B fino a E
- Il tunnel sarà regolarmente pulito all'acqua.

➤ *Manutenzione*

- Correttiva : Tutti i pezzi necessari alla manutenzione del sistema dovranno essere disponibili su 15 anni.

- Eccezionale : Il sistema potrà essere sostituito solamente dopo almeno 15 anni d'esercizio.

3.3.4 Esigenze di realizzazione

L'area disponibile per sistemare gli impianti di rilevamento incendio nei tubi sarà costretto dall'insieme degli altri impianti preconizzati dai differenti sistemi (C2B-TS3-0058-Planimetria in sezione corrente).

Ugualmente l'area disponibile per installare gli impianti di trattamento del rilevamento incendio, nei locali tecnici, sarà costretta dal posto disponibile in quei locali.

3.3.5 Esigenze di evolutività

- Le centrali di rilevamento dovranno essere dimensionate per accogliere gli impianti di rilevamento supplementari installati al momento delle differenti fasi di costruzione, in particolare quelli posati al momento dell'eventuale allungamento dei binari di sorpasso in stazione di Modane-bis,
- I nuovi impianti installati, per tener conto dell'evolutività, dopo la messa in servizio del tunnel dovranno poter interfacciarsi con gli impianti già messi in opera.

3.4 Performance

Dopo aver visto le differenti esigenze alle quali sarà sottomesso il sistema di rilevamento incendio in tunnel, stabiliamo qui le performance che esso deve raggiungere. Le performance sono state suddivise in sei punti.

Vediamo dapprima le performance generali, poi quelle legate alla precisione della misura seguite da quelle d'esercizio, di affidabilità, di disponibilità e infine vedremo quelle che non rientrano nelle categorie precedenti.

3.4.1 Rilevamento di fumo

➤ *Generalità*

Il sistema di rilevamento incendio nei tubi ferroviari dovrà soddisfare all'insieme delle esigenze enunciate precedentemente.

➤ *Precisione della misura*

- Rilevare particelle di fumo di una dimensione inferiore a 3 μm e uguale ad almeno 0,3 μm ,
- Rilevare del fumo prodotto da un fuoco di 0,5 MW che si sposta ad una velocità di 160 km/h,
- Rilevare concentrazioni di fumo inferiori a 300 ppm.

➤ *Esercizio*

- Far scattare al PCC un allarme non appena la concentrazione di particelle di fumo è superiore a 300 ppm,

- Far scattare un allarme al più tardi 1 min dopo il passaggio del punto di combustione.
- *Manutenzione*
 - Preventiva : Il tempo tra due manutenzioni preventive non potrà essere inferiore a 8 settimane.
 - Correttiva : I pezzi cambiati al momento di una manutenzione correttiva saranno in grado di funzionare durante almeno un anno.
- *Affidabilità*

Una volta che il periodo di collaudi sarà terminato, produrre al massimo un falso allarme tutti i 1 000 allarmi generati.
- *Disponibilità*

Il sistema sarà indisponibile al massimo per 4 ore di notte ogni due giorni.
- *Altre*

Gli impianti piazzati in zona d'influenza catenaria non dovranno contenere materiali sensibili ai campi elettromagnetici prodotti dalla catenaria.

3.4.2 Rilevamento di fiamma

- *Generalità*

Il sistema di rilevamento incendio nei tubi ferroviari dovrà soddisfare all'insieme delle esigenze enunciate precedentemente.
- *Precisione della misura*

Rilevare l'apparizione di una fiamma di 5 cm di altezza che si sposti ad una velocità di 160 km/h.
- *Esercizio*

Far scattare al PCC un allarme 15 s dopo il passaggio di un treno davanti ad un rilevatore di fiamme.
- *Manutenzione*
 - Preventiva : Il tempo tra due manutenzioni preventive non potrà essere inferiore a 3 mesi.
 - Correttiva : I pezzi cambiati al momento di una manutenzione correttiva saranno in grado di funzionare durante almeno un anno.
- *Affidabilità*

Una volta terminato il periodo di collaudi, produrre al massimo un falso allarme ogni 1 000 allarmi generati.
- *Disponibilità*

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

3.4.3 Rilevamento lineare di calore

- *Generalità*

Il sistema di rilevamento incendio nei tubi ferroviari dovrà soddisfare all'insieme delle esigenze enunciate precedentemente.

- *Precisione della misura*
 - Avere una precisione per la localizzazione del punto caldo di 12,5 m. Questa distanza permette di discriminare un vagone,
 - Rilevare un'evoluzione di temperatura di 2 °C in 30 s,
 - Rilevare dei fuochi immobili di 0,5 MW.
- *Esercizio*

Per sezione di 1332 m, far scattare un allarme in meno di 1 min 30 dopo l'arresto di un treno in fuoco.
- *Manutenzione*
 - Preventiva: Il tempo tra due manutenzioni preventive non potrà essere inferiore a 3 mesi.
 - Correttiva: I pezzi cambiati al momento di una manutenzione correttiva saranno in grado di funzionare durante almeno un anno.
- *Affidabilità*

Una volta terminato il periodo di collaudi, produrre al massimo un falso allarme ogni 1 000 allarmi generati.
- *Disponibilità*

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

3.5 Architettura del sistema e installazione

Per ognuno dei sistemi, l'architettura dei sensori viene descritta solamente per uno dei due tubi del tunnel. L'installazione nell'altro tubo è identica. Le centrali saranno comuni ai due tubi.

Per maggior chiarezza, presentiamo qui le definizioni seguenti :

- S'intende per rilevatore multipuntuale un rilevatore che effettua dei prelevi in più punti e che, in seguito, analizza la miscela d'aria in una cellula,
- S'intende per rilevatore lineare un rilevatore che effettua delle misure in tutti i punti, lungo un asse,
- S'intende per rilevatore puntuale un rilevatore che effettua un'analisi in un posto e su di un dato perimetro.

3.5.1 Architettura generale

La figura seguente presenta le comunicazioni tra i diversi tipi di rilevatori e la centrale incendio installata in ogni ramo tecnico

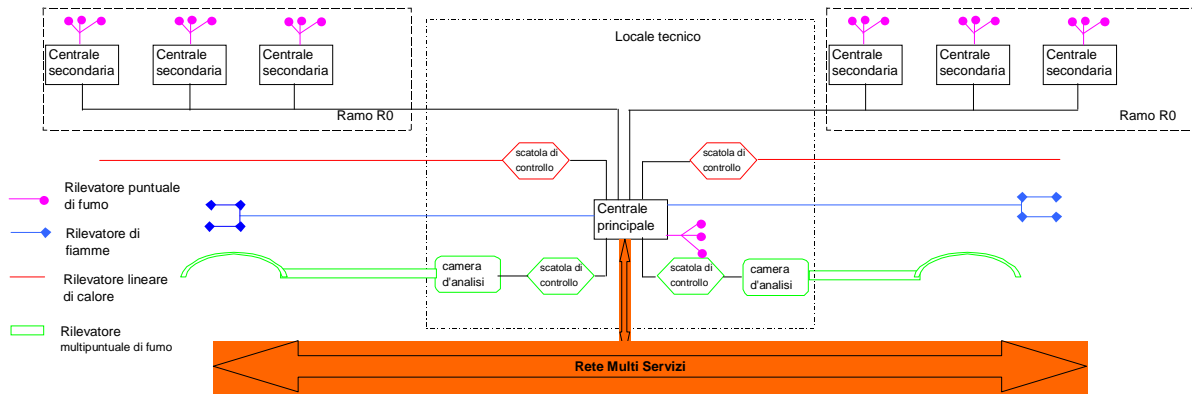


Figura 1 : Architettura centrale rilevamento incendio

La figura seguente permette di vedere l'ubicazione degli impianti di sicurezza incendio – fumo, fiamme e calore – su uno spaccato tipo del tunnel.

IMPIANTI DI SICUREZZA

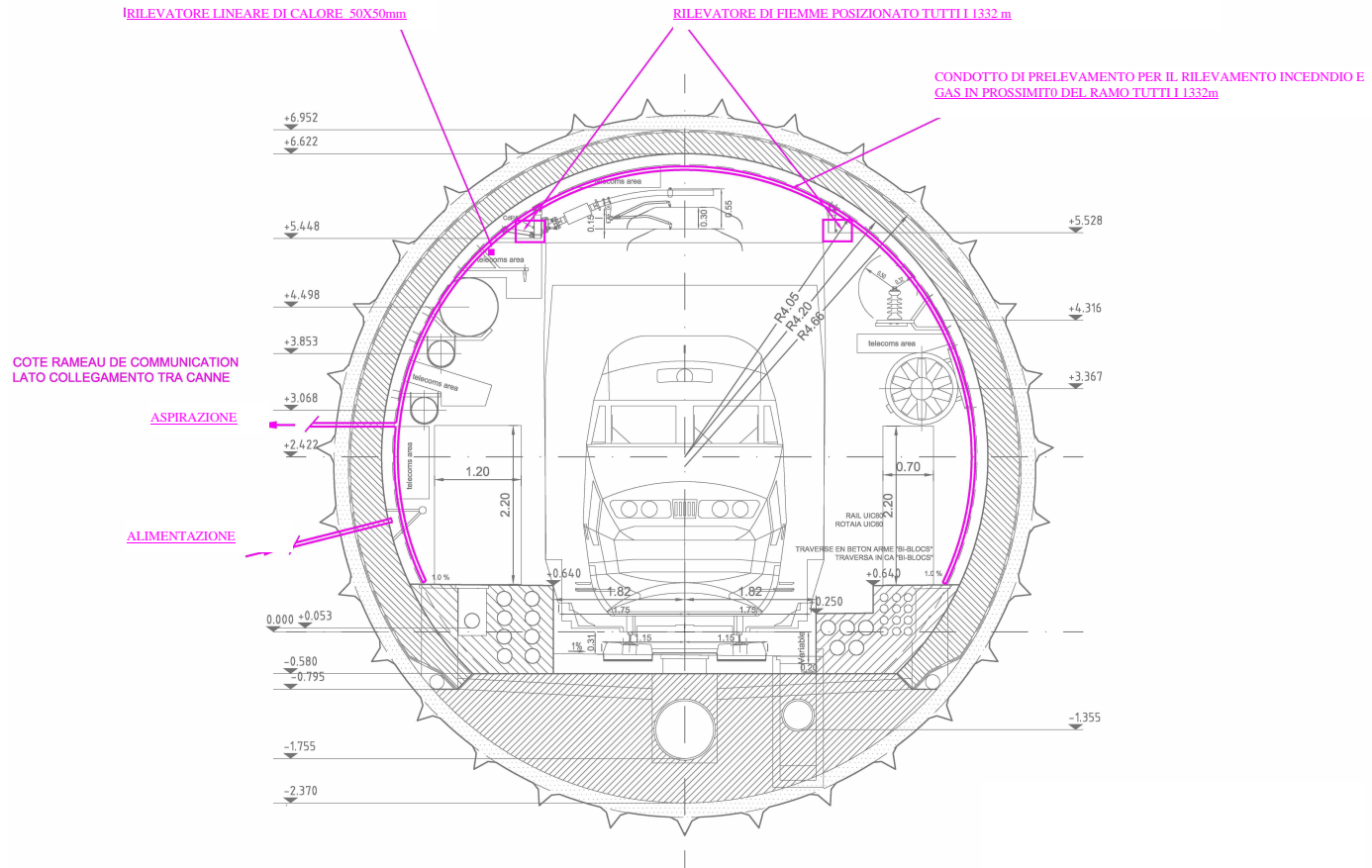


Figura 2 : Spaccato tipo in tunnel per il rilevamento incendio e gas

3.5.2 Sensori

Per il sistema di rilevamento incendio in tunnel, cominciamo presentando l'architettura dei differenti sensori da installare.

La descrizione dell'architettura è basata su dei sensori esistenti le cui performances sono state tirate verso l'alto. Per ottenerle, in funzione dell'evoluzione dell'offerta di mercato occorrerà forse sia adattare l'architettura sia prevedere lo sviluppo di prodotti specifici.

➤ Rilevamento di fumo

Il sistema di rilevamento di fumo sarà un sistema di rilevamento multipuntuale.

Questa scelta è motivata principalmente dalle turbolenze prodotte dal passaggio del treno e dal posto disponibile nei tubi. Sarà dunque composto di tre sotto-sistemi, il primo per il prelievo dei campioni di fumo, il secondo per analizzare i campioni ed il terzo per rigettarli nel tunnel.

Esso è dimensionato per rilevare un fuoco sul materiale rotabile, ma dovrebbe poter rilevare un fuoco presente nei tubi fuori materiale rotabile.

➤ Il prelievo di fumo

Il sistema sarà composto di un tubo di prelievo posizionato lungo la volta del tunnel in prossimità dei rami tecnici. Il tubo avrà una lunghezza di 17 m e si estenderà dal marciapiede sinistro al marciapiede destro. Sarà forato ogni metro e mezzo al massimo con un orifizio compreso tra 2 e 5 mm di diametro che permette di captare la miscela di gas presente in tunnel. Il diametro della rete d'aspirazione sarà inferiore a 38 mm.

La rete di prelievo sarà collegata ad una camera d'analisi mediante un tubo posto al di sopra della porta d'accesso a questo ramo. Per permettere ai campioni prelevati di raggiungere la camera d'analisi, un ventilatore assicurerà l'aspirazione al livello del raccordo verso il locale tecnico.

Tutto questo è illustrato nella figura seguente :

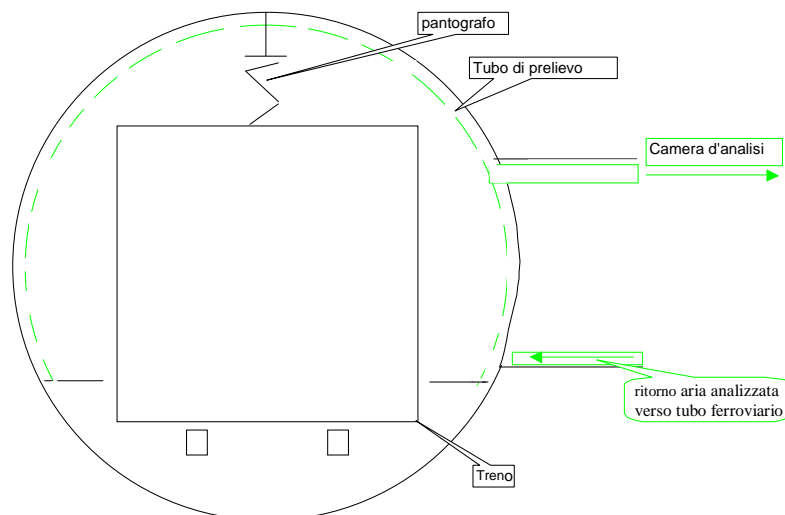


Figura 3 : Principio rilevatore multipunti in un tubo per il rilevamento incendio

Peraltro, la rete di prelievo che attraversa la zona d'influenza catenaria dovrà essere composta da materiali insensibili al campo elettromagnetico prodotto dalla catenaria e non influenzarlo. Infine, conto tenuto delle materie pericolose ammesse a circolare, la rete di prelievo sarà imperativamente antideflagrante.

Per ogni tubo ci saranno tante reti di prelievi separate di 1332 m quanti sono i rami tecnici. Il posizionamento dei tubi d'aspirazione possono essere spostati di qualche metro in rapporto alla porta del ramo, ci si arrangerà dunque a posizionarlo evitando tra l'altro i supporti catenaria, di telecomunicazioni, di feeder, di condotta di ventilazione e di raffreddamento.

I binari di sorpasso saranno ugualmente muniti di rilevamento di fumo, sullo stesso principio, in entrata e in uscita, occorrerà dunque contare due reti di prelievo supplementari per tubo.

Per un funzionamento efficace, il sistema sarà sensibile alla depressione che segue al passaggio del treno. Questo significa che i campioni prelevati sugli ultimi vagoni non devono essere ricacciati all'esterno della rete di prelievo dalla depressione provocata dal passaggio del treno. Peraltro, per diminuire l'incrostamento dei filtri, il sistema sarà dotato di un sistema di pulitura automatica della rete di prelievo mediante un flusso d'aria inversa a quella di prelievo. Il sistema di pulitura dovrà mettersi in funzione solamente tra due treni.

La rete di prelievo servirà ad alimentare con campioni tutti i rilevatori spostati (fumo, gas tossici ed esplosivi) nei locali tecnici. Viste le esigenze di questi sensori, la velocità nei tubi di prelievo dovrà essere inferiore a 6 m/s.

➤ *La camera d'analisi*

L'aria inoltrata dalla rete di prelievo sarà riscaldata in modo da evitare la condensazione. È importante evitare una condensazione per impedire che dell'acqua sia presente nella camera d'analisi, in quanto i rilevatori non rilevano nulla quando sono nell'acqua.

La camera d'analisi sarà posta nel locale tecnico del ramo. Sarà costituita da un sistema di filtraggio che permette di eliminare le particelle di polvere tra cui quelle di rame, di acciaio e di calcestruzzo. L'aria filtrata è analizzata per oscuramento grazie ad un laser a dispersione e due rilevatori ottici d'analisi che rilevano l'attenuazione del fascio provocato dal passaggio del fumo davanti ad esso. Questa camera d'analisi sarà pilotata da una scatola di controllo collegata ad una centrale incendio. L'insieme sarà messo nello stesso locale.

Per garantire il suo funzionamento, il sistema dovrà essere capace di analizzare il tasso di sporcizia del filtro ma anche di rilevare un malfunzionamento del laser. Visto che delle materie pericolose sono ammesse nel tunnel e possono essere trasportate dalla rete di prelievo, la camera d'analisi sarà antideflagrante. Ci saranno tante camere d'analisi quante sono le reti di prelievo.

➤ *La restituzione dei campioni prelevati nel tubo*

Il sistema di rilevamento di fumo è il primo sistema di sicurezza posizionato all'uscita della rete di prelievo. Per questo motivo i gas rinviati dal sistema sono condotti agli

altri sistemi. Essi s'incaricheranno dell'inoltro dei gas analizzati verso il tubo in cui sono stati prelevati.

➤ *Rilevamento di fiamma*

Il rilevamento di fiamme sarà assicurato da dei sensori puntuali piazzati nel tubo ferroviario. In prossimità di ogni ramo sarà installata una zona di quattro rilevatori. Questi saranno sistemati ad un'altezza di circa 4,75 m in rapporto al marciapiede. Per avere una visione globale del convoglio, i rilevatori saranno impiantati come indicato nella figura seguente ed avranno un cono di visione di 90°.

I binari di sorpasso saranno ugualmente equipaggiati di rilevamento di fiamme, sullo stesso principio, in entrata ed in uscita.

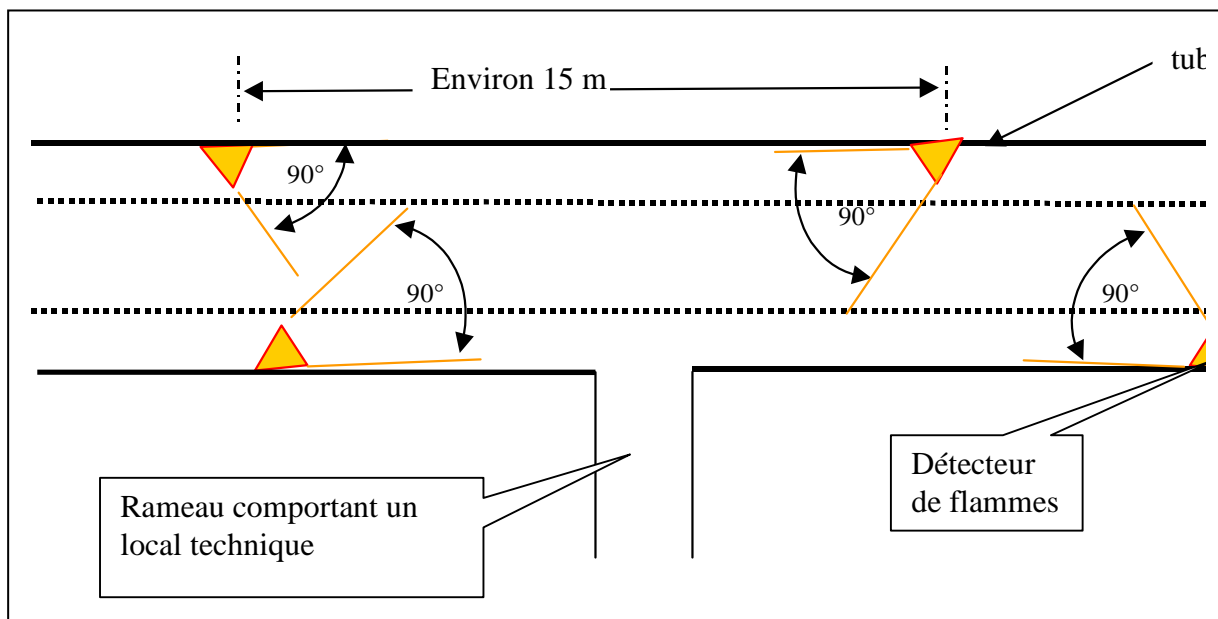


Figura 4 *Figura 1 : Impiantazione dei rilevatori di fiamme*

Environ 15 m	Circa 15 m
Tube	Tubo
Rameau comportant un local technique	Ramo che comporta un locale tecnico
Détecteur de flammes	Rilevatore di fiamme

Ogni rilevatore sarà collegato ad una centrale situata in un locale tecnico e che analizzerà i segnali rinviati. Per poter pilotare a distanza il riarmamento dei rilevatori, una scatola d'interfaccia è da prevedere. Essa sarà intercalata tra la centrale e i rilevatori.

Per garantire l'integrità del sistema, si cercherà di diminuire il numero di falsi allarmi utilizzando dei rilevatori UV/IR3 o UV/IR2. Inoltre, i rilevatori dovranno poter

analizzare il loro tasso d'incrostazione. Per rallentare la velocità d'incrostamento, un ventilatore creerà una zona di turbolenza davanti all'ottica di ciascun sensore.

➤ *Rilevamento lineare di calore*

Il rilevamento lineare di calore sarà assicurato da un cavo che lascia il ramo di comunicazione seguendo lo stesso percorso che quello preso dalla giunzione tra la rete di prelievo del rilevamento di fumo e la camera d'analisi. Esso percorre poi il tubo ferroviario in direzione del ramo tecnico seguente ad un'altezza di circa 4,60 m in rapporto al marciapiede.

In seno ad ogni locale tecnico il cavo sarà collegato ad una scatola di comando che lo pilota. Quest'ultima dovrà poter pilotare in modo autonomo due cavi in modo da avere un modulo comune ai due tubi del tunnel. Questa scatola sarà collegata alla centrale incendio.

Un quadro d'interfaccia tra la scatola e la centrale sarà da prevedere per essere conforme alle norme EN 54.

Il rilevamento lineare di calore coprirà ugualmente i binari di sorpasso.

3.5.3 Cavi di trasmissione e di alimentazione elettrica

Dopo aver studiato l'architettura dei sensori, vediamo qui come sono collegati agli altri impianti.

La centrale incendio sarà collegata da una parte all'insieme dei sensori e delle scatole di comando e dall'altra parte al punto di concentrazione della rete di teletrasmissioni del ramo tecnico. Siccome l'insieme dei cavi passano nel tunnel in maniera apparente e assicurano la trasmissione delle informazioni tra questi differenti elementi, la loro alimentazione elettrica dovrà essere CR1/C1 e rispondere ai criteri della CIG sui cavi, cioè non contenere materiali :

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

Per gli altri cavi non è formulata alcuna prescrizione, un cavo standard di tipo C2 potrà dunque essere utilizzato.

La rete di prelievo per il rilevamento di fumo ed il rilevamento lineare di calore sono impiantati nei tubi ferroviari e rispetteranno dunque le stesse esigenze imposte ai cavi.

3.5.4 Centrali

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

Per ridurre al minimo il numero di impianti nei locali tecnici del tunnel, la centrale incendio sarà comune agli impianti di rilevamento in tubo ferroviario ed a quelli di rilevamento in rami. Gli impianti di rilevamento incendio in locali implicati sono i rilevatori piazzati nei rami di comunicazione e nei locali tecnici di quei rami. La centrale dovrà poter gestire gli allarmi tecnici e gli incidenti dei sensori seguenti:

➤ *Rilevatori sistemati nei rami,*

- *Rilevatori sistemati nei locali tecnici*
- *Scatola di controllo del rilevamento lineare di calore,*
- *Scatole di controllo dei rilevatori multipuntuali di fumo,*
- *Rilevatori di fiamme,*
- *Rilevatori di riserva.*

Cioè una quarantina di sensori.

Per i rilevatori situati in rami R0, il controllo comando locale sarà delegato ad una centrale " due zone " piazzata in quei rami. Essa verrà indirizzata ed interfacciata con la centrale principale situata nel locale tecnico di un ramo R1 o R2.

Inoltre, solo la centrale detta principale, piazzata in ramo di tipo R1, sarà collegata alla rete di teletrasmissione. La rete di terreno incendio sarà dunque una rete distinta da quella della GTC.

Peraltro, la centrale dorà poter essere riarmata manualmente e su ordine a partire dal PCC. Infine, benchè i tubi ferroviari non siano classificati SRP, l'insieme sensore-centrale dovrà essere certificato CE, in modo da prendere in conto le esigenze dei potenziali assicuratori.

3.5.5 Interfacce

Per terminare la descrizione dell'architettura, guardiamo qui le differenti interfacce.

- *Alimentazione elettrica*

L'alimentazione delle centrali (primarie e secondarie) e delle scatole di controllo sarà assicurata da un'alimentazione soccorsa senza interruzione in 230 V, in quanto le centrali s'incaricano di alimentare i sensori puntuali.

- *Sistemi che scambiano con il sistema di supervisione*

Solo la centrale incendio detta principale comunicherà con il sistema di supervisione al PCC. Il protocollo di comunicazione e le interfacce saranno definiti negli studi sul PCC e in quelli sulle reti di comunicazione. La centrale incendio non potrà ricevere comandi da parte della GTC, essa sarà collegata al punto di concentrazione delle reti di teletrasmissione presente nel locale tecnico di ogni ramo R1.

- *Interfaccia con il rilevamento di gas*

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

- *Interfaccia con il rilevamento incendio in locale*

I rilevatori che assicurano il rilevamento d'incendio nei rami saranno collegati alla centrale principale. Il rilevamento incendio in locale s'incaricherà di riportare ai piedi della centrale i cavi in provenienza dai rilevatori o dalle centrali secondarie su cui possono anche essere collegati.

4. Rilevatori di incendio nei locali

Poichè gli incendi sono una delle prime cause di distruzione, è necessario dunque localizzare i loro avviiamenti in modo da rendere minimi i danni umani e materiali. A causa del numero importante d'impianti nei locali, essi sono dei luoghi potenziali d'avviamenti d'incendio.

Il rilevamento incendio, che comprende il rilevamento di fumo e di calore viene a completare gli impianti di sicurezza messi in opera nei locali.

4.1 Obiettivo del sistema

L'obiettivo del sistema, nei locali legati alla creazione della nuova linea, consiste nel rilevare, al più presto, i segni di un incendio per:

- Isolare il luogo dell'incendio,
- Far scattare un intervento.

4.2 Topologia e geometria delle opere

Le opere d'arte che hanno un impatto sui sistemi di rilevamento incendio nei locali sono :

- Le caratteristiche dei rami e dei locali che vi sono riallacciati,
- Le caratteristiche dei piedi di discenderie e delle zone d'accesso emergenza,
- Le caratteristiche delle stazioni di sicurezza,
- Le caratteristiche degli altri locali presenti nei tunnel.

4.3 Esigenze

4.3.1 Esigenze di sicurezza

➤ *Esigenze funzionali*

Gli studi funzionali di sicurezza, stipulano per il rilevamento incendio in locale di :

- Rilevare ogni tipo di fuoco compartimentato in un locale del tunnel,
- Far scattare istantaneamente un allarme al PCC al momento di un rilevamento

➤ *Sicurezza dei beni e delle persone*

- Avere una conferma del rilevamento incendio per ogni locale situato in tunnel,
- Contenere l'incendio nel locale dove ha preso,
- Gli impianti di prelievo dovranno essere antideflagranti e non infiammabili.,
- Tutti i cavi elettrici portati a circolare in tunnel per il rilevamento incendio non dovranno contenere materiali :
 - Alogeni,

- Propagatori d'incendio,
- Emettori di fumi tossici.

4.3.2 Esigenze ambientali

- Per i locali situati all'interno del tunnel, la roccia sarà naturalmente calda tra 30 e 40 °C e l'igrometria sconosciuta,
- Le sale server saranno sale con pochissime polveri,

4.3.3 Esigenze d'esercizio e di manutenzione

➤ *Esercizio*

Il materiale in deposito varierà da un locale all'altro.

➤ *Manutenzione*

- Correttiva: Tutti i pezzi necessari alla manutenzione dovranno essere disponibili su 15 anni.
- Eccezionale: Il sistema potrà essere sostituito solamente dopo almeno 15 anni d'esercizio.

4.3.4 Esigenze di realizzazione

In tunnel, il punto di piazzamento disponibile per installare gli impianti di rilevamento nei locali tecnici e quello per gli impianti di trattamento del rilevamento incendio saranno limitati dal posto disponibile in quei locali.

In tutte le sale, il punto di piazzamento dei rilevatori d'incendio sarà limitato dalle caratteristiche degli impianti installati in questa sala e dai flussi d'aria creati dalla ventilazione.

4.3.5 Esigenze di evolutività

Tenuto conto della durata dei lavori, gli ultimi impianti installati dovranno essere compatibili e interfacciarsi con i primi. Inoltre, gli impianti che non erano previsti nella fase iniziale e che saranno installati dopo la messa in servizio del tunnel dovranno essere compatibili e poter interfacciarsi con gli impianti già messi in opera.

4.4 Performance

Dopo aver visto le differenti esigenze alle quali sarà sottomesso il sistema di rilevamento incendio in locale, stabiliamo qui le performance che esso deve raggiungere. Le performance sono state suddivise in sei punti. Vediamo dapprima le performance generali, poi quelle legate alla precisione della misura seguite da quelle d'esercizio, di affidabilità, di disponibilità e infine vedremo quelle che non rientrano nelle categorie precedenti.

➤ *Generalità*

Il sistema di rilevamento incendio nei locali dovrà soddisfare all'insieme delle esigenze enunciate precedentemente.

➤ *Precisione della misura*

- Il rilevamento di calore dovrà poter mettere in evidenza un'evoluzione della temperatura di 10 °C al minuto su due minuti consecutivi,
- In caso di rilevamento di fumo, per i locali che contengono delle attività critiche legate all'esercizio dell'opera, rilevare delle particelle di un dimensione inferiore a 3 µm e almeno uguali a 0,3 µm, e anche delle concentrazioni di particelle di fumo inferiori a 300 ppm. Per gli altri locali, si raccomanderà di rilevare delle particelle la cui dimensione sia compresa tra 3 e 0,5 µm come pure delle concentrazioni di particelle di fumo inferiori a 300 ppm.

➤ *Esercizio*

- Per i rilevatori di fumo posti al soffitto ed a meno di 3 metri di altezza :
- Nei locali che contengono delle attività critiche legate all'esercizio dell'opera, far scattare un allarme al massimo 15 s dopo l'inizio dell'incendio.
- Per gli altri locali il tempo massimo di rilevamento dovrà essere di 40 s.

Questi tempi saranno valutati prendendo i fuochi test definiti al momento della messa in servizio dell'opera da un organismo europeo competente.

- Per i rilevatori di calore, il sistema scatterà in meno di 3 minuti dopo l'inizio di focolaio.

➤ *Manutenzione*

- Preventiva : Il tempo tra due manutenzioni preventive non potrà essere inferiore a 3 mesi.
- Correttiva : I pezzi cambiati durante una manutenzione correttiva saranno in grado di funzionare per almeno un anno.

➤ *Affidabilità*

Una volta terminato il periodo di test, il sistema dovrà produrre al massimo un falso allarme tutti i 10 000 allarmi generati.

➤ *Disponibilità*

Il rilevamento incendio nei locali dovrà aver una disponibilità di 99,9 %.

4.5 Architettura dell'impianto e installazione

4.5.1 Sensori

Per il sistema di rilevamento incendio in locale, cominciamo presentando l'architettura dei diversi sensori da installare.

Tenuto conto del numero di locali presenti sulla zona LTF, per un'altezza di soffitto inferiore a 7 m, questi locali sono stati suddivisi in nove categorie, come lo mostra la tabella 1 : "Categorie di locali". Si considererà il caso con un'altezza di soffitto superiore a 7 m come la decima categoria e gli assiti come l'undicesima. Per effettuare questa suddivisione, ci siamo ispirati dalla tabella dei fattori di rischi della regola 7 dell'APSAD.

Ogni categoria di locali sarà in seguito ripresa individualmente.

Per le dieci categorie, si lascerà a scelta dell'installatore e/o del fabbricante di utilizzare o meno dei rilevatori indirizzabili salvo menzioni contrarie.

categoria	Luoghi	Contenuto del locale
1	PCC	Locali in cui l'estinzione per gas inerte è obbligatoria
2	PCC	Luoghi di deposito e sale di cavi
3	PCC	Uffici ed altri locali
4	Tunnel	Locali con impianti di trasformazione elettrica
5	Tunnel	Locali con a scelta impianti telecom o GTC o segnalamento o ventilazione o centrale impianti di sicurezza
6	Tunnel	Altri locali
7	Esterno	Locali con impianti di trasformazione elettrica
8	Esterno	Locali con a scelta impianti telecom o GTC o segnalamento o ventilazione o centrale impianti di sicurezza
9	Esterno	Altri locali
10		Altezza di soffitto superiore a 7 m
11		Assiti

Tabella 1 : Categorie di locali

➤ *Categoria 1 : Locali in cui l'estinzione per gas inerte è obbligatoria*

In questa categoria si considerano i locali del PCC in cui l'estinzione per gas inerte è obbligatoria e in cui l'altezza del soffitto è inferiore a 7 m. Essi sono il luogo d'attività critiche per l'esercizio della zona internazionale.

Considerato questo e al fine di diminuire le conseguenze di un incendio sugli impianti presenti in queste sale, raccomandiamo un rilevamento precoce con l'aiuto di un rilevatore ottico di fumo a sensibilità molto elevata. Abbiamo ritenuto una superficie massima di 60 m² ed un coefficiente critico di 0,3, cosa che porta ad una superficie da sorvegliare per rilevatore di 18 m².

Sarà compito dell'installatore determinare in funzione della superficie di ogni locale il numero di rilevatori da posizionare, sapendo che come minimo è obbligatorio avere un rilevatore per locale. Per questo tipo di locali, nessuna conferma d'allarme sarà imposta. La scelta dell'utilizzazione di un rilevatore puntuale o multipunti sarà lasciata all'installatore.

Infine, all'esterno di ogni sala, sarà necessario posizionare un indicatore d'azione¹.

➤ *Categoria 2 : Luoghi di deposito e sale di cavi*

In questa categoria si considerano i locali del PCC che servono al magazzinaggio, comprese le sale di cavi e in cui l'altezza di soffitto è inferiore a 7 m. Essi presentano per la loro diversità e la quantità di materiale un rischio d'incendio assai importante.

Al fine di diminuire le conseguenze di un incendio sugli impianti presenti in queste sale, raccomandiamo un rilevamento mediante un rilevatore ottico di fumo puntuale. Abbiamo ritenuto una superficie massima di 60 m² ed un coefficiente critico di 0,6 che mena ad una superficie da sorvegliare con rilevatore ottico di 36 m².

Sarà compito dell'installatore determinare in funzione della superficie di ogni stanza il numero di rilevatori da posizionare, sapendo che è come minimo obbligatorio avere un rilevatore per locale. Per questo tipo di locali, nessuna conferma di allarme sarà imposta.

Infine, all'esterno di ogni sala, sarà necessario posizionare un indicatore d'azione.

➤ *Categoria 3 : Uffici ed altri locali*

In questa categoria si considerano gli uffici ed altri locali del PCC in cui l'altezza del soffitto è inferiore a 7 m. Essi non presentano un rischio importante d'incendio.

Raccomandiamo un rilevamento per mezzo di un rilevatore ottico di fumo puntuale. Abbiamo ritenuto una superficie massima di 60 m² ed un coefficiente critico di 1 che mena ad una superficie da sorvegliare per rilevatore ottico di 60 m².

Sarà compito dell'installatore determinare in funzione della superficie di ogni stanza il numero esatto di rilevatori da posizionare, sapendo che come minimo è obbligatorio aver un rilevatore per locale. Per questo tipo di locali non è imposta una conferma d'allarme.

Infine, all'esterno di ogni sala, sarà necessario posizionare un indicatore d'azione.

➤ *Categoria 4 : Locali con impianti di trasformazione elettrica (in tunnel)*

In questa categoria, si considerano i locali del tunnel che contengono degli impianti per la trasformazione elettrica ed in cui l'altezza di soffitto è inferiore a 7 m. Essi accolgono impianti riguardanti la sicurezza dell'opera e suscettibili di riscaldarsi.

Visto questo e in modo da diminuire le conseguenze di un incendio sugli impianti presenti in queste sale, raccomandiamo un rilevamento doppio con l'aiuto di un rilevatore ottico di fumo puntuale e di un rilevatore di calore termovelocimetrico. Abbiamo ritenuto una superficie massima di 60 m² ed un coefficiente critico di 0,4 che conduce ad una superficie da sorvegliare per rilevatore di fumo di 24 m² e per rilevatore di calore di 12 m². La scelta del coefficiente è stata posta tenendo conto dell'impiantazione geografica del locale.

Sarà compito dell'installatore determinare in funzione della superficie di ogni stanza il numero esatto di rilevatori da posizionare, sapendo che è come minimo obbligatorio

¹ Spia situata all'esterno di un locale e indicante la presenza di un incidente in esso.

aver un rilevatore di ogni tipo per locale. Inoltre, è importante precisare che non c'è un'alternanza dei rilevatori di fumo e di calore, ma che i due criteri di superficie devono essere rispettati (ci saranno dunque due volte più rilevatori di calore che rilevatori di fumo in una stessa stanza).

Infine, all'esterno di ogni sala, sarà necessario posizionare un indicatore d'azione.

Peraltro, al fine di dividere per due la lunghezza dei cavi bassa tensione, per i rilevatori posizionati nei rami o nei locali attigui a questi, l'impiego di rilevatori convenzionali, cioè non indirizzabili è raccomandato.

➤ *Categoria 5 : Locali con a scelta impianti telecom o GTC o segnalamento o ventilazione o centrale impianti di sicurezza (in tunnel)*

In questa categoria, si considerano i locali di tunnel che contengono almeno o gli impianti di telecomunicazione o quelli della GTC, o quelli di segnalamento, o quelli di ventilazione o una centrale d'impianti di sicurezza ed in cui l'altezza del soffitto è inferiore a 7 m. Essi sono il luogo di attività critiche per l'esercizio della zona internazionale.

Visto questo e al fine di diminuire le conseguenze di un incendio sugli impianti presenti in queste sale, raccomandiamo un rilevamento precoce per mezzo di un rilevatore ottico di fumo a sensibilità molto elevata. Abbiamo ritenuto una superficie massima di 60 m² ed un coefficiente critico di 0,2 che porta ad una superficie da sorvegliare per rilevatore di 12 m². La scelta del coefficiente è stata posta prendendo in conto l'impiantazione geografica del locale.

Sarà compito dell'installatore determinare in funzione della superficie di ogni stanza il numero esatto di rilevatori da posizionare, sapendo che è come minimo obbligatorio avere un rilevatore per locale. La scelta dell'utilizzazione di un rilevatore puntuale o multipunti sarà lasciata all'installatore. Per assicurare la conferma dell'allarme, se la scelta di un rilevatore puntuale è stata fatta, sarà necessario avere come minimo due rilevatori ottici di fumo per locale.

Infine, all'esterno di ogni sala, sarà necessario posizionare un indicatore d'azione.

Peraltro, in modo da dividere per due la lunghezza dei cavi bassa tensione, per i rilevatori posizionati nei rami o nei locali attigui ad essi, l'impiego di rilevatori convenzionali, cioè non indirizzabili, è raccomandato.

➤ *Categoria 6 : Altri locali (in tunnel)*

In questa categoria si considerano gli altri locali del tunnel in cui l'altezza del soffitto è inferiore a 7 m. Essi non presentano un rischio importante d'incendio.

Visto questo, raccomandiamo un rilevamento per mezzo di un rilevatore ottico di fumo puntuale. Abbiamo ritenuto una superficie massima di 60 m² ed un coefficiente critico di 0,8 che porta ad una superficie da sorvegliare per rilevatore ottico di 48 m². La scelta del coefficiente è stata fatta tenendo conto dell'impiantazione geografica del locale.

Sarà compito dell'installatore determinare in funzione della superficie di ogni stanza il numero esatto di rilevatori da posizionare, sapendo che è come minimo obbligatorio avere due rilevatori per locale, in modo da assicurare la conferma dell'allarme.

Infine, all'esterno di ogni sala, sarà necessario posizionare un indicatore d'azione.

Peraltro, al fine di dividere per due la lunghezza dei cavi bassa tensione, per i rilevatori posizionati nei rami o nei locali attigui ad essi, l'impiego di rilevatori convenzionali, cioè non indirizzabili, è raccomandato.

➤ *Categoria 7 : Locali con impianti di trasformazione elettrica (all'esterno)*

In questa categoria si considerano i locali del tunnel che contengono impianti per la trasformazione elettrica ed in cui l'altezza del soffitto è inferiore a 7 m. Essi accolgono impianti riguardanti la sicurezza dell'opera e suscettibili di riscaldarsi.

Visto questo e al fine di diminuire le conseguenze di un incendio sugli impianti presenti in queste sale, raccomandiamo un rilevamento doppio mediante un rilevatore ottico di fumo puntuale e un rilevatore di calore termovelocimetro. Abbiamo ritenuto una superficie massima di 60 m² ed un coefficiente critico di 0,6 che mena ad una superficie da sorvegliare per rilevatore ottico di 36 m² e per rilevatore di calore di 18 m².

Sarà compito dell'installatore determinare in funzione della superficie di ogni stanza il numero esatto di rilevatori da posizionare, sapendo che è come minimo obbligatorio avere un rilevatore di ogni tipo per locale. Inoltre, è importante precisare che non c'è alternanza dei rilevatori di fumo e di calore, ma che i due criteri di superficie devono essere rispettati (si avranno dunque due volte più rilevatori di calore che rilevatori di fumo nella stessa stanza).

Infine, all'esterno di ogni sala, sarà necessario posizionare un indicatore d'azione.

➤ *Categoria 8 : Locali con a scelta impianti telecom o GTC o segnalamento o ventilazione o centrale impianti di sicurezza (all'esterno)*

In questa categoria, si considerano i locali del tunnel che contengono almeno o gli impianti di telecomunicazione o quelli della GTC o quelli del segnalamento o quelli di ventilazione o una centrale d'impianti di sicurezza e in cui l'altezza del soffitto è inferiore a 7 m. Essi costituiscono il luogo di attività critiche per l'esercizio della zona internazionale.

Visto questo ed al fine di diminuire le conseguenze di un incendio sugli impianti presenti in queste sale, preconizziamo un rilevamento precoce mediante un rilevatore ottico di fumo a sensibilità molto elevata. Abbiamo ritenuto una superficie massima di 60 m² ed un coefficiente critico di 0,3 che mena ad una superficie da sorvegliare per rilevatore di 18 m².

Sarà compito dell'installatore determinare in funzione della superficie di ogni stanza il numero esatto di rilevatori da posizionare, sapendo che è come minimo obbligatorio avere un rilevatore per locale. La scelta dell'utilizzazione di un rilevatore puntuale o multipunti sarà lasciata all'installatore. Per questo tipo di locali, non è imposta una conferma di allarme.

Infine, all'esterno di ogni sala, sarà necessario posizionare un indicatore d'azione.

➤ *Categoria 9 : Altri locali*

In questa categoria, si considerano gli altri locali situati all'esterno e in cui l'altezza del soffitto è inferiore a 7 m. Essi non presentano un rischio importante d'incendio.

Visto questo, raccomandiamo un rilevamento mediante un rilevatore ottico di fumo puntuale. Abbiamo ritenuto una superficie massima di 60 m² ed un coefficiente critico di 1, che conduce ad una superficie da sorvegliare per rilevatore ottico di 60 m².

Sarà compito dell'installatore determinare in funzione della superficie di ogni stanza il numero esatto di rilevatori da posizionare, sapendo che è come minimo obbligatorio avere un rilevatore per locale. Per questo tipo di locali, non sarà imposta una conferma d'allarme.

Infine, all'esterno di ogni sala, sarà necessario posizionare un indicatore d'azione.

➤ *Categoria 10 : Altezza del soffitto superiore a 7 m*

In questa categoria si considera l'insieme dei locali che hanno un'altezza di soffitto di più di 7 m. Essi possono contenere o meno degli impianti concernenti la sicurezza dell'opera.

Visto questo ed al fine di diminuire le conseguenze di un incendio sugli impianti presenti in queste sale, raccomandiamo un rilevamento precoce con l'aiuto di un rilevatore ottico di fumo a sensibilità molto elevata e multipunti. Abbiamo ritenuto una superficie massima di 80 m² ed un coefficiente critico di 0,5 che mena ad una superficie da sorvegliare per rilevatore di 40 m².

Sarà compito dell'installatore determinare in funzione della superficie di ogni stanza il numero esatto di rilevatori da posizionare, sapendo che è come minimo obbligatorio avere un rilevatore per locale. La distribuzione dei buchi di prelievo sarà fatta secondo ogni caso specifico e in funzione delle caratteristiche di ogni stanza.

Infine, all'esterno di ogni sala, sarà necessario posizionare un indicatore d'azione.

➤ *Categoria 11 : Assiti*

In questa categoria si considera solo il volume tra il suolo e le lastre degli assiti per i locali che ne sono muniti ed unicamente quelli in cui sono presenti delle scatole di giunzione o dei contenitori. Questo spazio è essenzialmente destinato a contenere dei cavi elettrici. Queste stanze possono contenere o meno degli impianti concernenti la sicurezza dell'opera.

Visto questo ed al fine di diminuire le conseguenze di un incendio sugli impianti presenti in queste sale, raccomandiamo un rilevamento precoce mediante rilevatori ottici di fumo puntuale, se l'assito è ventilato, e multipunti nel caso contrario. Nel caso in cui una ventilazione sia utilizzata, i rilevatori saranno piazzati nel flusso d'aria, a ragione di un rilevatore per 10 m². Nell'altro caso la rete di prelievo sarà forata al massimo ogni 150 cm.

Sarà compito dell'installatore determinare in funzione della superficie di ogni stanza il numero esatto di rilevatori da posizionare, sapendo che è come minimo obbligatorio avere un rilevatore per locale.

Infine, all'interno di ogni sala, sarà necessario posizionare un indicatore d'azione per rilevatore puntuale al di sopra di esso.

➤ *Sintesi*

Categoria	Tipo di rilevatore ottico di fumo	Superficie massima di sorveglianza per rilevatore di fumo in m²	Tipo di rilevatore di calore	Superficie massima di sorveglianza per rilevatore di calore in m²
1	A scelta	18		
2	Puntuale	36		
3	Puntuale	60		
4	Puntuale	24	termovelocimetrico	12
5	A scelta	12		
6	Puntuale	48		
7	Puntuale	36	termovelocimetrico	18
8	A scelta	18		
9	Puntuale	60		
10	Multipunti	40		
11	A scelta	10		

Tabella 2 : Sintesi distribuzione dei rilevatori

Infine si esigerà dai rilevatori installati di essere posizionati al soffitto e di avere una semisfera di 1 m di raggio, centrata sul rilevatore e libera da ostacoli. Altri criteri potranno essere imposti dall'assicuratore finale.

Occorre notare che gli assicuratori possono definire dei coefficienti diversi da quelli ritenuti nel quadro di questo studio.

Sarà dunque compito della direzione generale dei lavori al momento della realizzazione verificare presso l'assicuratore se dei coefficienti più restrittivi devono essere presi in considerazione.

Se sono dati dei coefficienti più piccoli, occorrerà ricalcolare le superfici di rilevamento per rilevatore.

Se in un locale sono presenti degli impianti appartenenti a due categorie diverse, la regola d'installazione che prevarrà sarà la più restrittiva delle due.

- Interfacce interne al rilevamento incendio in locale
 - Impianti collegati alla centrale incendio
 - I sensori collegati direttamente alla centrale, lo saranno mediante un contatto libero da potenziale.
 - Centrali a due zone collegate alla centrale principale
 - Le centrali a due zone saranno indirizzate e comunicheranno per mezzo di un bus con la centrale principale. Nessun protocollo è imposto per questa comunicazione, la scelta sarà lasciata all'installatore.

4.5.2 Cavi di trasmissione e di alimentazione elettrica

Dopo aver studiato l'architettura dei sensori, vediamo qui come essi sono collegati agli altri impianti.

La centrale incendio è collegata da una parte all'insieme dei sensori e d'altra parte al punto di concentrazione della rete di telecomunicazioni. L'insieme dei cavi posti in maniera apparente in tunnel e che assicurano la trasmissione delle informazioni tra questi differenti elementi dovrà essere CR1/C1 e rispondere ai criteri della CIG sui cavi, cioè non contenere materiali :

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

Per gli altri cavi, nessuna prescrizione è formulata, un cavo standard di tipo C2 potrà dunque essere impiegato.

I cavi che assicurano l'alimentazione dei diversi organi (centrali, sensori) saranno limitati nella stessa maniera che quelli dedicati alla trasmissione d'informazione.

4.5.3 Centrali

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

Come l'abbiamo fatto per i locali, separeremo in tre categorie le centrali in funzione dei locali che esse supervisionano.

➤ *Categoria 1 : Rilevatori in rami e rilevatori in locale tecnico riallacciato ai rami.*

I rilevatori situati nei rami o nei locali tecnici attigui saranno connessi alla centrale incendio presente nel ramo. Nel caso di un ramo con locale tecnico, la centrale è descritta nel documento relativo al rilevamento incendio in tunnel. La si qualificherà di centrale principale.

Per gli altri rami, i rilevatori saranno allacciati a delle centrali elementari a due zone al massimo. Le centrali elementari saranno interconnesse con la più vicina centrale principale. Questa suddivisione è stata resa necessaria da problemi di lunghezza importante di cavi bassa tensione tra i rilevatori più distanti e la centrale.

Questa centrale principale assicurerà la supervisione, da una parte, degli impianti di rilevamento in tunnel, cioè il rilevamento lineare di calore, il rilevamento di fumo ed il rilevamento di fiamme e, d'altra parte, degli impianti di rilevamento in rami ed in locali tecnici, mediante piccole centrali locali.

➤ *Categoria 2 : Rilevatori in edificio fuori tunnel*

I rilevatori situati in uno stesso edificio fuori tunnel saranno tutti collegati ad una sola centrale situata vicino all'entrata in un locale facilmente accessibile ai servizi di soccorso. La centrale dovrà poter rimandare degli allarmi sia tecnici che d'incidente al PCC per mezzo della rete di teletrasmissioni.

Infine l'insieme centrale rilevatori dovrà avere un'omologazione CE.

➤ *Categoria 3 : Rilevatori in un locale nel tunnel*

L'insieme dei rilevatori piazzati nei locali situati in tunnel sarà connesso alla centrale più vicina situata ai piedi di ogni discenderia, in un locale facilmente accessibile per i soccorsi. La centrale dovrà poter rimandare al PCC degli allarmi sia tecnici che d'incidente per mezzo della rete di teletrasmissioni.

Infine, benchè i locali non siano classificati SRP, l'insieme sensore centrale dovrà essere certificato CE, per tener conto delle esigenze dei potenziali assicuratori.

4.5.4 Interfacce

Infine, per terminare la descrizione dell'architettura, guardiamo qui le differenti interfacce.

➤ *Alimentazione elettrica*

L'alimentazione della centrale sarà assicurata da un'alimentazione soccorsa senza interruzione in 230 V, mentre la centrale s'incaricherà di alimentare tutti i sensori puntuali.

➤ *Sistemi che scambiano con il sistema di supervisione*

La centrale incendio non potrà ricevere comandi a partire dalla GTC, sarà collegata al punto di concentrazione della rete di teletrasmissioni più vicina.

Il protocollo di comunicazione e le interfacce saranno definiti negli studi sul PCC e in quelli sulle reti di comunicazione.

➤ *Interfaccia con il rilevamento incendio in tunnel*

I rilevatori d'incendio situati nei rami tecnici saranno allacciati alla centrale principale fornita dal rilevamento incendio in tubo ferroviario. Le centrali secondarie situate nei rami di tipo R0 saranno anch'esse allacciate alla centrale principale. Per questi due tipi d'impianti, i collegamenti alla centrale principale saranno effettuati dal rilevamento in tubi ferroviari.

5. Portali termografici

Se si trasportano i camion su rotaia, i rischi di riscaldamento sono almeno identici a quelli repertoriati dalle società di esercizio d'autostrade. Questi punti caldi possono trasformarsi in incendio tra il caricamento dei camion e l'entrata del treno nel tunnel.

I portali termografici completano gli impianti di sicurezza messi in opera a monte dei tunnel. Lo studio concerne qui il rilevamento di punti anormalmente caldi sul materiale rotabile.

Questo tipo d'impianto esiste solo allo stato di prototipo. Cercheremo di definirlo a partire da tecnologie esistenti senza poterci basare sul ritorno d'esperienza di un sistema.

5.1 obiettivi del sistema

L'obiettivo del sistema sarà di rilevare, sufficientemente presto, qualsiasi punto anormalmente caldo sul materiale rotabile in modo da poter fermare il convoglio prima della sua entrata nei tunnel.

5.2 Topologia e geometria delle opere

Le opere che hanno un impatto sui portali termografici saranno :

- L'impiantazione dei binari delle linee storiche e nuove al livello dei luoghi d'installazione,
- Gli accessi possibili delle linee storiche e nuove alla zona LTF,
- Le opere del Genio Civile (tunnel) presenti sui binari al di fuori dei tunnel principali.

5.3 Esigenze

5.3.1 Esigenze di sicurezza

➤ *Esigenze funzionali*

Gli studi funzionali di sicurezza, stipulano, per i portali termografici, un rilevamento prima dell'entrata dei tunnel.

➤ *Sicurezza dei beni e delle persone*

Una fiamma sarà considerata come un punto caldo.

5.3.2 Esigenze ambientali

- Da ogni lato dei tunnel, le esigenze ambientali saranno quelle di una vallata alpina ad un'altitudine di 600 m,
- Le vibrazioni generate dal passaggio del treno saranno importanti,

5.4 Esigenze d'esercizio e manutenzione

➤ *Esercizio*

- La velocità dei treni da trasporto e d'autostrada ferroviaria sarà compresa tra 100 e 160 Km/h,
- La velocità dei treni ad alta velocità (TGV e ETR) sarà di 220 km/h,
- Un senso di circolazione è attribuito per binario ma occasionalmente i binari potranno essere utilizzati nei due sensi,
- Il pantografo genererà degli archi elettrici,
- Le materie pericolose ammesse al RID, lo saranno anche nella zona LTF. Questo implicherà l'ammissibilità delle materie pericolose delle categorie B fino a E
- I treni avranno bisogno di 3400 m al massimo per fermarsi,
- Gli autocarri possono essere stoccati all'aria aperta, certe parti possono dunque captare diversamente il calore, in funzione del loro colore e del materiale che li costituiscono, provocando anche delle impressioni di scaldamento locale.

➤ *Manutenzione*

La manutenzione sarà prevista 4 ore per notte su tutto o parte di uno dei due binari, per la linea nuova.

La manutenzione sarà prevista 2 ore per binario, successivamente su ciascuno dei binari, in periodo di giorno, per la linea storica.

- Correttiva : Tutti i pezzi necessari alla manutenzione dovranno essere disponibili su 15 anni.
- Eccezionale : Il sistema potrà essere sostituito solo dopo almeno 15 anni di esercizio.

5.4.1 *Esigenze di realizzazione*

- Le rotaie saranno posate su ballast. Occorre notare che esso s'infossa con il tempo ed il passaggio dei treni.
- I portali di rilevamento di punti caldi per termografia dovranno essere installati sui due binari. Affinchè il sistema possa essere attivo su ogni treno anche quando due treni s'incrociano, l'interasse, cioè la distanza tra i due binari, è un'esigenza per il nostro sistema.
- Il comportamento dei treni differisce se vien presa una svolta o più generalmente una pendenza del binario, a causa di diversi parametri quali la velocità di passaggio, lo stato delle sospensioni, la dissimetria del treno o del suo carico... La misura sulla sagoma non potrà adattarsi a tutti questi parametri. Il sistema sarà dunque limitato dalle pendenze e dai declivi presenti sul progetto.
- I portali termografici verranno installati in territorio RFF, lato Francia, e in territorio RFI, lato Italia.

5.4.2 Esigenze di evolutività

- Il fasaggio dei lavori al livello della stazione di St-Jean de Maurienne non dovrà influenzare le tecnologie messe in opera sui portali installati nelle diverse fasi,
- I nuovi impianti installati, per tener conto dell'evolutività, dopo la messa in servizio del tunnel dovranno poter interfacciarsi con gli impianti già messi in opera,
- Il sistema di trattamento messo in opera dovrà essere dimensionato per il numero finale di portali installati da ogni lato della frontiera.

5.5 Performance

Dopo aver visto le diverse esigenze a cui sono sottomessi i portali termografici, stabiliamo qui le performance da raggiungere. Esse sono state suddivise in sei punti.

Prima di tutto vedremo le performance generali poi quelle legate alla precisione della misura, infine quelle d'esercizio, di manutenzione, di affidabilità e di disponibilità.

➤ *Generalità*

Il sistema di rilevamento di punti caldi per portali termografici dovrà soddisfare all'insieme delle esigenze enunciate precedentemente.

➤ *Precisione della misura*

- Il sistema sarà dimensionato per rilevare i punti caldi solamente sui treni da trasporto e d'autostrada ferroviaria,
- Il sistema dovrà poter rilevare dei punti caldi che vanno da 50 kW a 50 MW,
- Il sistema dovrà poter rilevare una fiamma (considerata come un punto caldo) con le stesse performance che quelle richieste per il rilevatore di fiamme in tubo ferroviario, cioè rilevare l'apparizione di una fiamma di 5 cm di altezza che si sposta ad una velocità di 160 km/h,
- Il sistema dovrà poter rilevare un punto caldo sull'insieme della circonferenza del treno,
- Il sistema dovrà essere capace di determinare se un punto caldo è normale o no in funzione della sua ubicazione sul convoglio (per esempio motrice, turbo di raffreddamento dei camion frigoriferi),
- Il sistema dovrà poter essere sensibile a variazioni di temperatura di 1 K.

➤ *Esercizio*

Il sistema dovrà far scattare un allarme al più tardi 1 min 30 dopo che un punto caldo è stato rilevato dal portico

➤ *Manutenzione*

- Preventiva : Il tempo tra due manutenzioni preventive non potrà essere inferiore a 3 mesi.
 - Correttiva : I pezzi cambiati al momento di una manutenzione correttiva saranno in grado di funzionare durante almeno un anno.
- *Affidabilità*
- Una volta terminato il periodo di collaudi, produrre al massimo un falso allarme ogni 1.000 allarmi generati,
 - Il sistema dovrà essere insensibile al caldo sprigionato da teloni di autocarri rimasti al sole.
- *Disponibilità*
- Gli impianti del portico situati sulla nuova linea saranno indisponibili al massimo 4 ore di notte ogni due giorni. Gli impianti del portico situati sulla linea storica saranno indisponibili al massimo 2 ore al giorno tutti i giorni,
 - Al fine di assicurare la disponibilità del sistema, gli impianti saranno ridondati,
 - Il sistema dovrà poter ribaltare automaticamente da una serie d'impianti sulla seconda in caso di guasto della prima.

5.6 Architettura del sistema e installazione

La figura seguente presenta l'architettura del portico termografico.

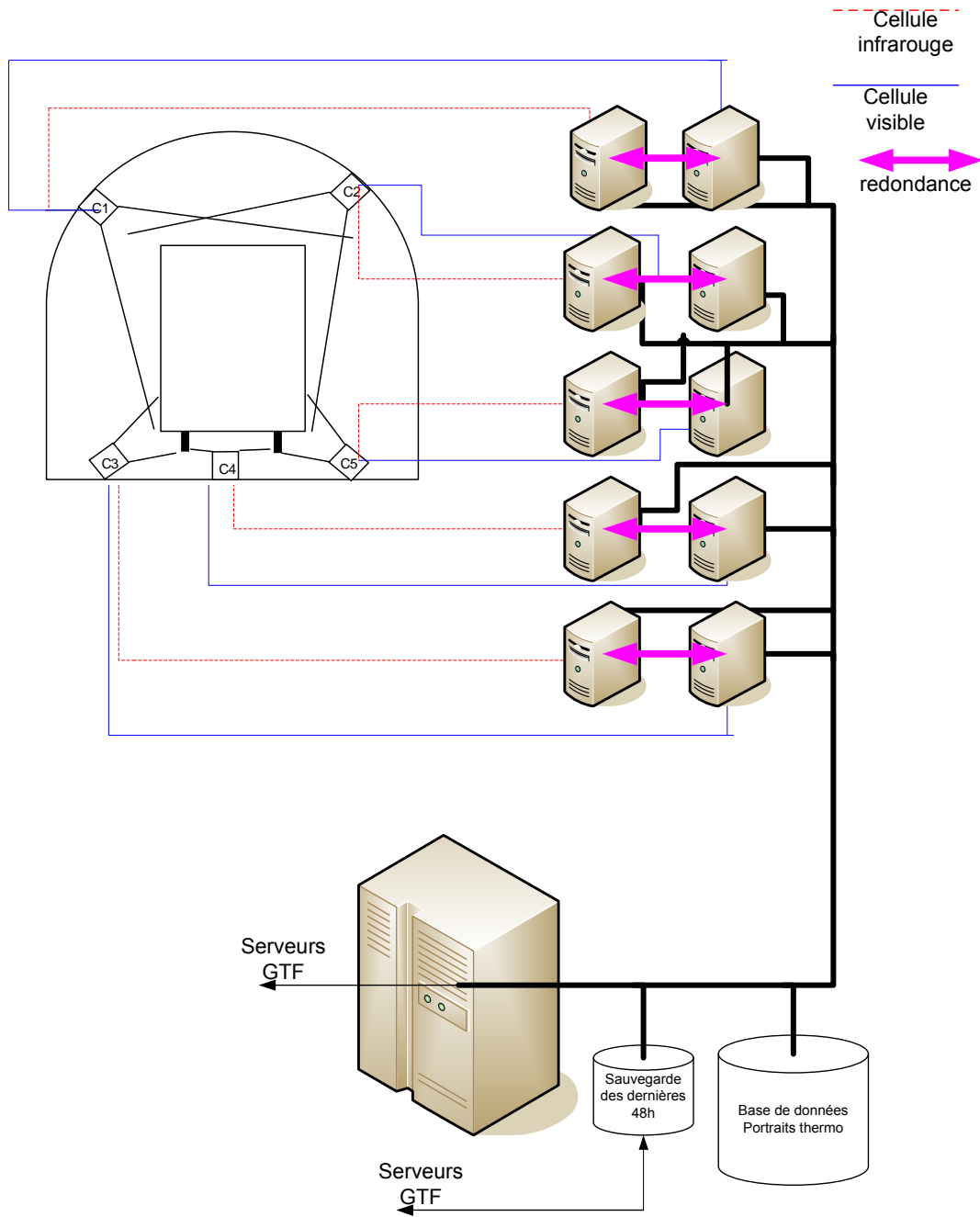


Figura 5 : Architettura generale per portico

Cellule infrarouge	Cellula infrarosso
Cellule visible	Cellula visibile
Redondance	Ridondanza
Serveurs GTF	Server GTF
Sauvegarde des dernières 48h	Backup delle ultime 48 ore
Base de données Portraits thermo	Base di dati Ritratti termo

5.6.1 Sensori

Per i portali termografici, cominciamo presentando l'architettura dei differenti sensori da installare.

Il portico sarà composto da cinque sensori ripartiti sulla circonferenza del treno e disposti come l'indica la figura seguente. Questo permetterà di vedere il treno nel suo insieme. Ognuno di questi sensori sarà composto di cellule elementari sensibili nel campo del visibile e di altre nel campo dell'infrarosso. Quelle sensibili nell'infrarosso dovranno poter effettuare dei rilevamenti di temperatura. Al fine di facilitare l'acquisizione di dati mediante le cellule sensibili nel visibile, delle file di LED, che illuminano nel vicino infrarosso (100 lm/W), saranno sistemate nei montanti del portico il cui perimetro è stimato a 35m. Le file saranno composte da 5 LED quando i rilevatori di punti caldi e di sagoma sono installati sullo stesso portico e di 10 LED in caso contrario. Le file saranno distanti 50cm.

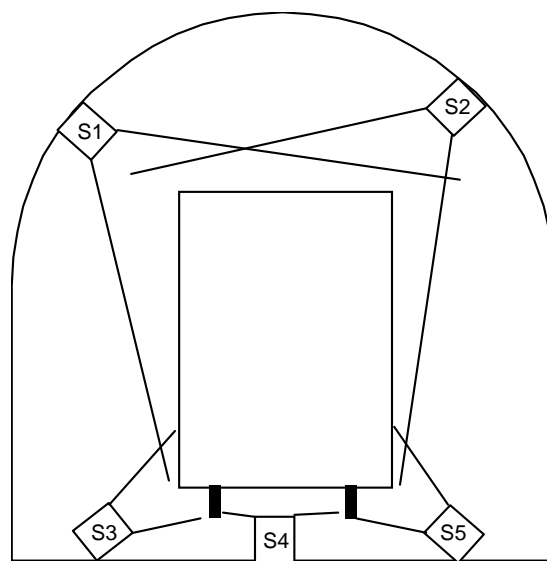


Figura 6 : Principio d'impiantazione dei sensori

Il numero di cellule elementari è determinato tenendo conto della superficie da sorvegliare, della risoluzione domandata, del numero di pixel di ogni cellula, della frequenza d'acquisizione e della velocità massima dei treni.

Poichè il sistema deve essere dimensionato nel caso più sfavorevole, si considererà una velocità dei treni di 160 km/h cioè 44 m/s. Prendendo in considerazione il fatto che ogni sensore deve poter vedere su di una larghezza di treno di 50 cm, se si desidera vedere l'insieme del treno, la cellula deve poter acquisire 88 immagini al secondo. Prendendo una frequenza d'acquisizione di 90 Hz, ci si assicurerà una zona di ricoprimento che permette di garantire una visione completa del treno. Se non si possono avere delle cellule che abbiano una frequenza di 90 Hz, si vedrà di sdoppiare il sistema.

Diverse sagome di treno saranno condotte ad essere ispezionate dal portico. Le altezze sono comprese tra 4 m e 5,5 m e le larghezze variano da 2,8 m a 3,9 m. Esso dovrà dunque avere un'immagine netta e sufficientemente precisa per questi diversi tipi di treni. Al momento della

realizzazione, se i sensori non permettono una spiaggia di nettezza altrettanto grande, si considererà l'impiego di due giochi di sensori.

La comunicazione del sensore video verso il sistema di trattamento e reciprocamente si effettuerà mediante un'interfaccia video numerica. Si potrà prevedere qui l'utilizzazione di una fibra dedicata.

L'esatto posizionamento dei sensori sul portico sarà funzione delle focali ritenute dall'installatore.

Tenuto conto della prossimità delle cellule in rapporto alla catenaria, una protezione dal campo elettromagnetico propagato dalla catenaria dovrà essere prevista sicuramente per le cellule infrarosse e probabilmente per le cellule del visibile. Per quest'ultime la scelta sarà fatta in seguito a delle prove.

A monte del portico, saranno piazzati due contattori di assi per determinare la velocità del treno e far risalire al sistema il numero di assi, in quanto queste informazioni sono utili per preparare l'analisi dei punti caldi. Il primo sarà posto a 250 m, il secondo a 200 m dal portico. Per garantire l'utilizzazione dei binari a doppio senso, se ne sistemeranno anche due a valle del portico e alle stesse distanze.

L'insieme dei sensori sarà collegato a dei server di trattamento situati al PCC.

La comunicazione con i sensori di assi si farà per mezzo di un'uscita analogica collegata alla GTF a livello del portico. La GTF assicurerà il trasferimento d'informazione fino ai computer di trattamento situati al PCC. Il calcolatore sarà collegato direttamente ai server della GTF situati al PCC.

Per assicurare la disponibilità del portico, i differenti sensori saranno ridondati. Nel caso in cui il rilevamento dei punti caldi sia indipendente dal rilevamento di sagoma, questo avrà come conseguenza l'aumento della profondità del portico. Il portico sarà composto da dieci sensori per binario, cinque per ciascun sistema per binario. In caso contrario, si noterà che non sarà più necessario aumentare la profondità del portico e che basterà disporre il gioco di sensori di soccorso sul secondo portico del rilevamento di sagoma.

Peraltro dei portali saranno installati all'uscita dei binari di relais in modo da analizzare un treno che riparte verso il tunnel, dopo arresto.

5.6.2 Portali

Dopo aver descritto i sensori installati vediamo qui i portali che li sopportano. Nel caso in cui i sensori di rilevamento di punti caldi per termografia siano installati con quelli di rilevamento di sagoma, il portico sarà quello descritto per il rilevamento di sagoma. Quando il rilevamento di punti caldi sarà installato da solo su di un portico, cioè senza il rilevamento di sagoma, il portico dovrà essere fornito.

Il basso del sensore sarà come minimo a 50 cm al di sopra della catenaria e almeno a 60 cm dal treno più largo da analizzare. Le distanze di 50 e 60 cm sono imposte per avere un sensore capace di vedere l'insieme della parte sopra e del fianco del treno. Peraltro, al fine di poter analizzare un treno quando due treni s'incrociano, è obbligatorio avere questa zona di 60 cm libera da ogni ostacolo. Tenuto conto di questo, nel luogo in cui il portico è impiantato, l'interasse dovrà essere come minimo di 4,5 m (se si considera una sagoma di 3,9 m di largo). Questa esigenza sull'interasse è valida solo quando il rilevamento di punti caldi per termografia è messo in opera da solo, cioè senza il rilevamento di sagoma. La figura seguente permette di visualizzare questa problematica.

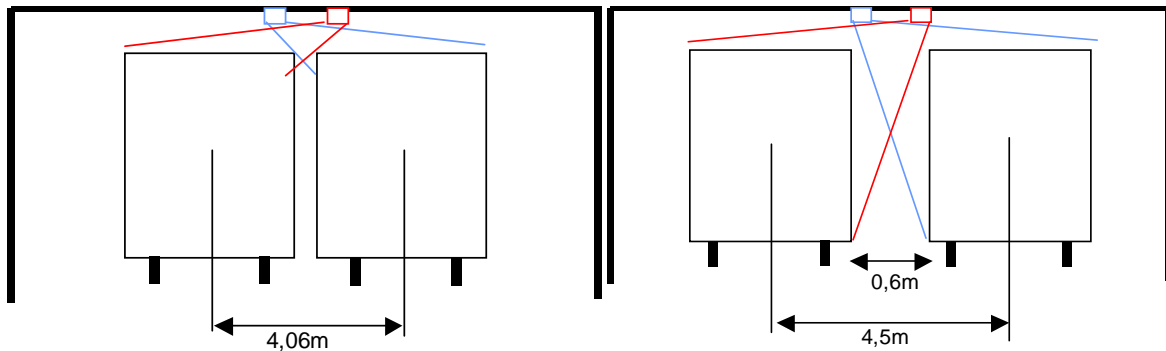


Figura 7 : Comprensione del bisogno di interasse minimo

Tuttavia, nel caso in cui il rilevamento di punti caldi possa essere accoppiato al rilevamento di sagoma, si noterà che questa esigenza sull'interasse non è più necessaria. Le distanze minime tra il treno ed i sensori e tra questi qui e la catenaria restano invece validi. Si piazzeranno gli impianti di rilevamento termico su due portali separati di 1600 m, questo permetterà il rilevamento di punti caldi sui treni, anche quando due treni s'incrociano, e questo qualsiasi sia il valore dell'interasse. La figura seguente permette di visualizzare questa soluzione.



Figura 8 : Messa in opera di due portali per rilevare i punti caldi qualsiasi sia l'interasse

Infine, tenuto conto della distanza di frenaggio massima per i treni che viaggiano a 160 km/h (2100 m), del tempo di reazione dell'insieme del sistema (2min cioè 5333 m) e della lunghezza massima di un treno (1500 m) i portali dovranno essere installati come minimo a 9 km dall'entrata di un binario di sorpasso salvo per i treni che ripartono dopo un arresto su di un binario di relais.

Il luogo ritenuto per l'impiantazione del portico dovrà essere in linea retta per evitare che il treno sia inclinato al suo passaggio sotto i sensori. Questo faciliterà la misura. Si prenderà ugualmente un luogo d'impiantazione che sia il più piatto possibile.

I portali formeranno un riparo che assicuri la protezione dei sensori e il loro isolamento ai parassiti ambientali esterni (uccelli, foglie, intemperie...).

La costituzione di ogni portico e la distanza dei montanti in rapporto ai binari dovranno rispettare le sagome di ostacoli delle norme internazionali d'impiantazione per l'installazione delle infrastrutture fisse.

L'architettura del portico dovrà permettere a ogni sensore di situarsi almeno alla distanza d'isolamento elettrico (funzione di elettrificazione della linea) della zona catenaria e della sagoma del pantografo.

5.6.3 Cavi di trasmissione e di alimentazione elettrica

Dopo aver studiato l'architettura dei sensori, vediamo qui come essi sono collegati agli altri impianti.

I cavi di trasmissione assicureranno il collegamento da una parte, tra il sistema di trattamento ed i sensori, e d'altra parte tra il sistema di trattamento ed il punto di concentrazione GTF.

Potranno essere sottomessi alle condizioni atmosferiche di una vallata alpina di 600 m d'altitudine e dovranno dunque resistere ad un'esposizione permanente alle radiazioni solari, alle intemperie e a delle proiezioni d'acqua.

I cavi che assicurano l'alimentazione dei differenti organi (centrali, sensori) saranno limitati nello stesso modo che quelli dedicati alla trasmissione d'informazione.

5.6.4 Sistema di trattamento

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

Il sistema di trattamento sarà composto da computer di tipo PC industriale che permetteranno di effettuare il trattamento delle immagini recuperate, da una base di dati contenenti i profili termografici dei diversi tipi di coonvogli, da un server per analizzare il ritratto del treno in corso di trattamento in rapporto a quelli della base di dati, da unità di stoccaggio per tenere in memoria i profili dei treni passati nelle ultime 48 ore. 'E da notare che ci saranno due computer per sensore, cioè uno per cellula (visibile ed infrarosso) di rilevamento. L'insieme di questi impianti sarà installato al PCC più vicino al portico.

Per quanto riguarda la disponibilità, i diversi computer che assicureranno il trattamento delle immagini o l'analisi saranno ridondati. Solo le basi di dati e le unità di stoccaggio non saranno ridondate. Poichè la ridondanza sarà assicurata dal secondo computer collegato allo stesso sensore, la cosa avrà come sola conseguenza l'aggiunta di un calcolatore.

5.6.5 Interfacce

Infine, per terminare la descrizione dell'architettura, guardiamo qui le diverse interfacce.

Le interfacce sono ritagliate in interfacce elettriche e di comunicazione.

➤ *Elettrica*

▪ *Alimentazione*

I diversi impianti del sistema di trattamento saranno alimentati mediante un'alimentazione soccorsa senza interruzione in 230 V. Sarà lo stesso per i differenti sensori del portico.

L'impresa responsabile degli impianti di alimentazione elettrica dovrà assicurare la fornitura del materiale per il raccordo alla rete di alimentazione fino ai piedi di ogni quadro locale del sistema di rilevamento di punti caldi per termografia.

▪ *Cablaggio*

Le fibre ottiche che assicurano il collegamento tra i luoghi d'impiantazione dei portali ed i PCC, dove sono installati i computer di trattamento, dovranno essere posati prima della posa degli impianti. Occorrerà prevedere due fibre per sensore. Una per il visibile e una per l'infrarosso.

➤ *Comunicazione con la GTF*

Solo uno dei computer che servono all'analisi dei ritratti termografici comunicherà direttamente con la GTF. Peraltro, i rilevatori di assi saranno collegati al punto di concentrazione GTF (modulo di entrate uscite spostato) più vicino. Il protocollo di comunicazione e le interfacce saranno definiti negli studi sul PC e quelli sulle reti di comunicazione.

L'impresa responsabile degli impianti di comunicazione dovrà assicurare la fornitura del materiale per il raccordo alla rete di teletrasmissione fino ai piedi di ogni quadro locale del sistema di rilevamento di punti caldi per termografia.

➤ *Rilevamento di sagoma*

L'impiantazione dei sensori per il rilevamento di punti caldi per termografia sotto il portico dovrà essere coordinata con quella dei sensori per il rilevamento di sagoma. La coordinazione si effettuerà sulle operazioni di

- Posizionamento dei sensori,
- Progettazione della larghezza dei portali,
- Passaggio dei cavi di alimentazione elettrica e di comunicazione, ecc...

➤ *Genio Civile*

La messa in opera dei portali e degli impianti legati al rilevamento di punti caldi per termografia dovrà essere coordinata con le operazioni di Genio Civile. I blocchi calcestruzzo di fondazione dei portali e le riserve per i cavi dovranno essere disponibili prima del montaggio su sito dei portali e la messa in opera dei sensori.

Per la linea storica, prevediamo di togliere le rotaie esistenti a livello di ogni sito d'impiantazione dei portali in modo da sistemarvi una lastra di calcestruzzo monoblocco alla quale saranno fissati i montanti dei portali. Le rotaie utilizzate per assicurare la continuità del traffico ferroviario al momento della rimessa in esercizio della linea dovranno essere solidali di questa lastra.

6. Sistema rilevamento di sagoma

La sagoma ferroviaria designa il contorno trasversale di un veicolo ferroviario. Questo contorno è l'oggetto di una normalizzazione precisa. Esso deve iscriversi nella sagoma degli ostacoli, che è il contorno che deve essere mantenuto libero negli impianti ferroviari.

Il diametro dei tunnel della zona internazionale è stato definito sulla base di una sagoma di ostacolo massima. Solo i treni la cui sagoma cinematica (sagoma del materiale rotabile tenendo conto degli spostamenti geometrici e dinamici ai quali sono sottoposti i veicoli per la flessibilità delle loro sospensioni) non eccede la sagoma d'ostacolo massima del tunnel saranno autorizzati a prendere i tunnel. Un treno che non rispetterebbe questa limitazione sarebbe suscettibile di danneggiare la struttura del tunnel.

6.1 Obiettivi del sistema

Il rilevamento di sagoma dovrà essere realizzato su ogni binario delle linee nuova e storica in provenienza dalle reti RFF e RFI, qualsiasi sia il senso di circolazione dei treni, di modo che i treni suscettibili di prendere il tunnel della linea nuova abbiano subito una verifica di conformità.

Il dispositivo di rilevamento di sagoma dovrà essere in grado di rilevare qualsiasi superamento della sagoma d'ostacolo dei treni per evitare una collisione grave con uno dei tunnel della zona LTF.

Questo rilevamento di sagoma dovrà essere fatto su tutti i treni merci e d'autostrada ferroviaria portati a prendere i tunnel della linea nuova, in quanto questi treni sono i soli a poter presentare delle problematiche di fuori sagoma.

6.2 Esigenze

Il presente paragrafo enuncia tutti i tipi di esigenze a cui devono obbedire la progettazione e la realizzazione del sistema di rilevamento sagoma.

6.2.1 Esigenze di sicurezza

➤ *Esigenze funzionali*

Occorre rilevare un superamento di sagoma prima dell'entrata del treno nel tunnel ad una distanza tale che il treno possa fermarsi prima di penetrare nel tunnel.

➤ *Sicurezza dei beni e delle persone*

Gli impianti del sistema messi in opera dovranno essere progettati e realizzati in perfetta conformità con i regolamenti e le norme relative alla sicurezza dei beni e delle persone.

6.2.2 Esigenze ambientali

- All'esterno, le condizioni ambientali sono quelle di una vallata alpina con delle teste di tunnel a 600m circa di altitudine. Le condizioni climatiche possono essere del tipo grandine o neve. Delle sostanze organiche in sospensione nell'aria potranno anche essere presenti (foglie, uccelli...). Inoltre, per tempo piovoso, si forma un alone attorno ai treni che potrà interferire con le misure. Tutti questi elementi potranno limitare il nostro sistema.
- Numerosi grassi ed altre sostanze parassite saranno suscettibili di spandersi sul materiale al suolo.
- Il passaggio dei treni produrrà importanti spostamenti d'aria.
- Il passaggio dei treni nei tubi genererà forti vibrazioni.

6.2.3 Esigenze d'esercizio e manutenzione

➤ Esercizio

- I rilevatori di sagome dovranno poter rilevare i fuori sagoma dei treni abbastanza presto per permettere a tutti i treni di fermarsi sui siti previsti a questo effetto, cioè i binari di sorpasso in stazione di Saint-Jean-de-Maurienne e di Bruzolo.
- I treni sono suscettibili di circolare nei due sensi su ciascun binario.
- La velocità dei treni sulle zone di rilevamenti sarà compresa tra 100 e 220 km/h. I treni merci e d'autostrada ferroviaria transiteranno a delle velocità inferiori a 160km/h.

➤ Manutenzione

La manutenzione sarà prevista 4 ore per notte su tutto o parte di uno dei due binari, per la linea nuova.

La manutenzione sarà prevista 2 ore per binario, successivamente su ciascuno dei binari, in periodo di giorno, per la linea storica.

- Preventiva : Senza oggetto
- Correttiva : Tutti i pezzi necessari alla manutenzione del sistema dovranno essere disponibili su 15 anni.
- Eccezionale : Il sistema potrà essere sostituito solamente dopo almeno 15 anni di esercizio.

6.2.4 Esigenze di installazione

I portali di rilevamento di sagoma dovranno essere installati sui due binari.

Affinchè il sistema possa essere attivo su ogni treno anche quando due treni s'incrociano, l'interasse, cioè la distanza tra i due binari, è una costrizione per il nostro sistema.

Visto il peso dei convogli destinati a prendere le linee nuove e storiche, è da prevedere un affossamento dei binari a seconda del rivestimento impiegato per sopportare le rotaie.

L'affossamento puo' essere dell'ordine di 10 cm. Le esigenze sulla precisione della misura di sagome da parte del nostro sistema sono dell'ordine del centimetro ed il nostro sistema sarà

dimensionato per un'altezza da suolo iniziale. L'abbassamento dei binari è dunque una costrizione da tenere in considerazione per il nostro sistema.

Il comportamento dei treni è diverso in presenza di una curva o più generalmente di una pendenza del binario, a causa di differenti parametri quali la velocità di passaggio, lo stato delle sospensioni, la dissimmetria del treno o del suo carico... La misura sulla sagoma non potrà adattarsi a tutti questi parametri. Il sistema sarà dunque limitato dalle pendenze e dai declivi presenti sul progetto.

6.2.5 Esigenze di evolutività

Le unità di trattamento dei rilevatori di sagome lato Saint Jean de Maurienne e Interconnessione saranno dimensionate tenendo conto dei bisogni finali degli impianti del sistema.

I nuovi impianti installati dopo la messa in servizio della zona LTF dovranno poter interfacciarsi con gli impianti già messi in opera.

6.3 Performance

Dopo aver visto le differenti esigenze a cui è sottomesso il sistema di rilevamento di sagome, stabiliamo qui le performance che esso deve raggiungere. Le performance sono state suddivise in sette punti. Vedremo dapprima le performance generali poi quelle legate alla precisione della misura seguite da quelle d'esercizio, di affidabilità, di manutenzionabilità e di disponibilità ed infine quelle che non rientrano nelle categorie precedenti.

➤ *Generalità*

In maniera generale, il sistema dovrà rispettare l'insieme delle esigenze enunciate qui di seguito.

Sull'ipotesi che i superamenti di sagome sono possibili solo sui treni merci e d'autostrada, i portali saranno dimensionati e posizionati sulla base di una velocità massima di rilevamento di 160km/h.

➤ *Misura*

Il rilevatore di sagoma dovrà poter rilevare degli oggetti la cui dimensione sia suscettibile di danneggiare il tunnel in caso di contatto. La dimensione degli elementi rilevati sarà limitata dalla tecnologia messa in opera.

La precisione che si può sperare dal sistema sarà presentata nella parte 3, "Analisi delle tecnologie".

La presenza dei pantografi sulle macchine di trazione dovrà essere presa in considerazione nella misura del superamento di sagoma alta dei treni.

➤ *Tempo di reazione*

Il sistema dovrà far scattare un allarme al PCC al più tardi 10s dopo che sia stato rilevato dal portico un superamento di sagoma.

➤ *Affidabilità*

In fase di esercizio normale del sistema, la produzione di falsi allarmi non dovrà essere superiore a 1 per 1000 allarmi generati, che sia per gli allarmi di esercizio o quelli tecnici.

➤ *Manutenzione*

- Preventiva : Il tempo tra due manutenzioni preventive non potrà essere inferiore a 3 mesi.
- Correttiva : Il tempo tra due manutenzioni correttive sullo stesso pezzo di un impianto non potrà essere inferiore a 12 mesi.
- Eccezionale : Senza oggetto

➤ *Disponibilità*

Gli impianti del sistema di rilevamento di sagoma situati sulla linea nuova saranno al massimo indisponibili 4 ore di notte ogni due giorni.

Gli impianti del sistema di rilevamento di sagoma situati sulla linea storica saranno al massimo indisponibili 2 ore al giorno tutti i giorni.

6.4 Architettura del sistema ed installazione

6.4.1 Architettura generale

Lo schema seguente presenta un riassunto dell'architettura del sistema.

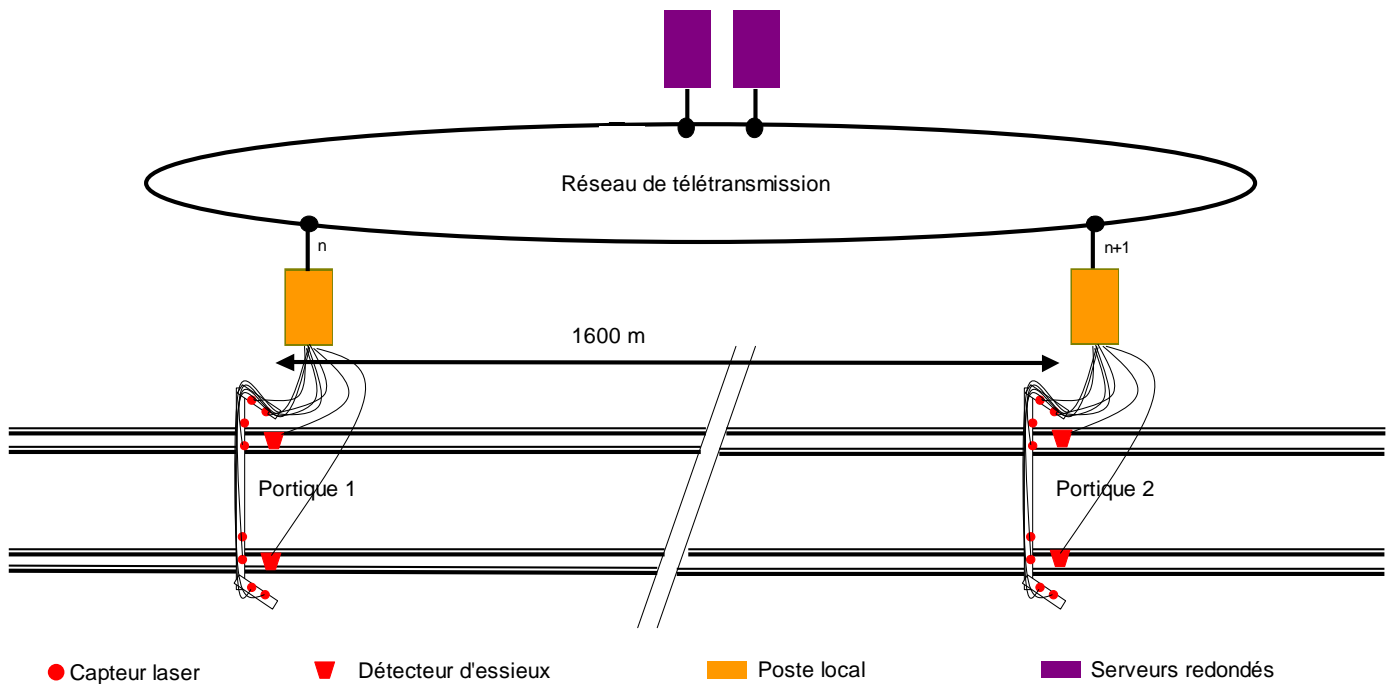


Figura 9 : Schéma d'architecture générale du système de gabarit

Réseau de télétransmission	Rete di teletrasmissione
Portique	Portico
Capteur laser	Sensore laser
Détecteur d'essieux	Rilevatore di assi
Poste local	Quadro locale
Serveurs redondés	Server ridondati

6.4.2 Sensori

Per quanto riguarda il sistema di rilevamento di sagoma, cominciamo col presentare l'architettura dei differenti sensori da installare.

- *Il rilevamento di sagoma alta* sarà realizzato con l'aiuto di due laser di classe 1 o 2 in emissione/ricezione.

Il filtraggio sui pantografi sarà realizzato mediante la messa in opera di due paia di laser emettitori/ricevitori. Questo implica che la dimensione minima degli oggetti che potranno essere rilevati sarà almeno della larghezza dei pantografi. Il distanziamento tra i due laser emettitori sarà di 15 cm, regolabile. Questo valore è stato fissato dopo lo studio di sagome di pantografi diffusi.

Tuttavia esso non potrà essere convalidato senza test. Se, durante i test reali o la messa in esercizio del sistema, questo valore si avverasse inadatto, dovrà essere riaggiustato. A questo scopo, prevediamo di piazzare i sensori su delle rotaie che permettono di facilitarne l'aggiustamento.

Onde poter determinare su quale binario si trova il treno che è l'oggetto del rilevamento, due rilevatori di assi magnetici saranno installati su ciascuno dei due binari al livello di ogni portico (vedi la descrizione dei rilevatori di assi magnetici nel sistema DBC).

- *Il rilevamento delle sagome laterali* si effettuerà utilizzando dei telemetri laser di classe 1 o 2 diretti verso il suolo.
- *Il rilevamento di sagoma sulle parti basse del treno* si effettuerà utilizzando dei telemetri laser di classe 1 o 2 diretti verso il suolo.
- *Generale*

Ogni laser o ricevitore sarà collegato ad un quadro locale situato presso i binari.

Ogni sensore dovrà essere integrato in una scatola termostata comprendente un oblo' ottico obliquo specifico (per evitare una riflessione troppo importante del segnale luminoso). Un sistema autopulente sarà previsto per questo ottico al fine di limitarne il tasso di sporcizia legato al passaggio dei treni (in particolare al passaggio dei diesel). Questo sistema sarà costituito da un tergicristallo, da una pompa e da un recipiente ermetico contenente un prodotto detergente antigelo.

6.4.3 Portico

Ora che i sensori sono stati descritti, proponiamo uno studio dell'architettura del portico.

Il rilevamento di sagoma deve poter essere eseguito anche quando due treni s'incrociano sotto il portico di misura. Con un solo portico che scavalca i due binari, questo puo' presentare dei problemi legati all'interasse, cioè al distanziamento tra i due treni quando s'incrociano (vedi figura 10).

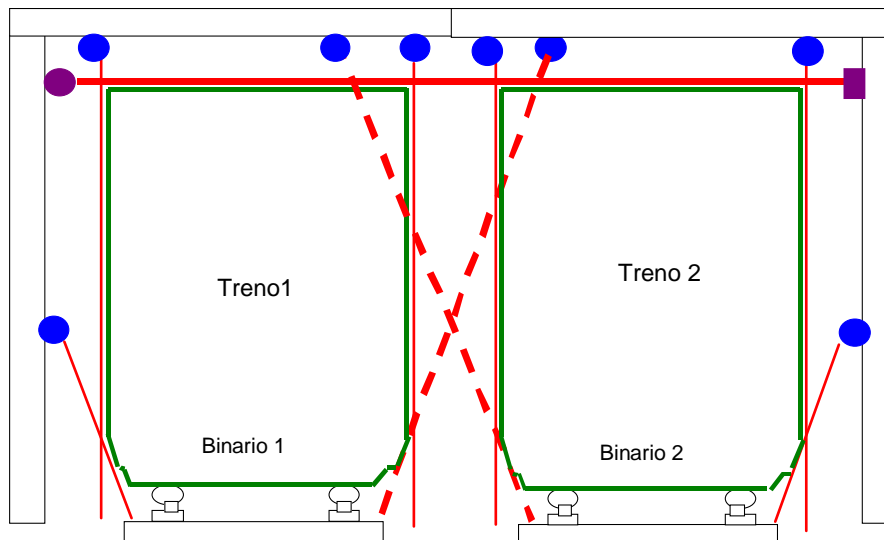


Figura 10 : Impossibilità di rilevamento delle sagome al livello basso delle facce a fronte dei treni che s'incrociano.

Calcolo dell'interasse necessario per il rilevamento di sagoma sui due binari con un solo portico (vedi figura 13) :

- L'altezza massima della sagoma d'ostacolo in tunnel è di 5.44 m,
- L'altezza del punto A è di circa 1.40 m,
- L'angolo che devono avere i raggi laser provenienti dai telemetri laser in rapporto alla verticale deve essere dell'ordine di 20°.

La larghezza libera tra le due sagome d'ostacoli nel caso in cui due treni s'incrocino è dunque di :

$$\text{Interdistanza tra le sagome di ostacoli} : (5.44 - 1.40) \cdot \tan(20) = 1.47 \text{ m}$$

La larghezza massima della sagoma di ostacoli è di 3.90 m.

L'interasse minimo necessario tra i due binari per poter realizzare un rilevamento di sagome sui due binari con un solo portico è dunque di $3.90 + 1.47 = \mathbf{5.37 \text{ m}}$.

Al fine di permettere il rilevamento di sagoma su tutti i treni, anche quando due treni s'incrociano, e questo senza imporre un interasse minimo tra i binari, i sensori costitutivi del sistema di rilevamento di sagoma saranno installati su **due portali identici ed indipendenti, ciascuno di essi con due montanti di supporto che scavalcano i due binari paralleli.**

La distanza tra i due portali deve essere tale che l'incrocio di due treni non possa verificarsi simultaneamente sotto i due portali. La lunghezza dei treni più lunghi essendo di 1500 m, scegliamo di distanziare i due portali di 1600 m, per garantire 100 m di distanza di sicurezza (vedi figura 11).

Peraltro, in una logica di riduzione dei costi, se ci sono dei tunnel sulla linea tra 0 e 6km a monte del punto di postazione del sistema e se è possibile installarvi gli impianti di rilevamento di sagoma, lo si farà.



Figura 11 : Distanza tra i portali funzione della lunghezza dei treni più lunghi

I portali formeranno un riparo che assicurerà la protezione dei sensori ed il loro isolamento da parassiti ambientali esterni (uccelli, foglie, intemperie...).

La costituzione di ogni portico e lo scartamento dei montanti in rapporto ai binari dovranno rispettare le sagome di ostacoli delle norme internazionali di postazione per l'installazione delle infrastrutture fisse.

L'architettura del portico dovrà permettere a qualsiasi sensore di situarsi almeno alla distanza d'isolamento elettrico (funzione dell'elettrificazione della linea) dalla zona catenaria e dalla sagoma del pantografo.

Il posizionamento e la direzione del fascio dei laser sono specificati nella figura 12.

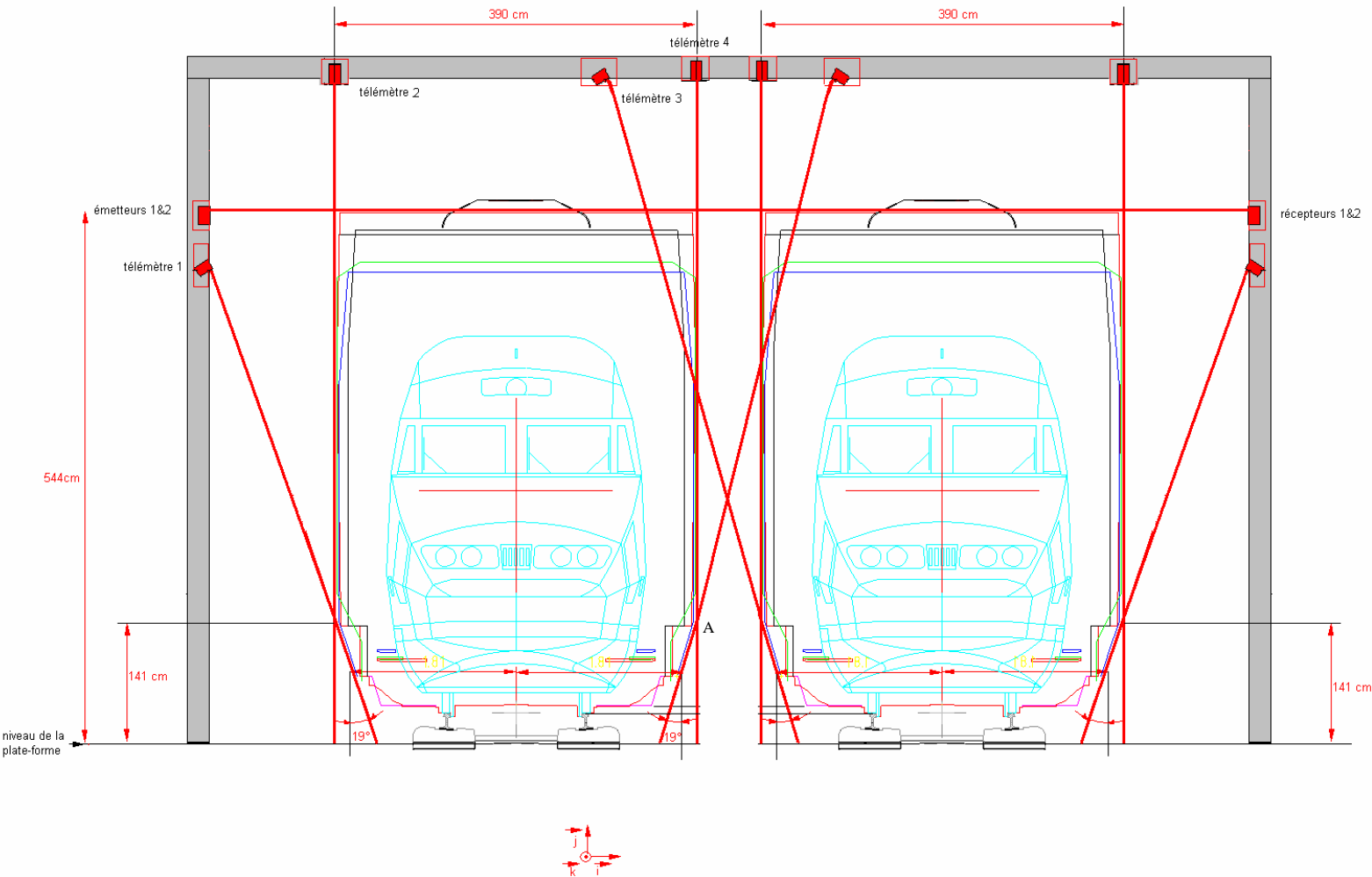


Figura 12 : Schema generale del portico di rilevamento di sagoma

I due sistemi di rilevamento di sagoma e di punti caldi per termografia hanno dei bisogni simili e le esigenze specificate per ognuno dei portali non sono incompatibili. Al fine di diminuire i costi, preconizziamo d'installare gli impianti dei due sistemi sugli stessi portali.

6.4.4 Cavo di trasmissione e d'alimentazione elettrica

Dopo aver studiato l'installazione dei sensori, vediamo ora come essi siano collegati agli altri impianti.

I cavi di collegamento e di alimentazione, che siano tra i sensori ed il quadro locale o tra il quadro locale ed il punto di concentrazione della rete di teletrasmissione o la partenza elettrica, saranno C2.

I cavi dovranno poter resistere ad un'esposizione permanente alle radiazioni solari, alle intemperie e a delle proiezioni di acqua.

6.4.5 Quadri

Dopo lo studio dei sensori e dei cavi, descriviamo ora l'architettura dei quadri di trattamento delle informazioni.

Un *quadro locale* sarà installato in prossimità del binario, vicino ad ogni posto destinato a ricevere un portico di rilevamento di sagoma.

Esso sarà in particolare costituito da centri di misure, destinati al trattamento delle misure effettuate dai laser messi in opera, da un sistema di alimentazione e di comunicazione.

Un quadro locale basterà per trattare le informazioni provenienti da un portico di rilevamento di sagoma. Un quadro locale dovrà poter trattare almeno :

- 2 paia di sensori laser in emissione/ricezione,
- 8 telemetri laser,
- Per ragioni di evolutività dei sistemi e precauzioni di ridondanza, ogni quadro locale dovrà poter gestire :
 - o 3 paia di sensori laser in emissione/ricezione e,
 - o 10 telemetri laser.

I quadri locali dovranno fornire l'alimentazione necessaria al funzionamento dei sensori.

Inoltre, un connettore RJ45 sarà disponibile per permettere la connessione al PC portatile di manutenzione.

Ci saranno in tutto 8 portali (cioè 8 quadri locali), ognuno dei quali dovrà poter gestire 3 paia di sensori laser in emissione/ricezione e 10 telemetri laser per garantire la sicurezza sul corridoio progetto. Il sistema di supervisione sarà previsto per gestire 2 quadri locali supplementari in modo da tener conto dell'evolutività del sistema, cioè 10 portali in tutto.

6.4.6 Interfacce

Infine, per terminare la descrizione dell'architettura, guardiamo qui le diverse interfacce.

➤ *Alimentazione elettrica*

I diversi impianti del sistema di trattamento saranno alimentati da un'alimentazione soccorsa senza interruzione in 230Vac.

L'impresa responsabile degli impianti di alimentazione elettrica dovrà assicurare la fornitura del materiale per il collegamento con la rete di alimentazione fino ai piedi di ogni quadro locale del sistema di rilevamento di sagoma.

➤ *Comunicazione con il sistema di supervisione sulla rete di teletrasmissione*

Tutti i quadri locali comunicheranno con i server di sicurezza incaricati del sistema di rilevamento di sagoma mediante la rete di teletrasmissione.

Il protocollo di comunicazione e le interfacce saranno definiti negli studi sul PCC e quelli sulle reti di comunicazione, sapendo che i quadri locali dovranno poter comunicare con tutti i protocolli standard mediante la messa in opera di una scheda di comunicazione adeguata.

L'impresa responsabile degli impianti di comunicazione dovrà assicurare la fornitura del materiale per il collegamento con la rete di alimentazione fino ai piedi di ogni quadro locale del sistema di rilevamento di sagoma.

➤ *Portico termografico*

L'impiantazione dei sensori per il rilevamento di sagoma sotto il portico dovrà essere coordinata con quella dei sensori per il rilevamento termografico. La coordinazione si effettuerà sulle operazioni di :

- Posizionamento dei sensori,
- Progettazione della larghezza dei portali,
- Passaggio dei cavi di alimentazione elettrica e di comunicazione, ecc...

➤ *Genio Civile*

La messa in opera dei portali e degli impianti legati al rilevamento di sagome dovrà essere coordinata con le operazioni di Genio Civile.

I blocchi calcestruzzo di fondazione dei portali e dei quadri locali e le riservezioni per i cavi dovranno essere disponibili prima del montaggio su sito dei portali e la messa in opera dei sensori e dei quadri locali.

Per quanto riguarda la linea storica, prevediamo di togliere le rotaie esistenti a livello di ogni sito d'impiantazione dei portali in modo da sistemarvi una lastra di calcestruzzo monoblocco alla quale saranno fissati i montanti dei portali.

Le rotaie utilizzate per assicurare la continuità del traffico ferroviario al momento della rimessa in esercizio della linea dovranno essere solidali di questa lastra.

7. Rilevatori di gas

I convogli merci e di autostrada ferroviaria sono suscettibili di trasportare dei prodotti allo stato gassoso. Malgrado la qualità dei contenitori attuali, il rischio di una fuga resta non trascurabile.

Il rilevatore di gas completa gli impianti di sicurezza messi in opera nei tunnel. Lo studio concerne qui il rilevamento di gas tossici ed esplosivi nelle canne ferroviarie.

7.1 Obiettivo del sistema

L'obiettivo del sistema di rilevamento di gas tossici ed esplosivi consisterà nel rilevare, al più presto, l'apparizione di particelle di gas in canne ferroviarie in modo da evitare che il treno cedente entri nella nuvola di gas.

7.2 Topologia e geometria delle opere

Le opere che hanno un impatto sul sistema di rilevamento di gas in canne ferroviarie saranno :

- Il profilo in lungo,
- Lo spaccato tipo in prossimità dei rami tecnici,
- La posizione dei rami tecnici,
- La configurazione dei locali tecnici presenti nei rami.

7.3 Esigenze

Per maggior chiarezza, abbiamo suddiviso le esigenze in più punti. Per cominciare, analizziamo le esigenze dettate da una preoccupazione di sicurezza, poi quelle indotte dall'ambiente nel quale è installato il sistema, in seguito quelle legate all'esercizio ed alla manutenzione dell'opera ed infine quelle di realizzazione e di evolutività.

7.3.1 Esigenze di sicurezza

➤ *Esigenze funzionali :*

- Rilevare la presenza di gas esplosivi nei tunnel prima del limite di esplosività,
- Rilevare i gas tossici o gruppo di gas più pericolosi,
- Sganciare un allarme al PCC in caso di rilevamento di gas.

➤ *Sicurezza dei beni e delle persone :*

- Gli impianti ed i loro attacchi piazzati in tunnel dovranno resistere a delle temperature di 1100°C,
- Gli impianti di prelievo e di analisi dovranno essere antideflagranti,
- Tutti i cavi elettrici e tubi, posati in galleria per il rilevamento di gas, non dovranno contenere materiali :
 - Alogeni,
 - Propagatori d'incendio,

- Emananti fumi tossici.

7.3.2 Esigenze ambientali

- La costruzione dei tunnel provocherà della polvere di calcestruzzo. La quantità sarà importante all'inizio e trascurabile dopo un anno di esercizio,
- L'usura della catenaria si manifesterà con la presenza di polvere di rame. Quella delle rotaie provocherà delle polveri d'acciaio. Le quantità saranno importanti.
- La variazione di pressione dovuta al passaggio del treno sarà dell'ordine di 10 kPa,
- La roccia sarà naturalmente calda tra 30 e 40°C,
- Igrometria sconosciuta,
- Le vibrazioni generate dal passaggio del treno saranno importanti,

7.3.3 Esigenze di esercizio e di manutenzione

➤ *Esercizio*

- La velocità dei treni merci e d'autostrada ferroviaria sarà compresa tra 100 e 160 Km/h,
- La velocità dei treni ad alta velocità (TGV e ETR) sarà di 220 km/h,
- Un senso di circolazione sarà attribuito per binario ma occasionalmente i binari potranno essere utilizzati nei due sensi,
- Le materie pericolose ammesse al RID, lo saranno anche nella zona LTF. Questo implicherà l'ammissibilità delle materie pericolose delle categorie B fino a E
- Il tunnel sarà regolarmente pulito all'acqua.

➤ *Manutenzione*

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

- Correttiva : Tutti i pezzi necessari alla manutenzione del sistema dovranno essere disponibili su 15 anni.
- Eccezionale : Il sistema potrà essere sostituito solamente dopo almeno 15 anni d'esercizio.

7.3.4 Esigenze di realizzazione

L'area disponibile per sistemare gli impianti di rilevamento di gas nelle canne ferroviarie sarà costretto dall'insieme degli altri impianti preconizzati dai differenti sistemi.

7.3.5 Esigenze di evolutività

Le centrali di rilevamento dovranno essere dimensionate per accogliere gli impianti di rilevamento supplementari installati al momento delle differenti fasi di costruzione.

7.4 Performance

Dopo aver visto le differenti esigenze a cui è sottomesso il sistema di rilevamento di gas, stabiliamo qui le performance che esso deve raggiungere.

Le performance sono suddivise in sei punti.

Vedremo dapprima le performance generali poi quelle legate alla precisione della misura seguita da quelle di esercizio, di affidabilità, di disponibilità ed infine vedremo quelle che non rientrano nelle categorie precedenti.

➤ *Generalità*

Il sistema di rilevamento incendio nelle canne ferroviarie dovrà soddisfare all'insieme delle esigenze enunciate precedentemente.

➤ *Precisione della misura*

- Rilevare, per la tossimetria, delle concentrazioni superiori a 1 ppm,
- Rilevare, per l'esplosività, delle concentrazioni superiori a 5% in volume del LIE.

➤ *Esercizio*

- Sganciare un allarme, per la tossimetria, appena la concentrazione raggiungerà 3 ppm,
- Sganciare un allarme, per l'esplosimetria, appena la concentrazione del gas di riferimento raggiungerà 10% in volume del suo LIE,
- I rilevatori di tossimetria e d'esplosività dovranno poter analizzare la miscela presente nella camera d'analisi in 15 s e far scattare un allarme in caso di presenza di gas,
- Sganciare un allarme al più tardi 1 min 30 s dopo il passaggio del treno.

➤ *Manutenzione*

- Preventiva: Il tempo tra due manutenzioni preventive non potrà essere inferiore a 3 mesi.
- Correttiva: I pezzi cambiati al momento di una manutenzione correttiva saranno in grado di funzionare durante almeno un anno.

➤ *Affidabilità*

Una volta terminato il periodo di collaudi, produrre al massimo un falso allarme ogni 1 000 allarmi generati.

➤ *Disponibilità*

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

7.5 Architettura del sistema ed installazione

7.5.1 Architettura generale

La figura seguente presenta le comunicazioni tra i diversi tipi di rilevatori e la centrale gas installata in ogni ramo tecnico.

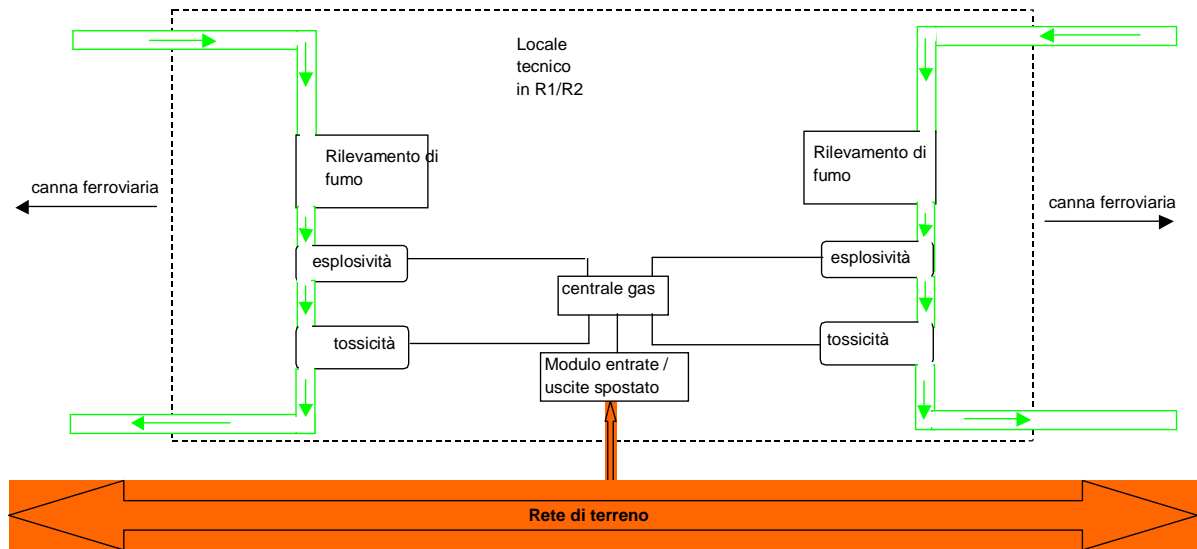


Figura 13 : Principio architettura rilevamento di gas

La figura seguente permette di vedere la postazione degli impianti di sicurezza incendio - fumo fiamme e calore – su di uno spaccato tipo del tunnel

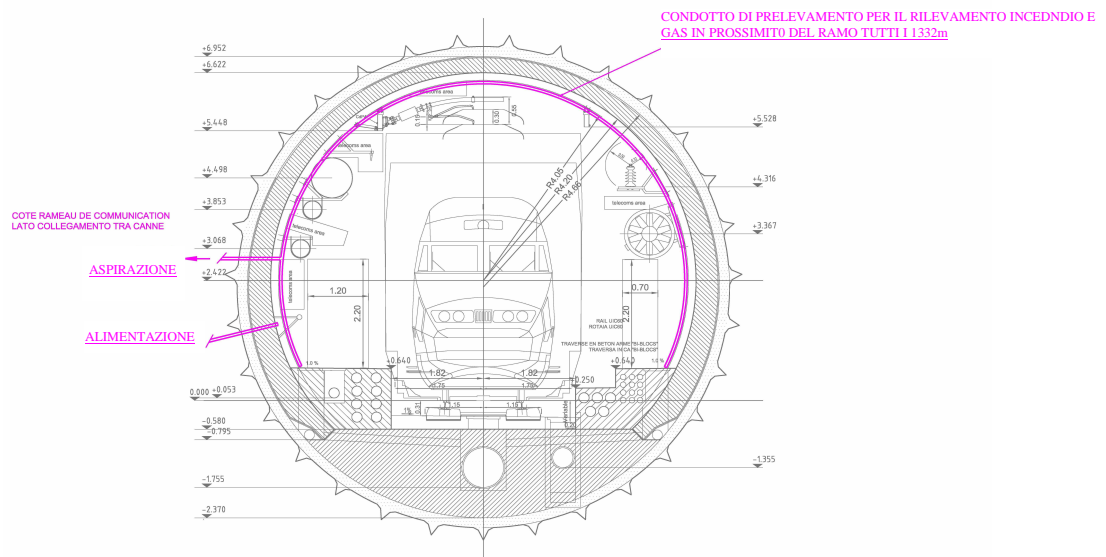


Figura 14 : Spaccato tipo in tunnel per il sistema di prelievo

Glossario Figura 14	
ASPIRATION	ASPIRAZIONE
REFOULEMENT	RINVIO
CONDUITE DE PRELEVEMENT DETECTION INCENDIE ET GAZ AU DROIT D'UN RAMEAU (diam. 60 mm) REPETES TOUS LES 1332 METRES	CONDOTTA DI PRELIEVO RILEVAMENTO INCENDIO E GAS IN PROSSIMITA' DI UN RAMO (diam. 60 mm) RIPETUTI OGNI 1332 METRI

7.5.2 Sensori

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

Per il rilevamento di gas (tossici ed esplosivi), è apparso non realista effettuare un rilevamento continuo nelle canne, cosa che implica come minimo un rilevatore 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 giudicato soddisfacente, in quanto permette un'installazione degli impianti nei locali tecnici.

Il sistema di rilevamento di gas sarà un sistema di rilevamento multi-punti. Questa scelta proviene dall'impossibilità, viste le esigenze, d'installare degli impianti di rilevamento all'interno delle canne ferroviarie. Il sistema sarà dunque composto da quattro sotto-sistemi, il primo per il prelievo dei campioni di gas, il secondo per analizzare l'esplosività, il terzo per lo studio della tossicità dei detti campioni, il quarto per lo scarico dei campioni analizzati.

L'insieme degli impianti sarà visibile nella figura 6: «Principio di circolazione dei campioni».

Peraltro, al fine di proteggere le persone che si spostano nel tunnel per la manutenzione o per l'evacuazione dei passeggeri, descriveremo in dettaglio le misure da applicare.

➤ *Prelievo dei campioni di gas*

Il sistema di rilevamento di gas, con un passo identico per il rilevamento di fumo ed il rilevamento di gas (tossici ed esplosivi), per ridurre i costi, sarà piazzato al seguito di quello di rilevamento di fumo. Questo implica che la rete di prelievo nella canna sia comune ai due sistemi.

I campioni captati saranno analizzati dal rilevatore di fumo e transiteranno poi fino al rilevatore di gas esplosivi prima di proseguire verso il rilevatore di gas tossici.

Infine verranno evacuati nella canna in cui sono stati captati. La figura seguente riprende questo principio. I campioni prelevati vengono filtrati dal sistema di rilevamento di fumo. Non sarà dunque necessario intercalare un filtro supplementare.

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

Considerate le materie pericolose ammesse, i tubi che assicurano il legame tra i diversi organi di rilevamento saranno antideflagranti.

La figura 15 mostra il seguente ordine per i rilevatori: fumo, esplosività, tossicità. Solo il posto del rilevamento di fumo è importante, in quanto esso integrerà dei filtri ad elevate prestazioni per eliminare le particelle inquinanti legate all'esercizio del tunnel.

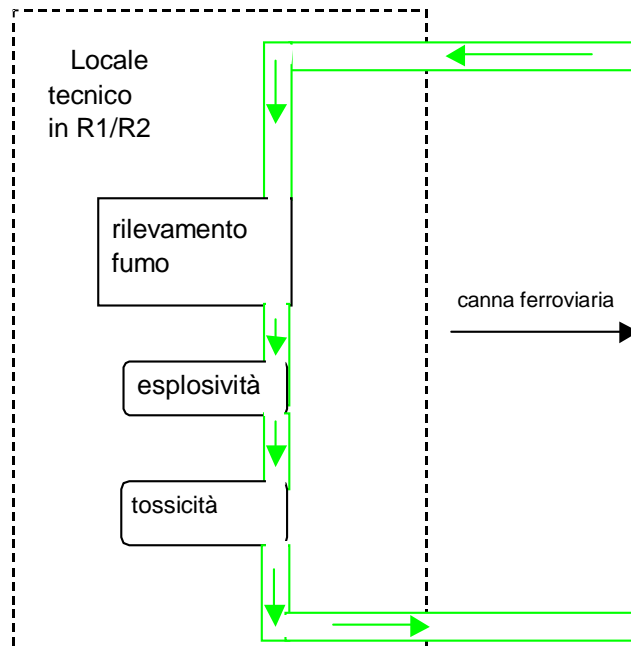


Figura 15 : Principio di circolazione dei campioni

➤ *Analisi dell'esplosività*

All'uscita dal rilevatore di fumo, i campioni verranno analizzati dall'esplosimetro prima che la loro tossicità venga analizzata. Il rilevamento d'esplosività sarà realizzato con un rilevatore infrarosso calibrato sul LIE dell'ottano. Il rilevatore sarà collegato ad una centrale di gas che s'incaricherà del trattamento delle informazioni rinviate.

Viste le materie pericolose che sono ammesse nei tunnel e che possono essere veicolate dal sistema di prelievo, la cellula di rilevamento dovrà essere antideflagrante. All'installatore sarà lasciata la scelta, in funzione delle caratteristiche dei rilevatori, di creare una camera per sistemare il rilevatore o di piazzare i capillari direttamente alla canna collegando il rilevatore di fumo e quello di tossicità.

Ci saranno tante cellule di rilevamento di gas esplosivi quanti sono i rami tecnici. Peraltro, occorrerà aggiungere due cellule di rilevamento in entrata ed in uscita del binario di sorpasso di Modane-bis. Questo rilevamento verrà effettuato in seguito al rilevamento di fumo.

➤ *Analisi della tossicità*

Dopo l'analisi dell'esplosività dei campioni, il rilevatore seguente analizzerà la loro tossicità.

L'analisi sarà realizzata da un analizzatore a 8 gas capace di rilevare i gas seguenti :

- Idrogeno,
- Fosfina,
- Monossido di carbonio,
- Arsina,

- Fluoruro di idrogeno,
- Cianuro di idrogeno,
- Ammoniaca,
- Cloro.

La lista di gas è stata stabilita a partire dai gas tossici per inalazione benchè non ci sia stata trasmessa un'analisi di rischio. Dopo delle ricerche, abbiamo ritenuto i gas che possono sprigionarsi in seguito ad una fuga in contatto con aria o acqua e senza tener conto di una qualunque probabilità o meno di apparizione.

Tenuto conto delle capacità delle tecnologie attuali, è possibile rilevare otto gas con lo stesso rilevatore. Questo spiega che abbiamo limitato la nostra lista ad otto gas tossici inodori.

Numerose tecniche di analizzatore sono solamente allo stadio di prototipo, salvo quella a mobilità ionica. E' questa dunque che riterremo. L'analizzatore sarà allacciato alla centrale incendio.

Il sistema, perchè ne sia garantito il buon funzionamento, dovrà poter analizzare il suo incrostamento analizzando quello del suo filtro. Inoltre, considerate le materie pericolose che sono ammesse nel tunnel e che possono essere veicolate dal sistema di prelievo, l'analizzatore dovrà essere antideflagrante.

Il rilevamento di gas è visto come un insieme. Ci saranno dunque tanti luoghi di rilevamento di gas esplosivi quanti di rilevamento di tossici.

➤ *Scarico dei campioni analizzati*

Dopo analisi i campioni saranno rinviati verso la canna in cui sono stati prelevati mediante un tubo di diametro 25 mm e antideflagrante. Quest'ultimo terminerà con una valvola antiritorno.

➤ *Individuo presente nelle canne*

Peraltro, benchè questo non rientri nel nostro studio, ci sembra opportuno evocare il caso in cui degli individui si spostino nelle canne ferroviarie.

Per gli agenti incaricati della manutenzione, come pure per i conducenti di treni, preconizziamo l'impiego di rilevatori portatili capaci di rilevare 5 gas.

I cinque gas seguenti sono stati definiti a partire dalla lista dei gas da rilevare nell'opera :

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

Inoltre, siccome il conducente del treno è incaricato di assicurare l'evacuazione dei passeggeri, egli sarà costretto a passare più tempo in un mezzo viziato. Dovrebbe dunque essere protetto da una maschera in sovrappressione di una durata di autonomia di 15 minuti. Puo' anche essere interessante verificare se il veicolo Sonia deve essere equipaggiato di un numero sufficiente di questo tipo di maschere.

▪ Interfaccia interna al sistema

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

7.5.3 Cavi di trasmissione e di alimentazione elettrica

Dopo lo studio dell'architettura dei sensori, vediamo ora come essi siano collegati agli altri impianti.

La centrale gas, comune per i gas tossici ed esplosivi, sarà collegata da una parte all'insieme dei sensori e degli analizzatori, e d'altra parte, al punto di concentrazione GTC. L'insieme dei cavi che passano nel tunnel in maniera apparente e che assicurano la trasmissione delle informazioni tra questi differenti elementi o la loro alimentazione elettrica dovrà essere CR1/C1 e rispondere ai criteri della CIG sui cavi, cioè non contenere materiali :

- o Alogeni,
- o Propagatori d'incendio,
- o Emananti fumi tossici.

Per gli altri cavi, non è formulata nessuna prescrizione particolare, un cavo standard di tipo C2 potrà dunque essere impiegato.

La rete di circolazione dei campioni è parzialmente impiantata nelle canne ferroviarie, dovrà dunque rispettare le stesse esigenze che quelle imposte ai cavi.

7.5.4 Centrali

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

Onde ridurre al minimo il numero d'impianti nei locali tecnici dei tunnel, la centrale di rilevamento di gas sarà comune al rilevamento di gas tossici ed esplosivi, ed impiantata ogni 1332 m cioè in ogni locale tecnico.

A questo scopo, la centrale dovrà avere un numero sufficiente di entrate per gestire gli allarmi tecnici e d'incidenti dei due sensori d'esplosività e dei due analizzatori di tossicità (queste cifre tengono conto delle due canne).

Infine, la centrale, dovendo comunicare con la GTC per far risalire le informazioni, dovrà avere delle uscite in numero sufficiente per poter generare gli allarmi incidenti e tecnici.

7.5.5 Interfacce

Terminiamo la descrizione dell'architettura guardando qui le differenti interfacce.

➤ *Alimentazione elettrica*

L'alimentazione della centrale e dell'analizzatore sarà assicurata da un'alimentazione soccorsa senza interruzione in 230V, la centrale s'incaricherà di alimentare i sensori puntuali.

- *Sistemi che scambiano con la GTC*
Solo la centrale di rilevamento di gas comunica con la GTC. Vi sarà connessa tramite contatti secchi collegati ad un modulo entrate/uscite spostato.
- *Interfacciamento con il rilevamento incendio in tunnel*
I campioni trasmessi per l'analisi del gas provengono dal rilevamento incendio che ha assicurato il loro prelievo e che li ha analizzati. Il trasporto si effettua mediante un tubo che ha le stesse caratteristiche di quello posto per il rinvio verso il tunnel.

8. Rilevatori di deragliament

Le apparecchiature del binario, più comunemente chiamate "scambi" sono dei congegni importanti che utilizzano delle tecnologie di precisione per la loro manovra.. È importante che garantiscano una sicurezza ottimale nelle manovre di scambio dei treni. Tali esigenze rendono queste apparecchiature del binario molto costose.

Poichè il semplice deragliament di una ruota di treno può danneggiare gravemente queste apparecchiature, è importante identificare, a monte di ogni scambio da proteggere, se i treni che vi si dirigono sono in condizione perfetta per poterle superare senza complicazioni.

L'utilizzazione di un sistema di rilevamento di deragliament sulle reti ferroviarie previene degli incidenti che potrebbero risultare, a livello degli scambi, dal deragliament dei treni.

8.1 Obiettivi del sistema

Il rilevamento di deragliament sarà messo in opera per proteggere gli scambi della nuova linea, all'interno e all'esterno dei tunnel, sulla zona, stazioni comprese.

Il rilevamento di deragliament dovrà essere realizzato sui due binari della nuova linea e anche su tutti gli altri binari in cui risulti possibile proteggere uno scambio della nuova linea, in qualsiasi senso della circolazione dei treni.

Il rilevamento di deragliament deve essere condotto su tutti i tipi di treni.

Il dispositivo di rilevamento di deragliament deve essere in grado di individuare il deragliament della ruota di un treno.

8.2 Topologia e geometria delle opere

La scelta dell'architettura del sistema di rilevamento di deragliament dipenderà :

- Dal tracciato delle strade ferrate,
- dalle sezioni tipo,
- dalla posizione dei locali tecnici.

8.3 Esigenze

8.3.1 Esigenze di sicurezza

➤ *Sicurezza dei beni e delle persone*

Gli impianti messi in opera per il sistema dovranno essere concepiti e realizzati in perfetta conformità con le regolamentazioni e norme relative alla sicurezza dei beni e delle persone.

Tutti i cavi elettrici, tubi ed altri elementi costitutivi del sistema in tunnel non dovranno contenere materiali :

- alogeni.
- propagatori d'incendio.
- emettitori di fumi tossici.

8.3.2 Esigenze ambientali

- Per quanto riguarda l'esterno, le condizioni ambientali sono quelle di una vallata alpina con delle teste di galleria a circa 600m di altitudine.
- La roccia nella quale è tagliata la galleria è una roccia calda. Le pareti della galleria saranno a delle temperature comprese tra 30 e 40°C.
- A livello dei siti d'intervento, un sistema di aspersione acqua-schiuma è previsto su 750 m.
- Il passaggio del treno produce un effetto di pistone e genera una sovrappressione all'avanti di esso ed una depressione all'indietro in tunnel. La variazione massima di pressione dovuta al passaggio dei treni è stimata a 10kPa.
- L'usura della catenaria provoca della polvere di rame, fonte di una possibile incrostazione dei sensori.
- A causa del peso dei convogli, le rotaie hanno un importante tasso di usura, che ha come effetto quello di generare delle polveri d'acciaio (per esempio, le rotaie del tunnel sotto la Manica sono state cambiate una volta in 10 anni d'esercizio).
- La costruzione delle gallerie produrrà della polvere di calcestruzzo. La quantità sarà elevata all'inizio dell'esercizio d'attività delle gallerie e diminuirà col tempo.
- Sulla base dell'esperienza del tunnel sotto la Manica, numerosi grassi e altre sostanze parassite saranno suscettibili di spargersi sui materiali.
- Il passaggio dei treni nei tubi genererà forti vibrazioni.

8.3.3 Esigenze d'esercizio e di manutenzione

➤ *Esercizio*

I treni saranno suscettibili di circolare nei due sensi su ciascuno dei binari.

La velocità dei treni in tunnel sarà compresa tra 100 e 220 km/h.

➤ *Manutenzione*

La manutenzione sarà prevista su tutto o parte di uno dei due binari, per la nuova linea.

La manutenzione sarà prevista 2 ore per binario, successivamente su ciascuno dei binari, in periodo di giorno, per la linea storica.

Gli interventi di manutenzione sugli impianti a prossimità delle discenderie e al di fuori della piattaforma ferroviaria potranno effettuarsi durante l'esercizio ferroviario.

La pulizia del tunnel si effettuerà mediante proiezione d'acqua. Sono da prevedere anche altri prodotti di pulizia, non ancora noti per il momento.

- Preventiva : Senza oggetto.
- Correttiva : Tutti i pezzi necessari alla manutenzione del sistema dovranno essere disponibili su 15 anni.
- Eccezionale : Il sistema potrà essere sostituito solamente dopo almeno 15 anni d'esercizio.

8.3.4 Esigenze d'installazione

L'area disponibile per installare gli impianti nel tubo sarà costretta dallo spaccato tipo in sezione corrente, livello basso.

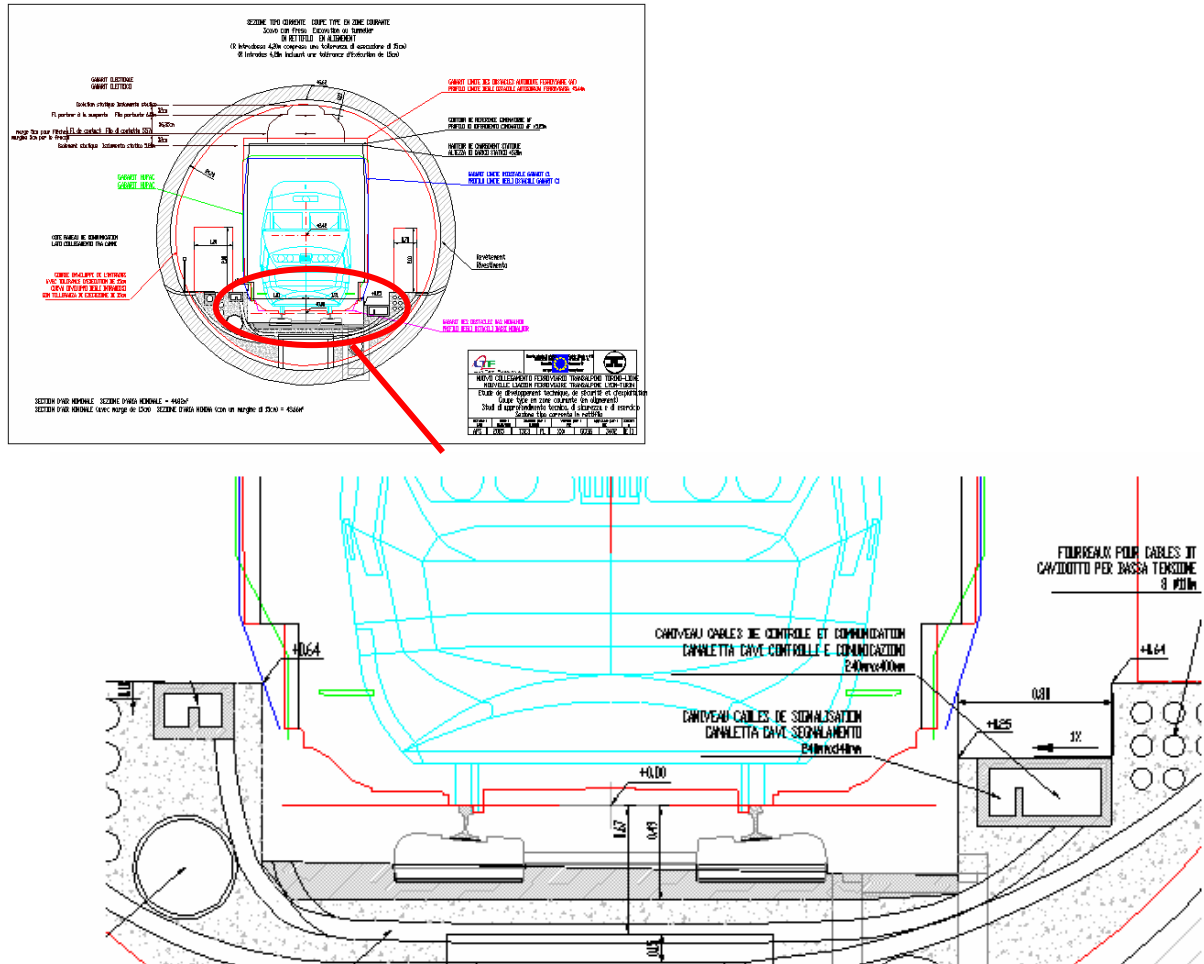


Figura 16 : Spaccato tipo in tunnel. Zoom livello basso

8.3.5 Esigenze d'evolutività

Le unità di trattamento dei dati provenienti dai rilevatori di deragliamento lato Saint Jean de Maurienne e Bruzolo saranno dimensionate tenendo conto delle diverse evoluzioni dei bisogni legati al fasaggio delle stazioni.

I nuovi impianti installati dopo la messa in servizio della zona LTF dovranno poter interfacciarsi con gli impianti già messi in opera.

8.3.6 Performance

Dopo aver visto le diverse esigenze a cui è sottoposto il sistema di rilevamento di deragliamento, stabiliamo qui le performance che il sistema deve raggiungere. Esse sono suddivise in cinque punti.

Prima di tutto vedremo le performance generali, in seguito quelle legate al tempo di reazione del sistema, all'affidabilità, alla manutenzione e alla disponibilità.

➤ *Generalità*

Il sistema dovrà essere in grado di rispettare l'insieme delle esigenze specificate qui sopra.

➤ *Tempo di reazione*

Il tempo di trattamento generale degli allarmi d'esercizio a partire dal rilevamento di un'anomalia fino al momento della sua presa in conto al PCC non dovrà oltrepassare i 2 secondi.

➤ *Affidabilità*

In fase d'esercizio normale del sistema, la produzione di falsi allarmi non dovrà essere superiore a 1 per 1000 allarmi generati.

➤ *Manutenzione*

- Preventiva : Il tempo tra due manutenzioni preventive non potrà essere inferiore a 6 mesi, all'interno ed all'esterno dei tunnel.
- Correttiva : Il tempo tra due manutenzioni correttive sullo stesso pezzo di un impianto non potrà essere inferiore a 12 mesi.
- Eccezionale : Senza oggetto.

➤ *Disponibilità*

Gli impianti del sistema di rilevamento di deragliamento situati sulla nuova linea saranno indisponibili al massimo 4 ore di notte ogni due giorni.

Gli impianti del sistema di rilevamento di deragliamento situati sulla linea storica saranno indisponibili al massimo 2 ore al giorno tutti i giorni.

8.4 Architettura del sistema ed installazione

8.4.1 Architettura generale

Lo schema seguente presenta un riassunto dell'architettura del sistema.

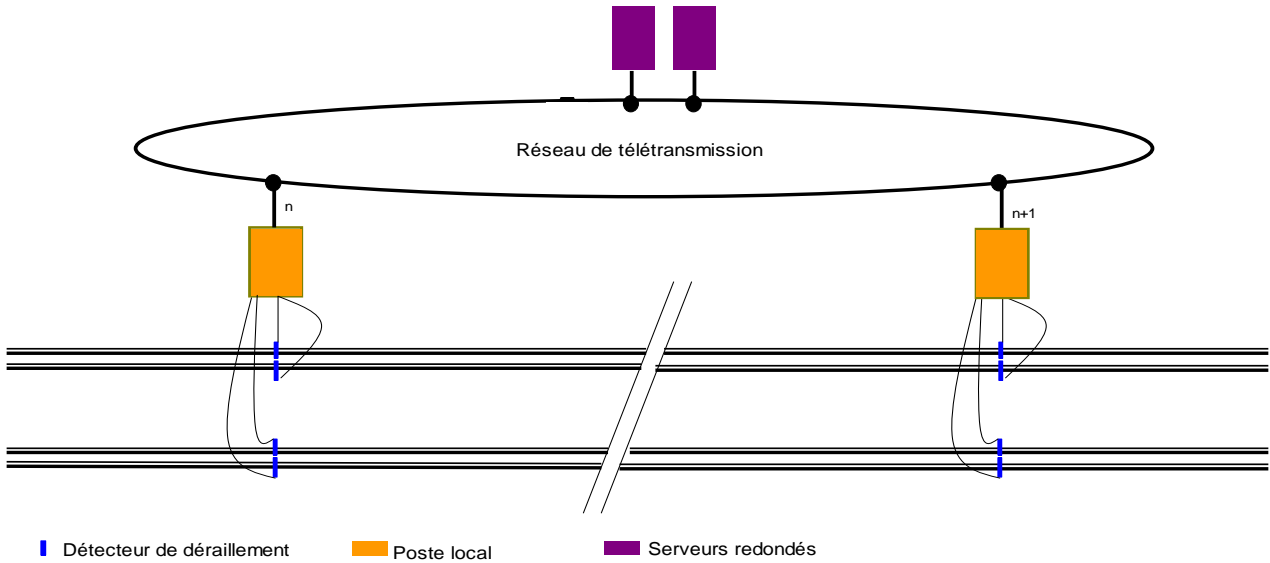


Figura 17 : Schema d'architettura generale del sistema di Rilevamento di Deragliamento

Glossario figura 17	
Réseau de télétransmission	Rete di teletrasmissione
DéTECTEUR de déraillement	Rilevatore di deragliamento
Poste local	Quadro locale
Serveurs redondés	Server ridondati

La figura seguente mostra la sezione tipo i,n corrispondenza di un rilevatore di deragliamento.

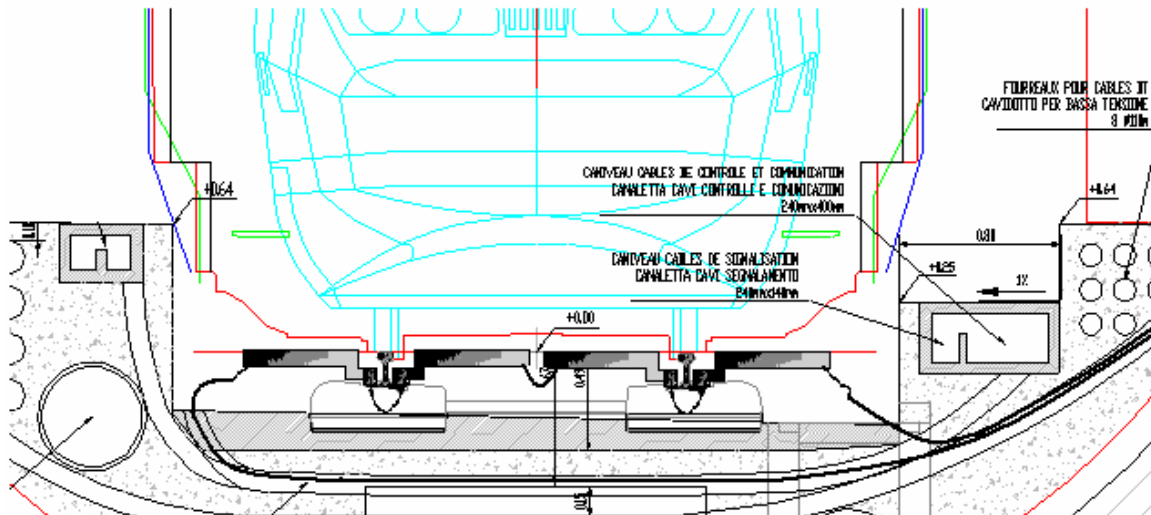


Figura 18 : sezione tipo i,n corrispondenza di un rilevatore di deragliamento

8.4.2 Sensori

Cominciamo presentando l'architettura dei differenti sensori da installare.

I rilevatori di deragliamento saranno installati al livello di una traversa, ai luoghi d'impiantazione definiti nella parte 5 "Sinottico d'impiantazione" di questo documento. Saranno destinati a coprire la larghezza totale di una traversa, che sia tra le rotaie o sui lati esterni. Si conteranno dunque quattro barre, due per coprire l'interno del binario, e due per coprirne l'esterno.

Ogni barra costitutiva del sistema di rilevamento sarà indipendente dalle altre tre (se una barra si rompe, non provocherà necessariamente un cambiamento delle altre). Tutte le barre saranno collegate tra di loro in serie, in modo che la totalità delle quattro barre e dei cavi che le collegano formino un circuito chiuso.

I sensori di binario saranno collegati direttamente al quadro locale mediante un'alimentazione soccorsa senza interruzione in 24Vcc.

L'installazione dei rilevatori di deragliamento è mostrata nel disegno C2B-TS3-0069.

8.4.3 Cavo di trasmissione e di alimentazione elettrica

Dopo aver studiato l'architettura dei sensori, vediamo a questo punto come essi siano collegati agli altri impianti.

Verranno installati dei cavi che assicureranno un collegamento elettrico tra le quattro barre costitutive di un sensore di rilevamento di deragliamento ed il quadro locale.

I cavi sistemati, che siano tra i sensori ed il quadro locale o tra il quadro locale ed il punto di concentrazione della rete di teletrasmissione o la partenza elettrica, dovranno rispettare al tempo stesso le esigenze imposte ai cavi in tunnel, cioè non contenere :

- alogeni,
- propagatori d'incendio,
- emettitori di fumi tossici,

ed essere :

- CR1/C1 se sono installati in tunnel in modo apparente,
- C2 altrimenti.

8.4.4 Quadro locale

Dopo lo studio dei rilevatori, dei cavi elettrici e di trasmissione, descriviamo qui l'architettura dei quadri locali.

Un quadro locale sarà posto in prossimità del binario per gli impianti installati all'esterno, e in un ramo tecnico per gli impianti installati in tunnel.

Tutti i quadri dovranno essere installati in prossimità di ogni area destinata a ricevere un rilevamento di deragliamento.

Essi saranno costituiti in particolare da centri di misure destinati al trattamento dell'informazione elettrica che attraversa i sensori e da un sistema d'alimentazione e di comunicazione. Il sistema di alimentazione, oltre ai trasformatori, disgiuntori ed altro, sarà costituito da una batteria e dal suo caricatore per assicurare al sistema un'alimentazione soccorsa senza interruzione.

Ogni quadro locale sarà in grado di generare una corrente elettrica di debole intensità (inferiore a 5A) nel circuito elettrico costituito dalle 4 barre. Quest'ultimo realizzerà una misura di tensione tra i due morsetti del circuito in modo da determinare se esso è ancor sempre chiuso.

Un quadro locale basterà per trattare i dati di due rilevatori di deragliamenti.

Tenuto conto della distanza tra i diversi luoghi di sistemazione degli impianti di rilevamento di deragliamenti, i quadri locali non avranno da trattare i segnali di più di due rilevatori.

Ci saranno in tutto 12 quadri locali, di cui 10 gestiranno ognuno 2 rilevatori di deragliamenti (1 sul binario 1, e l'altro sul binario 2), e 2 gestiranno 1 rilevatore di deragliamenti (vedi allegati 1, 2 e 3).

Il sistema di supervisione sarà previsto per gestire 2 quadri locali supplementari in modo da tener conto dell'evolutiveità del sistema, cioè 14 quadri locali in tutto.

8.4.5 Interfacce

Infine, per terminare la descrizione dell'architettura, presentiamo qui le differenti interfacce.

Le interfacce sono ritagliate in interfacce elettriche e interfacce di comunicazione.

Siccome i bisogni in comunicazione variano in funzione degli organi del sistema che scambiano informazioni, le interfacce sono suddivise in funzione degli organi che interagiscono.

➤ *Alimentazione elettrica*

L'alimentazione del quadro locale sarà assicurata da un'alimentazione soccorsa senza interruzione su ondatore in 230Vac 50/60Hz. Il quadro locale s'incaricherà di alimentare i sensori dei binari, in funzione dei loro bisogni.

La società responsabile degli impianti di alimentazione elettrica dovrà assicurare la fornitura del materiale per raccordare i rilevatori di deragliamenti all'alimentazione.

➤ *Sistemi che scambiano con il sistema di supervisione sulla rete di teletrasmissione della GTC*

Tutti i quadri locali comunicano con il server di sicurezza incaricato del sistema di rilevamento di deragliamenti attraverso la rete di teletrasmissione. Il protocollo di comunicazione e le interfacce saranno definiti negli studi sul PCC e in quelli sulle reti di comunicazione, sapendo che i quadri locali dovranno essere in grado di comunicare con tutti i protocolli standard mediante sistemazione di una carta di comunicazione adeguata.

➤ *Genio Civile*

L'installazione degli impianti legati al rilevamento del deragliamenti di un treno dovrà coordinarsi con le operazioni di genio civile. La riservazione per i cavi e le basi in cemento dovranno essere disponibili prima dell'installazione dei rilevatori e dei quadri locali.

9. Sistema di rilevamento di temperatura di boccole

Malgrado il miglioramento delle norme e delle tecniche di manutenzione degli impianti, i gestori delle reti ferroviarie ammettono che non è possibile eliminare completamente il pericolo potenziale di avere dei deragliamenti dovuti alla rottura di un asse.

Ora, una delle cause principali di rottura d'asse è costituita dal surriscaldamento di un cuscinetto d'asse. Preso a tempo, il surriscaldamento può portare come conseguenza solo una semplice ispezione del cuscinetto incriminato in officina, ma gli effetti possono anche essere il deragliamenti del treno e le sue conseguenze gravi sulle reti in caso di assenza di rilevamento.

L'impiego del rilevamento di temperatura di boccole sulle reti ferroviari previene degli incidenti che potrebbero risultare dal surriscaldamento di un cuscinetto d'asse.

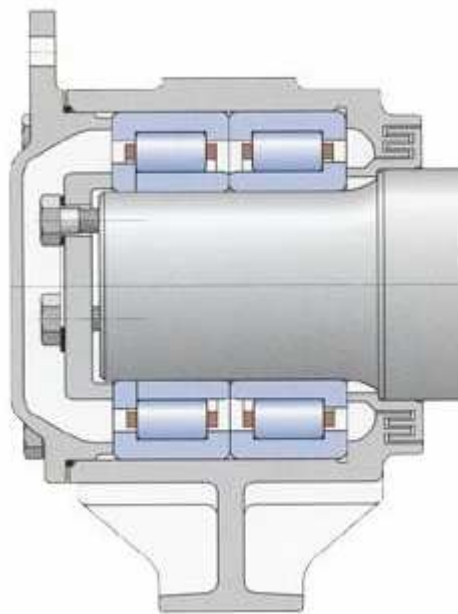


Figura 19 : Schema in sezione di una boccola

Nel seguito di questo elaborato scriveremo RTB per Rilevatori Temperatura Boccole

9.1 Obiettivi del sistema

"Il dispositivo di rilevamento di temperatura di boccole deve essere in grado, in un lasso di tempo in cui la temperatura abitualmente aumenta, di rilevare il surriscaldamento anormale di una boccola." (prescrizione STI).

Il rilevamento di temperatura di boccole dovrà essere messo in opera per tutti i tipi di treni portati a prendere la linea nuova.

9.2 Topologia e geometria delle opere

La scelta d'architettura del sistema di rilevamento di temperatura di boccole dipenderà :

- Dal profilo in lungo,
- Dagli spaccati tipo in tunnel,
- Dalla posizione dei locali tecnici,
- Dalla posizione delle discenderie,
- Dalla posizione dei luoghi di arresto dei treni che sono stati oggetto di un rilevamento di temperatura di boccole,
- Dalle esigenze fisiche imposte sulle reti inquadranti.

9.3 Esigenze

Il presente paragrafo repertoria le esigenze di tutti i tipi a cui devono obbedire la progettazione e la realizzazione del sistema di rilevamento di temperatura di boccole.

9.3.1 Esigenze di sicurezza

➤ *Esigenze funzionali*

L'attivazione di uno dei rilevatori temperatura boccole genererà un allarme trasmesso automaticamente e immediatamente al PCC, includendo le informazioni caratteristiche seguenti :

- Data e ora dell'incidente,
- L'identificazione del rilevatore,
- L'identificazione ed il senso di marcia del treno,
- La posizione dell'asse ed il lato avariato
- Il livello d'allarme.

Gli impianti fissi saranno progettati per rilevare e trasmettere due livelli d'allarme :

- Temperatura anormale che esige un'ispezione della boccola,
- Temperatura pericolosa che esige un intervento immediato.

➤ *Sicurezza dei beni e delle persone*

Le installazioni del sistema messe in opera dovranno essere progettate e realizzate in perfetta conformità con le regolamentazioni e norme relative alla sicurezza dei beni e delle persone.

Tutti i cavi elettrici, tubi ed altri elementi costitutivi del sistema in tunnel non dovranno contenere materiali :

- Alogeni,
- Propagatori d'incendio,
- Emananti fumi tossici.

9.3.2 *Esigenze ambientali*

- In esterno, le condizioni climatiche saranno quelle di una vallata alpina delle Alpi con delle teste di tunnel a 600m circa di altitudine.
- La roccia nella quale è tagliato il tunnel è una roccia calda. Le pareti del tunnel saranno a temperature comprese tra 30 e 40°C.
- A livello dei siti d'intervento, un sistema d'aspersione acqua-schiuma è previsto su 750 m.
- Il passaggio del treno produce un effetto di pistone e genera una sovrappressione all'avanti di esso ed una depressione all'indietro in tunnel. La variazione massima di pressione dovuta al passaggio dei treni sarà dell'ordine di 10 kPa.
- L'usura della catenaria provoca polvere di rame, fonte di sporcizia possibile dei sensori.
- A causa del peso dei convogli, le rotaie avranno un tasso di usura importante. Questo ha come effetto di generare delle polveri d'acciaio (per esempio, le rotaie del tunnel sotto la Manica sono state cambiate una volta in 10 anni di esercizio).
- La costruzione dei tunnel produrrà della polvere di calcestruzzo. La quantità sarà importante all'inizio dell'esercizio e diminuirà con l'andar del tempo.
- L'esperienza del tunnel sotto la Manica mostra che numerosi grassi e altre sostanze parassite saranno suscettibili di spargersi sui materiali.
- Il passaggio dei treni nelle canne genererà forti vibrazioni.

9.3.3 *Esigenze d'esercizio e di manutenzione*

➤ *Esercizio*

- I rilevatori temperatura boccole dovranno poter rilevare i riscaldamenti delle boccole dei treni.
- Gli RTB dovranno poter rilevare le anomalie sui treni tanto presto da permettere a tutti i treni di fermarsi sui siti previsti a questo effetto.
- I treni saranno suscettibili di circolare nei due sensi su ciascuno dei binari.
- La velocità dei treni in tunnel sarà compresa tra 100 e 220 km/h.
- Tutte le boccole dei treni sono dotate di una finestra di lettura della temperatura degli assi. Le finestre sono orizzontali, situate sotto la boccola. Queste finestre di lettura sono di dimensione e posizione variabile in funzione del tipo di asse installato sui carrelli dei treni.

➤ *Manutenzione*

La manutenzione sarà prevista 4 ore per notte su tutto o parte di uno dei due binari, per la linea nuova.

La manutenzione sarà prevista 2 ore per binario, successivamente su ciascuno dei binari, in periodo di giorno, per la linea storica.

Gli interventi di manutenzione sugli impianti a prossimità delle discenderie e al di fuori della piattaforma ferroviaria potranno farsi durante l'esercizio ferroviario.

La pulizia del tunnel si farà per proiezione d'acqua. Altri prodotti detergenti sono da prevedere ma non sono ancora noti.

- Preventiva : Senza oggetto
- Correttiva : Tutti i pezzi necessari alla manutenzione del sistema dovranno essere disponibili su 15 anni.
- Eccezionale : Il sistema potrà essere sostituito solo dopo almeno 15 anni di esercizio.

9.3.4 Esigenze d'installazione

In tunnel, i binari saranno posati su dei tiranti in calcestruzzo. Questo porterà a prendere delle disposizioni particolari per la messa in opera dei nostri impianti.

Lo spazio disponibile per installare gli impianti di trattamento delle informazioni provenienti dagli RTB sarà limitato dal posto disponibile nei locali tecnici e dalla distanza tra questi locali ed i binari.

9.4 Performance

Dopo aver guardato le diverse esigenze alle quali sarà sottomesso il sistema di rilevamento di temperatura di boccole, stabiliamo qui le performance che esso deve raggiungere.

Le performance sono state suddivise in sei punti.

Vedremo dapprima le performance generali poi quelle legate alla precisione della misura, al tempo di reazione sperato per il sistema, alla sua affidabilità, alla manutenzione ed alla disponibilità

➤ *Generalità*

Il sistema dovrà soddisfare all'insieme delle esigenze enunciate.

➤ *Precisione della misura*

La cattura delle radiazioni termiche dovrà essere realizzata su di una scala termica che va da 20°C a 115°C come minimo.

La precisione sulla misura di temperatura delle boccole dovrà essere inferiore a 3°C fino a 90°C e inferiore a 5°C per le temperature superiori a 90°C.

➤ *Tempo di reazione*

Il tempo di trattamento generale degli allarmi di esercizio a partire dal rilevamento di un'anomalia fino alla presa in conto al PCC non dovrà oltrepassare 10 secondi.

➤ *Affidabilità*

In fase di esercizio normale del sistema, la produzione di falsi allarmi non dovrà essere superiore a 1 per 1000 allarmi generati.

➤ *Manutenzione*

- Preventiva : Il tempo tra due manutenzioni preventive non potrà essere inferiore a 15 giorni in tunnel e a 6 mesi fuori tunnel.
- Correttiva : Il tempo tra due manutenzioni correttive sullo stesso pezzo di un impianto non potrà essere inferiore a 12 mesi.
- Eccezionale : Senza oggetto

➤ *Disponibilità*

Gli impianti del sistema di rilevamento di temperatura di boccole situati sulla linea nuova saranno al massimo indisponibili 4 ore di notte ogni due giorni.

Gli impianti del sistema di rilevamento di temperatura di boccole sulla linea storica saranno al massimo indisponibili 2 ore al giorno tutti i giorni.

9.5 Architettura del sistema ed installazione

9.5.1 Architettura generale

Lo schema seguente presenta un riassunto dell'architettura del sistema

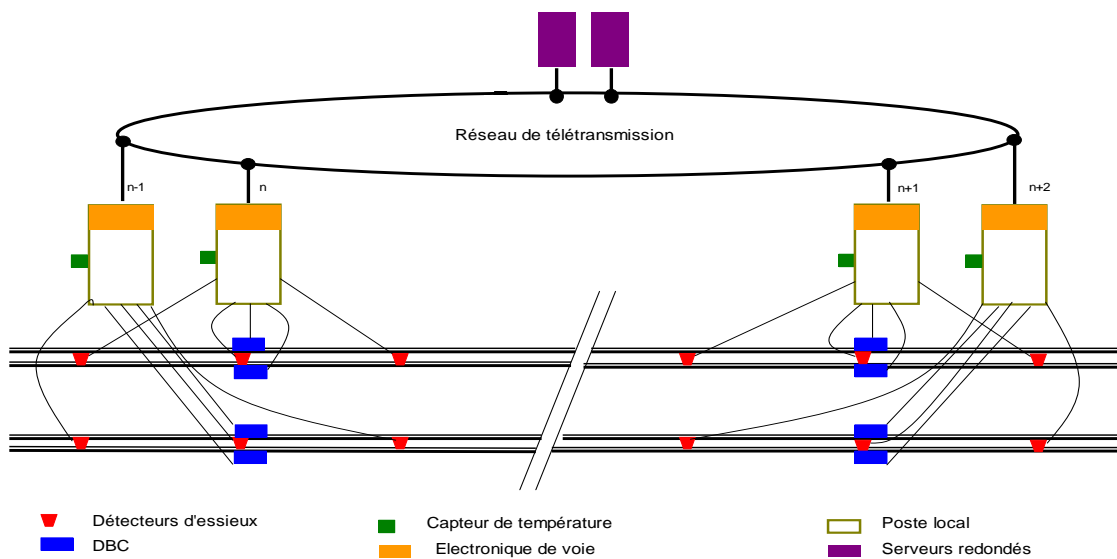


Figura 20 : Schema di architettura generale del sistema di Rilevamento Temperatura Boccole

Réseau de télétransmission	Rete di teletrasmissione
DéTECTEURS d'essieux	Rilevatori di assi
DBC	RTB
Capteur de température	Sensore di temperatura
Electronique de voie	Elettronica di binario
Poste local	Quadro locale
Serveurs redondés	Server ridondati

Ecco lo schema d'impiantazione dei sensori in tunnel.

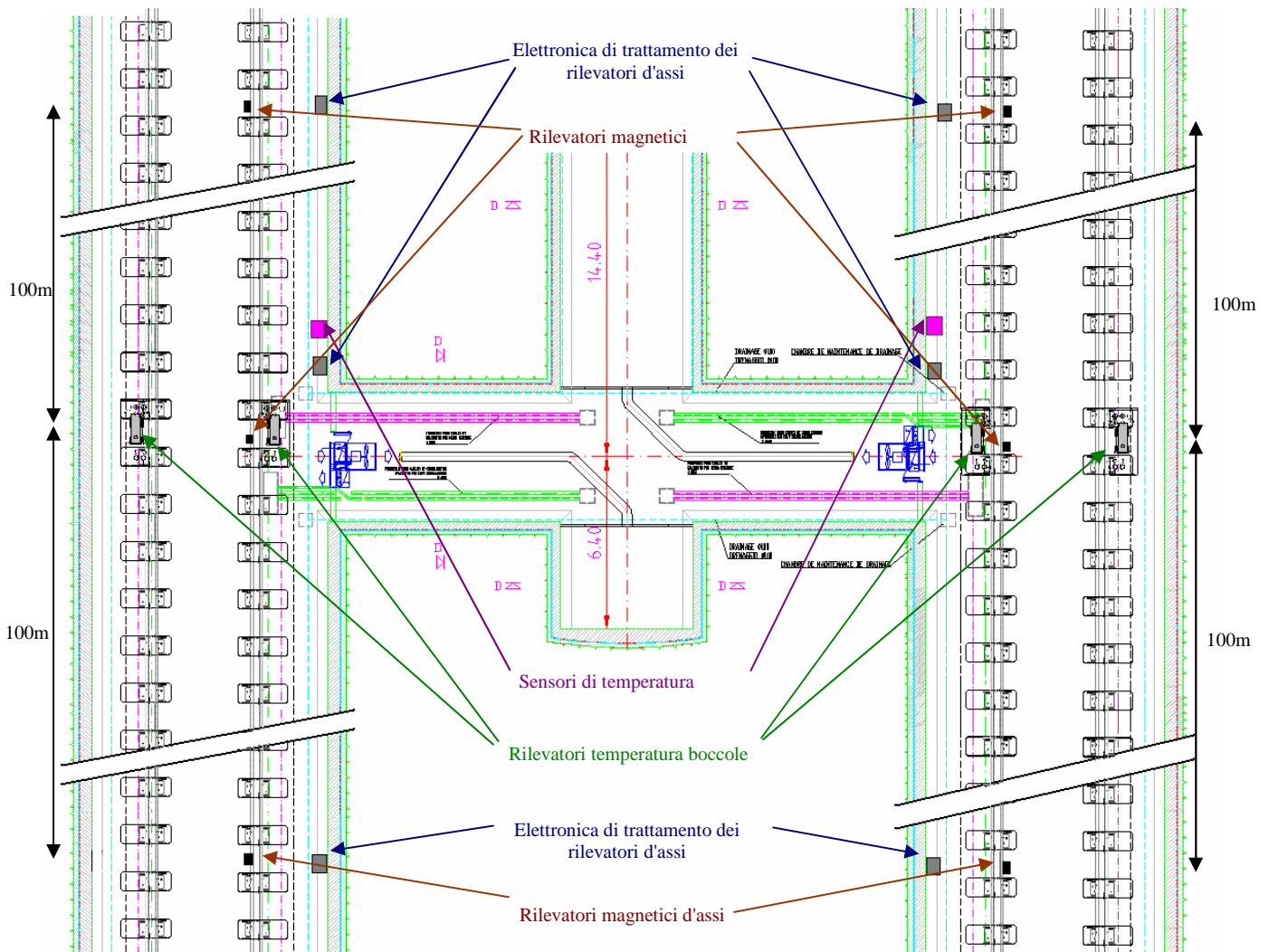


Figura 21 : Piano d'impiantazione dei sensori per il sistema di RTB in tunnel

9.5.2 Sensori

Per il sistema di rilevamento di temperatura di boccole, cominciamo presentando l'architettura dei differenti sensori da installare.

➤ RTB

Ogni RTB dovrà essere installato vicino alle rotaie, da ogni lato esterno dei binari, per poter leggere la finestra d'apertura delle boccole dei treni (ci sono due boccole per asse, uno su ognuno dei lati del treno).

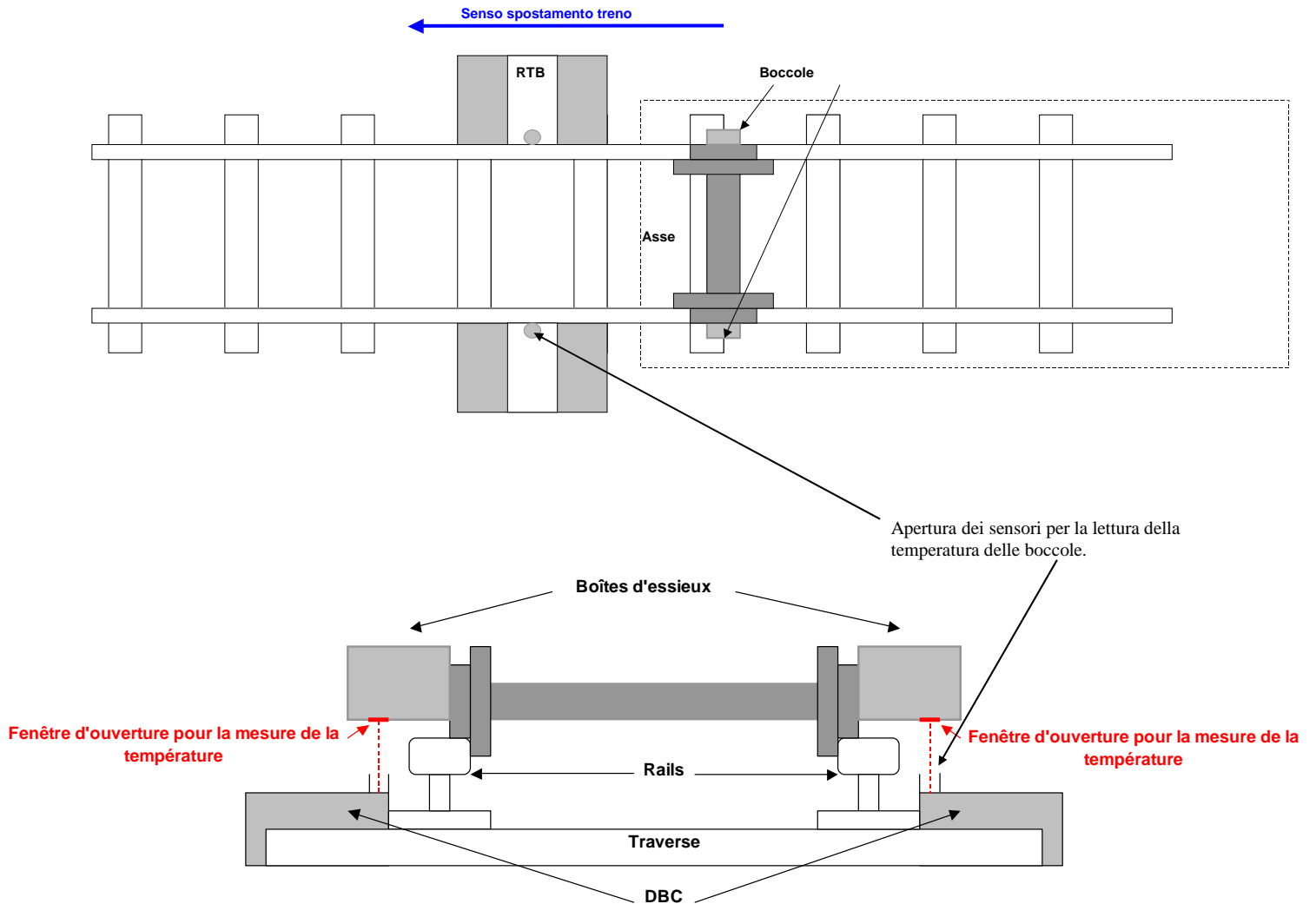


Figura 22 : Principio di posizionamento degli RTB per la lettura di temperatura delle boccole.
 Viste dall'alto e frontali.

Boîtes d'essieux	Boccole
Rails	Rotaie
Traverse	Traversina
DBC	RTB
Fenêtre d'ouverture pour la mesure de la température	Finestra d'apertura per la misura della temperatura

Le finestre di rilevamento sono posizionate diversamente sulle boccole in funzione del tipo di boccole e di treni. Occorre dunque poter posizionare i rilevatori di temperatura di boccole in modo tale che il raggio verticale captato dall'ottico permetta una lettura in tutte le finestre delle boccole suscettibili di passare.

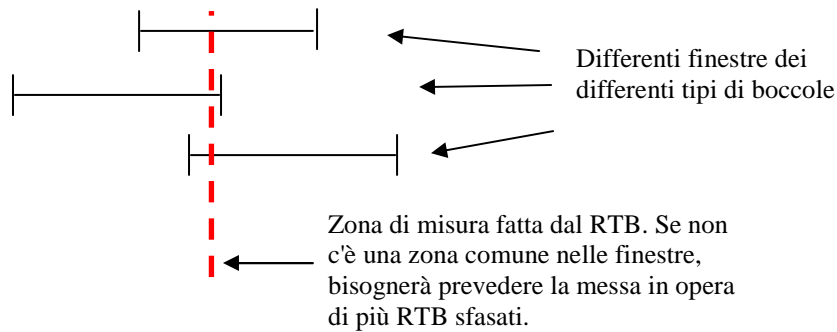


Figura 23 : Posizionamento dell'apertura per la lettura di temperatura nella parte comune delle finestre di lettura

In principio, questa finestra di ricoprimento delle zone comuni di lettura sarà definita nelle future STI. Se tuttavia una tale finestra comune non esiste, bisognerà prevedere più RTB sfasati per compiere questa missione. Il numero di RTB da installare sarà da definire in funzione delle caratteristiche delle boccole di tutti i treni destinati ad attraversare i tunnel. Secondo la Consegna 36, la lista dei treni ammessi sul corridoio progetto non è ancora definitiva. Non possiamo dunque al giorno d'oggi definire se i bisogni sono di uno o più RTB per rotaia. Questo studio sarà da realizzare una volta stabilita la lista definitiva dei treni. Per il momento, l'ipotesi ritenuta è di mettere un solo RTB ad ogni lato del binario su di un sito di rilevamento.

Ogni RTB sarà :

- Connesso ad un'elettronica di binario, situata in un quadro di binari che si chiamerà quadro locale,
- Dotato di un sensore che permette il rilevamento di sporcizia. Esso genererà un allarme tecnico all'unità locale degli RTB all'occorrenza.
- Dotato di un sistema autonomo di autocalibratura.

Un sistema di riscaldamento sarà messo in opera in ogni sensore per evitare una qualsiasi condensazione al livello dell'ottico di misura. Servirà inoltre a prevenire di un eventuale bloccaggio dell'apertura legato alla presenza di neve o ghiaccio.

➤ Rilevatori d'assi

Un sistema realizzato da un rilevatore magnetico è utilizzato per il rilevamento delle ruote al passaggio di un treno. L'annuncio del passaggio di un treno permette di prevenire il sistema in modo che si prepari alla misura delle boccole. In funzione del posizionamento del rilevatore d'assi, il rilevamento potrà permettere di convalidare la presenza della boccola in prossimità dell'apertura del sensore al fine di sincronizzare la lettura al passaggio del treno. I due rilevatori d'assi situati a monte ed a valle del punto di misura permettono il conteggio degli assi entranti ed uscenti e di convalidare in questo modo il passaggio completo dei treni.

Occorrerà dunque installare 3 rilevatori di assi per luogo di postazione di RTB.

- Due saranno posizionati da una parte e dall'altra degli RTB a circa 100 metri per prevenire il sistema che un treno sta per passare, e questo nei due sensi di spostamento.
- Uno è posizionato al livello dell'apertura di misura del sensore di RTB per la sincronizzazione della misura.

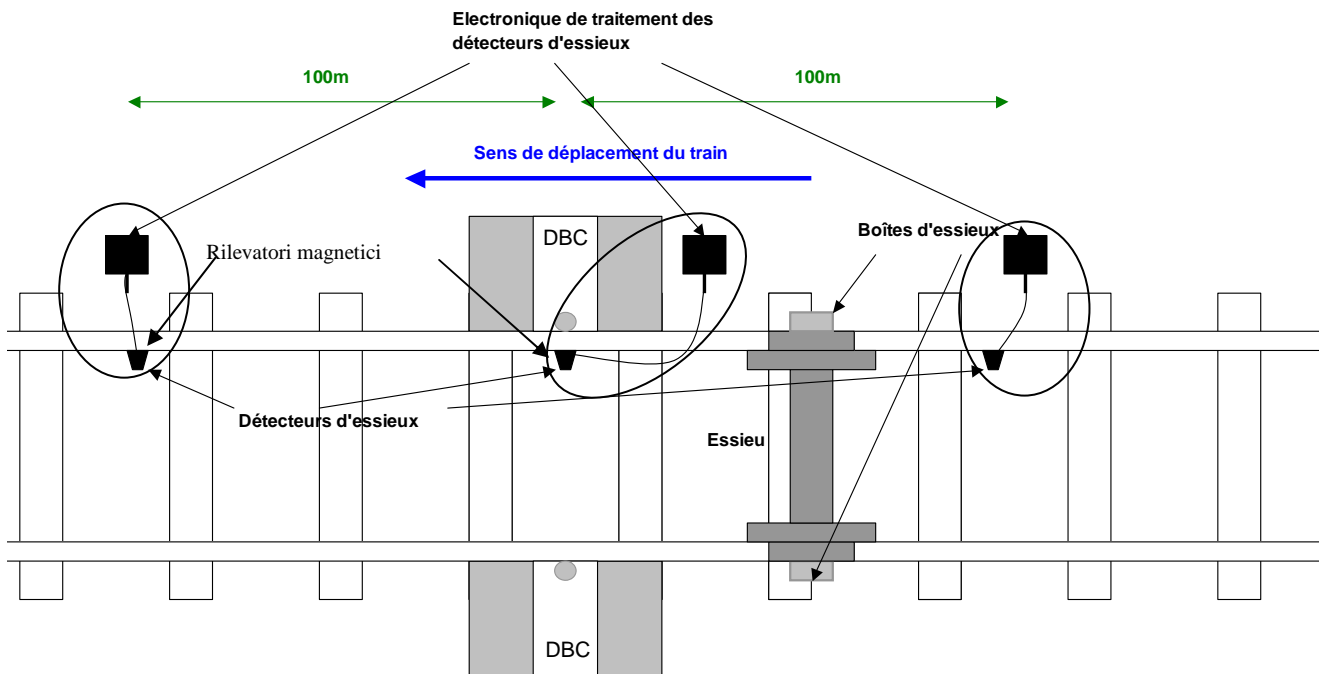


Figura 24 : Posizionamento ed architettura dei rilevatori di assi

Electronique de traitement des détecteurs d'essieux	Elettronica di trattamento dei rilevatori d'assi
Sens de déplacement du train	Senso di spostamento del treno
Détecteurs magnétiques	Rilevatori magnetici
DBC	RTB
Boîtes d'essieux	Boccole
Essieu	Asse
Détecteurs d'essieux	Rilevatori d'assi

Ogni rilevatore d'asse sarà collegato alla sua elettronica di trattamento. Questo insieme formerà un sistema oscillante ad una certa frequenza. Questa frequenza sarà trasmessa al quadro locale.

9.5.3 Cavo di trasmissione e di alimentazione elettrica

Dopo aver studiato l'architettura dei sensori, vediamo qui come essi sono collegati agli altri impianti.

I cavi di comunicazione e di alimentazione messi in opera, che essi siano tra i sensori ed i quadri locali RTB o tra i quadri locali RTB ed il punto di concentrazione della rete di teletrasmissione o la partenza elettrica, dovranno rispettare al tempo stesso le esigenze imposte ai cavi in tunnel, cioè non contenere materiali :

- alogeni,
- propagatori d'incendio,
- emananti fumi tossici,

ed essere :

- CR1/C1 se sono installati in tunnel in maniera apparente,
- C2 altrimenti.

I cavi dovranno poter resistere ad un'esposizione permanente alle radiazioni solari, alle intemperie e a delle proiezioni d'acqua.

9.5.4 Quadri

Dopo lo studio dei rilevatori e dei cavi elettrici e di trasmissione, descriviamo qui l'architettura dei quadri locali e del sistema di supervisione.

➤ *Quadro locale*

Un quadro locale sarà installato a prossimità di ogni binario, vicino a degli spazi destinati a ricevere un rilevatore temperature boccole.

Il quadro sarà in particolare costituito da un'elettronica di binario, destinata al trattamento delle misure, al conteggio degli assi ed alla gestione dei sensori.

Un'elettronica di binario sarà sufficiente per trattare le informazioni di 2 RTB, 3 rilevatori di assi ed un sensore di temperatura esterna.

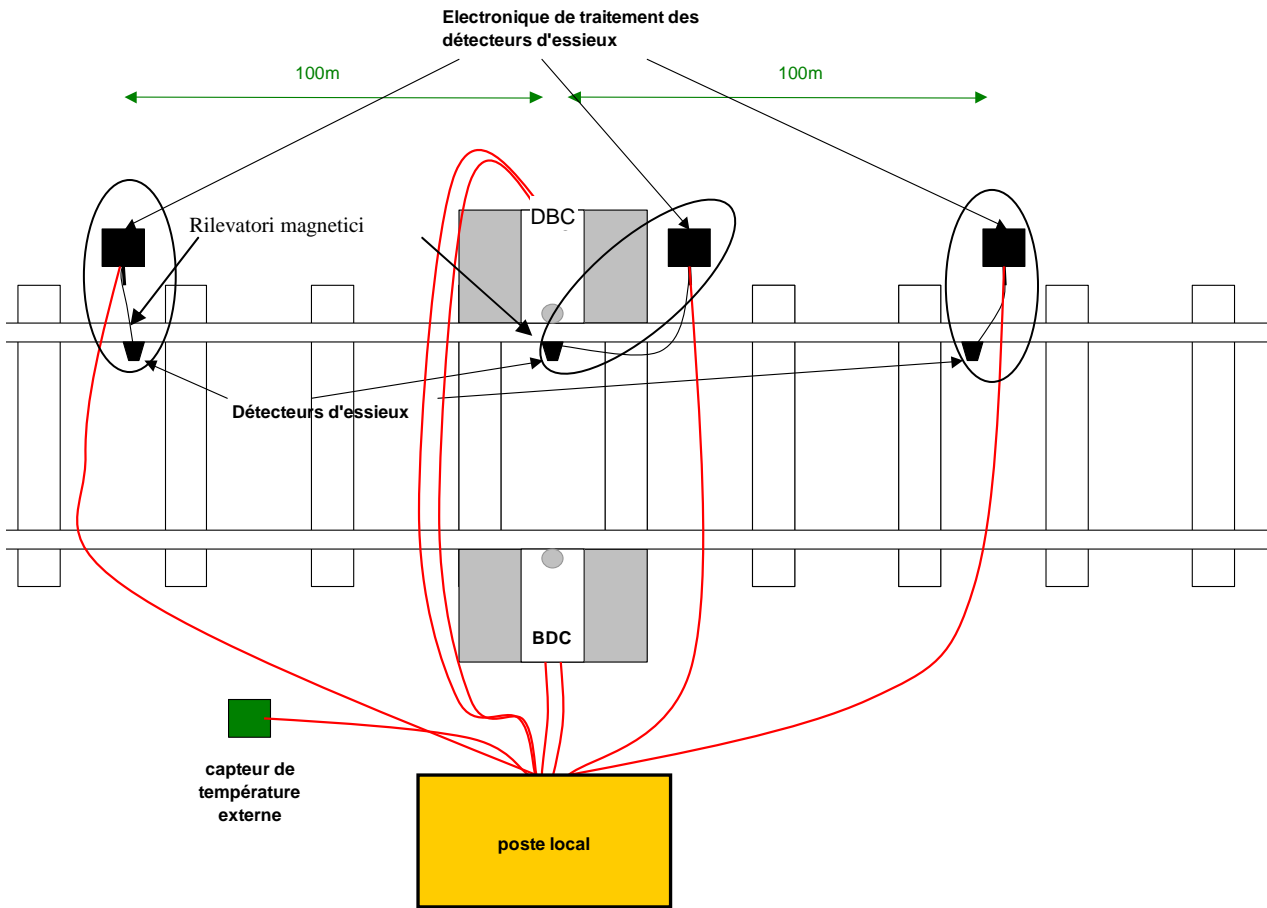


Figura 25 : *Architettura generale di un quadro locale e dei suoi sensori di binario*

Electronique de traitement des détecteurs d'essieux	Electronica di trattamento dei rilevatori d'assi
Détecteurs magnétiques	Rilevatori magnetici
DBC	RTB
Détecteurs d'essieux	Rilevatori d'assi
Capteur de température extérieure	Sensore di temperatura esterna
Poste local	Quadro locale

Ogni quadro locale :

- Dovrà fornire l'alimentazione necessaria al funzionamento dei sensori,
- Sarà connesso mediante una scheda di comunicazione alla rete di teletrasmissione.

Inoltre un connettore RS232 sarà disponibile per permettere la connessione ad un PC portatile di manutenzione.

Ci saranno in tutto 12 quadri locali, ognuno dei quali gestirà 2 RTB, 3 rilevatori di assi ed un rilevatore di temperatura per garantire la sicurezza sul corridoio progetto.

Il sistema di supervisione sarà previsto per gestire 2 quadri locali supplementari al fine di tener conto dell'evolutività del sistema, cioè 14 quadri locali in tutto.

➤ *Quadro centrale*

La soluzione che raccomandiamo per la centralizzazione delle informazioni dei sensori di binari ed il loro trattamento per il sistema di rilevamento di temperatura di boccole utilizza i server del sistema di supervisione.

Le funzioni sviluppate sui server che raccomandiamo per la gestione delle informazioni dei rilevatori di temperatura di boccole sono le stesse che quelle dell'automa. Esse permetteranno lo stesso livello di controllo della sicurezza sulle boccole dei treni permettendo maggior flessibilità nella loro evoluzione futura.

9.5.5 Interfacce

Infine, per terminare la descrizione dell'architettura, vediamo qui le differenti interfacce.

➤ *Alimentazione elettrica*

L'alimentazione elettrica dei sensori di binari sarà assicurata dal quadro locale.

L'alimentazione elettrica dei quadri locali sarà assicurata da due sorgenti, 230Vac e 400Vac (vedi le prescrizioni tecniche). L'alimentazione soccorsa sarà trasmessa in 400V per permettere una distanza importante tra il quadro di binario ed il pannello da cui proviene l'alimentazione elettrica.

L'impresa responsabile degli impianti d'alimentazione elettrica dovrà assicurare la fornitura del materiale per l'allacciamento alla rete d'alimentazione fino ai piedi di ogni quadro locale del sistema di rilevamento di temperatura di boccole.

➤ *Sistemi che scambiano con il sistema di supervisione sulla rete di teletrasmissione.*

Tutti i quadri locali comunicheranno con i server di sicurezza incaricati del sistema di rilevamento di temperatura di boccole attraverso la rete di teletrasmissione.

Il protocollo di comunicazione e le interfacce saranno definiti negli studi sul PCC e in quelli sulle reti di comunicazione sapendo che i quadri locali dovranno poter comunicare con tutti i protocolli standard mediante la messa in opera di una scheda di comunicazione adeguata.

L'impresa responsabile degli impianti di comunicazione dovrà assicurare la fornitura del materiale per l'allacciamento alla rete di teletrasmissione fino ai piedi di ogni quadro locale del sistema di rilevamento di temperatura di boccole.

➤ *Sistema che scambia con le reti inquadrianti*

Il sistema di supervisione riceverà le informazioni di temperatura delle boccole misurate dagli ultimi rilevatori di temperatura di boccole delle reti inquadrianti prima del corridoio progetto al fine di poter assicurare la misura dell'evoluzione delle temperature di boccole dei treni destinati a circolare nei tunnel di base e di Bussoleno.

➤ *Genio Civile*

La messa in opera degli impianti legati al rilevamento di temperatura di boccole sui treni dovrà essere coordinata con le operazioni di Genio Civile.

Le riserve per i cavi, i blocchi calcestruzzo e le traversine speciali dovranno essere disponibili prima della messa in opera su sito dei sensori e dei quadri locali.

10. Segnalamento nei rami

Il tunnel è costituito da due canne. Esse sono collegate tra di loro mediante dei rami di collegamento distanziati di 333m in sezione corrente. Altri rami, situati al livello delle stazioni di sicurezza, permettono alle persone di raggiungere la stazione di sicurezza in caso d'incendio. Questi rami sono distanziati di 50 m su di una lunghezza di 400 m.

Il passaggio dei treni nelle canne genera delle variazioni di pressione molto importanti.

Se qualcuno si trovasse in uno dei rami la cui porta che dà sul binario su cui passa il treno fosse aperta, egli sarebbe proiettato a terra o contro l'altra porta del ramo in fase di sovrappressione generata dal treno o travolto dal treno in fase di depressione che succede al treno.

È importante che le persone presenti nei rami siano coscienti delle condizioni di sicurezza nelle quali si trovano prima di scegliere di aprire la porta di un ramo che dà su di un binario.

L'utilizzazione di segnalamento di sicurezza in ramo riduce la probabilità d'apertura di una porta di ramo al passaggio di un treno.

10.1 Obiettivi del sistema

Il dispositivo di segnalamento dei rami sarà destinato a prevenire le persone presenti nei rami dei pericoli d'apertura delle porte che danno accesso alle strade ferrate in tunnel.

Tutte le porte di ciascuno dei rami in tunnel, delle gallerie, discenderie o altre, che danno accesso ad uno dei due binari devono essere dotate di segnalamento.

10.2 Topologia e geometria delle opere

La scelta di architettura del sistema di segnalamento dei locali dipenderà :

- Dalla costituzione dei rami e dei loro locali se ne sono attrezzati.
- Dalla costituzione delle discenderie, gallerie e altro che necessitano questo tipo di apparecchiature.

10.3 Esigenze

Per maggior chiarezza, le esigenze sono state suddivise in più punti. Per cominciare analizziamo le esigenze dettate da una preoccupazione di sicurezza, seguite da quelle indotte dall'ambiente in cui è installato il sistema, poi quelle legate all'esercizio ed alla manutenzione dell'opera e terminiamo con quelle di realizzazione e di evolutività.

10.3.1 *Esigenze di sicurezza*

- *Sicurezza dei beni e delle persone*

- Gli impianti del sistema messi in opera devono essere progettati e realizzati in conformità perfetta con le regolamentazioni e norme relative alla sicurezza dei beni e delle persone.
- Tutte le porte che danno accesso ad uno dei due binari in tunnel dovranno essere dotate di un sistema di segnalamento luminoso per avvertire che tutte le condizioni di sicurezza sono soddisfatte per l'accesso ai binari.
- Tutti i cavi elettrici, tubi ed altri elementi costitutivi del sistema non dovranno contenere materiali :
 - Alogeni,
 - Propagatori d'incendio,
 - Emananti fumi tossici.

10.3.2 *Esigenze ambientali*

- Le condizioni ambientali minime all'interno del tunnel, nei rami ed in locale
- La roccia in cui è tagliato il tunnel è una roccia calda. Le pareti del tunnel saranno a delle temperature comprese tra 30 e 40°C.
- L'usura della catenaria provoca della polvere di rame, fonte di un possibile incrostamento dei sensori.
- A causa dei pesi dei convogli, le rotaie hanno un importante tasso di usura, che ha per effetto di generare delle polveri di acciaio (per esempio, le rotaie del tunnel sotto la Manica sono state cambiate una volta in 10 anni di esercizio).
- La costruzione dei tunnel produrrà della polvere di calcestruzzo. La quantità sarà importante all'inizio dell'esercizio e diminuirà con l'andar del tempo.
- Il passaggio del treno produce un effetto di pistone e genera una sovrappressione nella sua parte anteriore e una depressione nella parte posteriore. Questo si ripercuoterà sul sistema solamente in caso di apertura delle porte del ramo. La variazione massima di pressione è valutata a 10kPa.
- Il passaggio del treno nelle canne genera forti vibrazioni.

10.3.3 *Esigenze di esercizio e di manutenzione*

➤ *Esercizio*

I segnali luminosi di sicurezza dovranno essere visibili e comprensibili a chiunque prenda un ramo di collegamento e che sia o meno esperto.

Le apparecchiature di segnalamento dei rami dovranno essere posate all'interno dei rami di collegamento, vicino ad ogni porta che dia accesso ad uno dei binari delle due canne, come pure nelle altre zone dell'opera dotate di una porta che dia accesso ad una delle due canne.

Un segnale luminoso di colore verde indicherà che tutte le condizioni di sicurezza sono raggruppate affinché gli utenti possano aprire la porta del ramo che dà accesso al binario corrispondente.

Un segnale luminoso di colore rosso indicherà che almeno una condizione di sicurezza non è sufficiente per assicurare, alle persone presenti nel ramo, la loro sicurezza nella canna ferroviaria corrispondente.

Gli studi di sicurezza definiranno le condizioni secondo le quali le luci dovranno indicare un segnale rosso o un segnale verde.

➤ *Manutenzione*

In maniera generale, la manutenzione sarà prevista 4 ore per notte su tutto o parte di uno dei due binari, per la linea nuova. Ci basiamo sull'ipotesi che queste 4 ore potranno essere utilizzate per la manutenzione degli impianti in rami.

La pulizia del tunnel sarà effettuata per proiezione di acqua. Altri prodotti detergenti sono da prevedere ma non sono ancora noti al giorno d'oggi.

- Preventiva : Senza oggetto
- Correttiva : Tutti i pezzi necessari alla manutenzione del sistema dovranno essere disponibili su 15 anni.
- Eccezionale : Il sistema potrà essere sostituito solo dopo almeno 15 anni di esercizio.

10.3.4 *Esigenze d'installazione*

La postazione dei segnali luminosi dovrà effettuarsi in modo che il segnale sia visibile e comprensibile da chiunque sia presente nel ramo. L'esigenza d'installazione è dunque lo spazio disponibile attorno alle porte d'accesso ai binari.

10.3.5 *Esigenze di evolutività*

I nuovi impianti installati dopo la messa in servizio del tunnel dovranno poter interfacciarsi con gli impianti già messi in opera.

10.4 Performance

Dopo aver visto le differenti esigenze alle quali è sottoposto il sistema di segnalamento dei rami, stabiliamo ora le performance che esso deve raggiungere. Le performance sono state suddivise in cinque punti. Vedremo dapprima le performance generali poi quelle legate al tempo di reazione del sistema, all'affidabilità, alla manutenzione ed alla disponibilità.

➤ *Generali*

Il sistema dovrà poter resistere alle esigenze ambientali enunciate qui sopra.

➤ *Tempo di reazione*

Il tempo impiegato dal sistema tra la ricezione dell'informazione che specifica la sintesi delle condizioni di sicurezza per quanto riguarda l'accesso ai binari e l'accensione della luce giusta dovrà essere inferiore al secondo.

➤ *Affidabilità*

In fase di esercizio normale del sistema, la produzione di falsi allarmi non dovrà essere superiore ad 1 per 1000 allarmi generati.

➤ *Manutenzione*

- Preventiva : Il tempo tra due manutenzioni preventive non potrà essere inferiore a 6 mesi.
- Correttiva : Il tempo tra due manutenzioni correttive sullo stesso pezzo di un impianto non potrà essere inferiore a 12 mesi
- Eccezionale : Senza oggetto

➤ *Disponibilità*

Il sistema dovrà essere sempre disponibile fuori orari di manutenzione.

10.5 Architettura del sistema ed installazione

10.5.1 *Architecture générale*

Lo schema seguente presenta un riassunto dell'architettura del sistema.

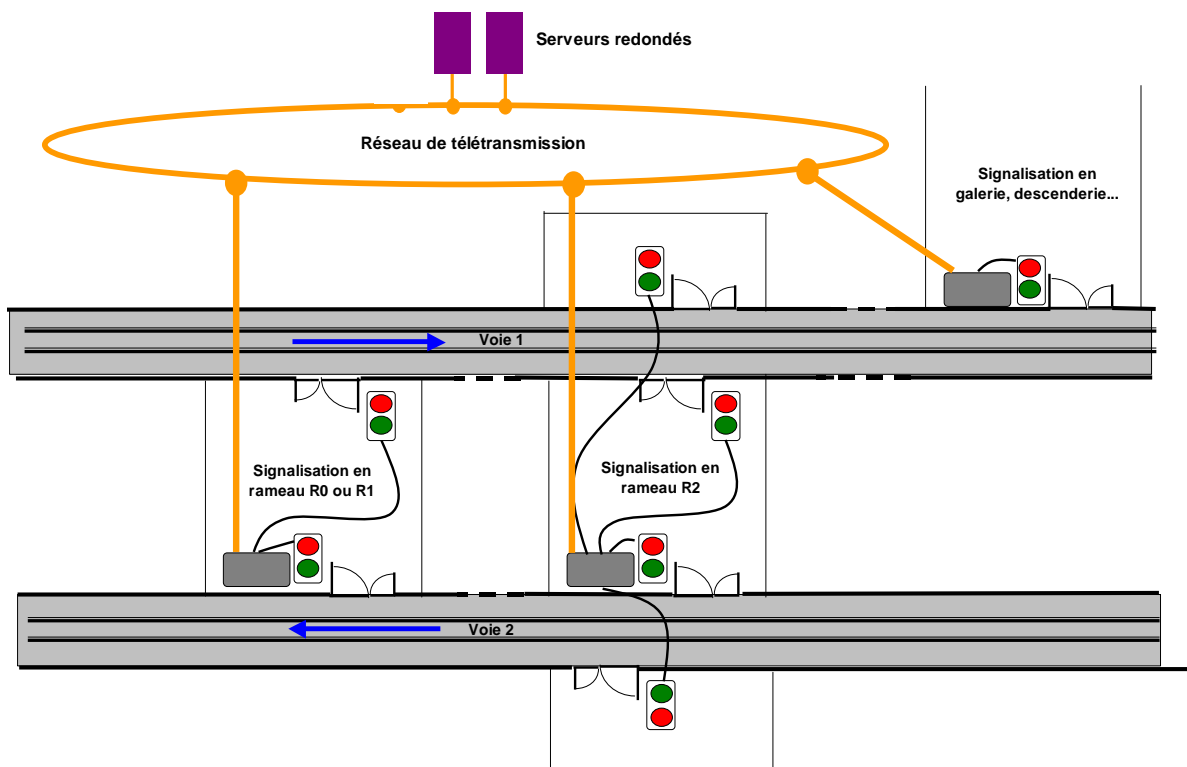


Figura 26 : Schéma d'architecture générale du système de signalisation des rameaux

Serveurs redondés	Server ridondati
Réseau de télétransmission	Rete di teletrasmissione
Signalisation en rameau	Segnalamento in ramo
Signalisation en galerie, descenderie...	Segnalamento in galleria, discenderia...
Voie	Binario

10.5.2 *Segnalamento*

I segnali luminosi rosso e verde saranno disposti fianco a fianco, nella stessa scatola, in alto a destra delle porte all'interno dei rami.

I segnali luminosi saranno costituiti da LED di potenza sufficiente per permettere una buona visibilità a qualsiasi persona presente ovunque nel ramo.

10.5.3 *Automa*

Un automa di sicurezza a capacità di SIL 3 sarà installato in ogni ramo di collegamento ed ogni locale con un accesso su uno dei binari all'interno dei tunnel. Esso dovrà essere di piccola dimensione, visto l'importanza di non ingombrare i rami di collegamento.

L'automa dovrà essere in grado di comunicare con i server di sicurezza mediante la rete di teletrasmissione.

Ogni automa sarà previsto per rilevare il buon funzionamento di ogni sorgente luminosa dei semafori che vi sono collegati mediante controllo della resistenza del circuito.

Ogni automa dovrà poter costantemente verificare che i due segnali luminosi rosso e verde dei semafori di cui è incaricato non possano essere accesi contemporaneamente, che uno dei due segnali sia costantemente acceso e che il segnale acceso corrisponda bene all'ordine dettato dal sistema di supervisione.

Un automa sarà sufficiente per trattare le informazioni dei due blocchi di segnalamento luminoso nei rami R0 e R1, in quanto i rami hanno al massimo due accessi che danno sui binari.

In rami R2, gli automi dovranno poter trattare le informazioni di 4 blocchi di segnalamento luminoso.

Nelle stazioni di sicurezza di Modane, l'automa messo in opera avrà solamente da gestire le informazioni per un solo blocco di segnalamento luminoso.

10.5.4 *Cavo di trasmissione e di alimentazione elettrica*

Dopo aver studiato l'architettura dei sensori, vediamo qui come essi sono collegati agli altri impianti.

I cavi messi in opera, che essi siano tra i semafori e l'automa o tra l'automa ed il punto di concentrazione della rete di teletrasmissione o la partenza elettrica, dovranno rispettare allo stesso tempo le esigenze imposte ai cavi in tunnel, cioè non contenere materiali :

- alogeni,
- propagatori d'incendio,
- emananti fumi tossici,

ed essere :

- CR1/C1 se sono installati in tunnel in maniera apparente,
- C2 altrimenti.

10.5.5 *Interfacce*

Infine, per terminare la descrizione dell'architettura, guardiamo qui le differenti interfacce.

➤ *Alimentazione elettrica*

Le alimentazioni dei segnali luminosi e dell'automa saranno realizzate mediante un'alimentazione soccorsa senza interruzione in 24Vcc.

L'impresa responsabile degli impianti di alimentazione elettrica dovrà assicurare la fornitura del materiale per l'allacciamento alla rete di alimentazione fino ai piedi di ogni automa del sistema.

➤ *Comunicazione con il sistema di supervisione sulla rete di teletrasmissione.*

Ogni automa di segnalamento comunicherà con i server di sicurezza incaricati del sistema di segnalamento dei rami attraverso la rete di teletrasmissione. Il protocollo di comunicazione e le interfacce saranno definiti negli studi sul PCC ed in quelli sulle reti di comunicazione, sapendo che i quadri locali dovranno poter comunicare con tutti i protocolli standard per mezzo della messa in opera di una scheda di comunicazione adeguata.

L'impresa responsabile degli impianti di comunicazione dovrà assicurare la fornitura del materiale per l'allacciamento alla rete di alimentazione fino ai piedi di ogni automa del sistema.

11. Stazioni meteo

Vista l'impiantazione geografica della zona franco-italiana del collegamento ferroviario Lione Torino, in alta vallata alpina (altitudine tra 500 e 1000 m), dell'influenza dei parametri meteorologici sull'esercizio ferroviario (vento, gelo, pressione atmosferica, neve), ci sembra utile, malgrado la diffusione d'informazioni meteorologiche nazionali (francese e italiana), raccogliere dei dati meteorologici particolari a quest'opera.

11.1 Obiettivi del sistema

L'obiettivo del presente sistema consiste nel raccogliere le informazioni meteorologiche seguenti :

- Misura della velocità e della direzione del vento per permettere, in caso di vento trasversale forte, di avviare la circolazione in modo degradato dei treni e dell'autostrada ferroviaria (AF), e d'informare l'esercizio della rete ferrata sul rischio d'inclinamento della catenaria al di là della zona di sfregamento normale del pantografo
- Analisi del rischio di gelo per permettere di avviare la messa in riscaldamento degli scambi e d'informare l'esercizio della rete ferrata sulle possibilità di brina della catenaria
- Misura della pressione atmosferica alle teste di tunnel per permettere d'informare il sistema di evacuazione del fumo in caso d'incendio
- Misura delle precipitazioni e analisi delle altezze di neve per permettere di avviare le operazioni di sgombero della neve

11.2 Topologia e geometria delle opere

Le opere con un impatto sulle stazioni meteo saranno :

- L'occupazione al suolo dei binari ;
- Il profilo per il lungo;
- L'ubicazione degli impianti ferroviari ;
- Le zone di attraversata pedonale dei binari per la manutenzione e l'esercizio.

1.1.1 Esigenze

11.2.1 Esigenze di sicurezza

Conformemente alle ipotesi ritenute nel dossier di riferimento dei dati d'entrata, abbiamo proposto, per le stazioni meteo, di misurare :

- La temperatura e l'igrometria dell'aria ;
- La velocità e la direzione del vento ;
- Le temperature del suolo ;
- L'altezza della neve ;
- Il rilevamento di precipitazione ;

- Le variazioni di pressione al passaggio del treno saranno medie.

11.2.2 *Esigenze ambientali*

- Da ogni lato dei tunnel, le esigenze ambientali saranno quelle di una vallata alpina ad un'altitudine di 600m.
- Le vibrazioni generate dal passaggio del treno saranno importanti.
- Variazioni d'aria al passaggio del treno
- La tabella delle influenze esterne presa dalla CEI 364-3 è annessa in Allegato 2.

11.2.3 *Esigenze di esercizio e di manutenzione*

➤ *Esercizio*

I treni circoleranno ad una velocità inferiore a 220km/h

➤ *Manutenzione*

- Correttiva : Tutti i pezzi necessari alla manutenzione del sistema dovranno essere disponibili su 15 anni.
- Eccezionale : Il sistema potrà essere sostituito solamente dopo almeno 15 anni d'esercizio.

11.2.4 *Esigenze d'installazione*

Lo spazio disponibile per installare le stazioni meteo sarà funzionale del posizionamento dei binari

11.3 Performance

Dopo aver esaminato le diverse esigenze alle quali saranno sottoposte le stazioni meteo, stabiliamo qui le performance da raggiungere. Esse sono suddivise in sei punti. Vedremo prima di tutto le performance generali poi quelle legate alla precisione della misura, seguite da quelle di esercizio, di affidabilità, di disponibilità, e infine vedremo quelle che non rientrano nelle categorie precedenti.

➤ *Precisione della misura*

- Misura della temperatura e dell'igrometria dell'aria. Misurare delle temperature che vanno da -30 °C a +60 °C con una precisione di 1 °C. Misurare un'umidità che va da 0 a 100 % con una precisione di 3 %.
- Misura della velocità e della direzione del vento. Determinare la direzione del vento tra 0 e 360 ° con una precisione di 3 gradi. Determinare la velocità del vento per dei venti che vanno da 0 a 50 m/s con una precisione di 0,3 m/s.
- Misura della temperatura del suolo. Misurare la temperatura del suolo con una precisione di 1 °C. Determinare il punto di congelamento e lo stato delle rotaie
- Misura dell'altezza della neve. Misurare delle altezze di neve da 0 cm a 10 m, con una precisione al millimetro.
- Misura della pressione atmosferica. Misurare delle pressioni comprese tra 800 e 1200 hPa, con una precisione di 3 hPa.

- Rilevamento di precipitazione. Rilevare le precipitazioni fin dall'inizio. Discriminare tra pioggia e neve. Misurare le quantità cadute. Risoluzione a 0,1 mm.

➤ *Esercizio*

- Misura della temperatura e dell'igrometria dell'aria. Far scattare un allarme quando la temperatura dell'aria non è compresa tra + 5 °C e 30 °C. Far scattare un allarme quando l'igrometria dell'aria non è compresa tra 10 e 60 %
- Misura della velocità e della direzione del vento. Far scattare un allarme quando la velocità del vento è superiore a 17 m/s. Per la direzione del vento, non ci sarà bisogno di far scattare un allarme, però i valori dovranno essere accessibili al PCC, per informazione in particolare per la ventilazione.
- Misura della temperatura del suolo. Far scattare un allarme quando la temperatura del suolo è inferiore a + 3 °C
- Misura dell'altezza della neve. Far scattare un allarme quando l'altezza della neve è di 70 cm.
- Misura della pressione atmosferica. Non ci sarà bisogno di far scattare un allarme, però i valori dovranno essere accessibili al PCC in caso di messa in servizio della ventilazione.
- Rilevamento di precipitazione. Far scattare un allarme in caso di apparizione di neve.
- Le altre misure dovranno essere accessibili, su domanda, a partire dal PCC.

➤ *Manutenzione*

- Preventiva : Il tempo tra due manutenzioni non potrà essere inferiore a 3 mesi.
- Correttiva : I pezzi cambiati durante una manutenzione correttiva saranno in grado di funzionare per almeno un anno.

➤ *Affidabilità*

- I valori rinvii dai sensori dovranno essere nel campo di precisione e saranno considerati come giusti.
- Una volta terminato il periodo di collaudi, il sistema dovrà produrre al massimo un falso allarme tutti i 1000 allarmi generati.

➤ *Disponibilità*

- Il sistema dovrà poter essere disponibile 24/24h in periodo di esercizio.

11.4 Architettura del sistema ed installazione

11.4.1 Architettura generale

La figura seguente presenta il principio di raccordo dei differenti sensori alla stazione meteo locale. Le forme rappresentate per i differenti rilevatori non sono rappresentative di una scelta tecnologica.

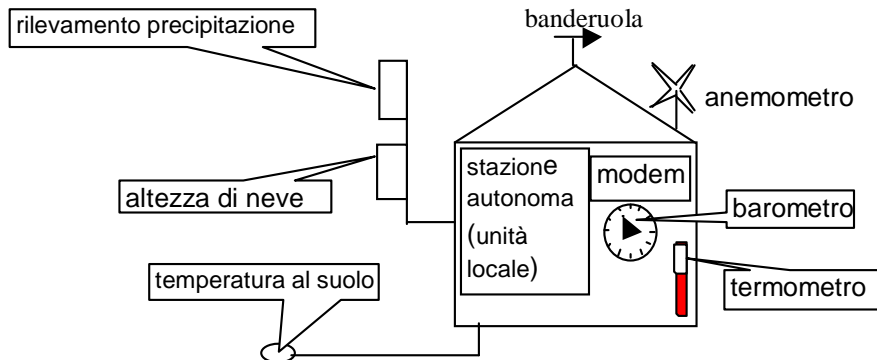


Figura 27 Schema di principio della stazione meteo

La figura seguente rappresenta il principio di raccordo delle differenti stazioni alla rete telecom.

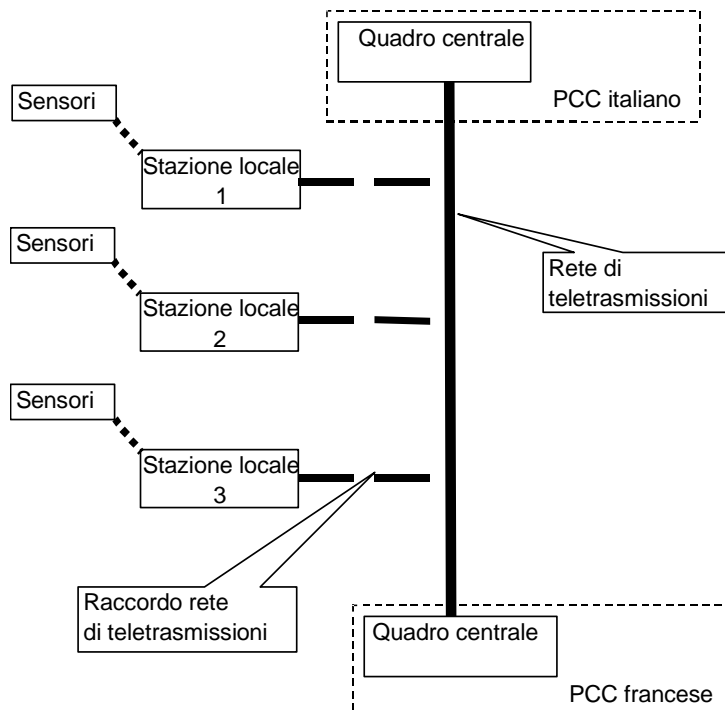


Figura 28 : Architettura generale delle stazioni meteo

11.4.2 *Sensori*

Per quanto riguarda le stazioni meteo, cominciamo con la presentazione dell'architettura dei differenti sensori da installare.

La zona LTF sarà composta di tre parti all'aria aperta, la prima al livello di Saint Jean de Maurienne, la seconda al livello della stazione internazionale di Susa e la terza al livello della Piana delle Chiuse. Impianteremo dunque 4 stazioni meteo automatiche (in corrispondenza di ogni portale). Ogni stazione sarà composta di sei sensori. Il primo misurerà la temperatura e l'igrometria dell'aria, il secondo la velocità e la direzione del vento, il terzo la temperatura del suolo, il quarto la pressione atmosferica, il quinto l'altezza della neve e l'ultimo rileverà le precipitazioni.

Le tre stazioni saranno collegate ad un quadro centrale situato al PCC.

Inoltre per effettuare delle misure rappresentative, le tre stazioni dovranno essere installate in luoghi non protetti dal vento e dalle precipitazioni. Per gli impianti che necessitano una presa di misura in altezza, un palo sarà necessario e occorrerà far attenzione che esso non interferisca con la catenaria.

Tenuto conto di ciò, si proporrà d'impiantare la stazione di Val Cenischia nel mezzo della lunghezza del viadotto e tra la banchina emergenza del binario due ed il bordo del viadotto. Al livello di quest'ultimo, una misura correttiva potrà essere presa in seguito ai collaudi ed in funzione delle perturbazioni prodotte dal passaggio del treno sull'anemometro e sulla banderuola. Questa misura mirerà a proteggere i due impianti dagli effetti parassiti della circolazione dei treni sulle loro misure.

Le stazioni di Bruzolo e di Saint Jean de Maurienne saranno installate rispettivamente attorno ai chilometri 1 e 69 e sufficientemente lontano dai binari per non essere intralciate dai movimenti d'aria generati dal passaggio del treno.

Le diverse impiantazioni potranno essere visualizzate sullo schema d'impiantazione (C2B-TS3-0068)..

Per i sensori d'igrometria e di temperatura dell'aria, di velocità e di direzione del vento, di pressione atmosferica e di temperatura del suolo, le tecnologie sono standard, si riterranno dunque per questo sistema gli impianti che utilizzano delle tecniche collaudate e che hanno bisogni molto bassi di manutenzione. La verifica di quest'ultimo criterio viene fatta sulla base delle esperienze raccolte su altre stazioni meteo. Per il rilevamento di precipitazione si utilizzerà un radar ad effetto Doppler, e per la misura dell'altezza di neve, un eco ultrasonico. Peraltro, gli impianti installati dovranno essere approvati dagli organismi nazionali, francese e italiano, di meteorologia.

Una schermatura all'interno della stazione meteo dovrà forse essere prevista per la stazione meteo installata sul viadotto di Val Cenischia, in funzione dei valori dei campi elettromagnetici misurati durante la messa in opera.

In funzione dei sensori ritenuti e dei loro consumi individuali, potrà essere opportuno alimentare la stazione meteo per mezzo di pannelli solari. Il loro numero sarà determinato in funzione degli impianti installati.

L'occupazione al suolo di ogni stazione sarà al massimo di 5 m per 5 m.

Le comunicazioni tra i sensori e l'unità di trattamento locale saranno assicurate da contatti liberi da potenziale, contatti 4/20 mA, o interfacce proprietarie. Questo sarà determinato al momento della messa in opera in funzione degli impianti installati.

11.4.3 Cavi di trasmissione e d'alimentazione elettrica

Dopo aver studiato l'architettura dei sensori, vediamo qui come essi sono collegati agli altri impianti.

I cavi che assicurano la trasmissione tra i sensori situati in altezza e la stazione meteo, dovranno essere schermati in modo che siano insensibili alle perturbazioni elettromagnetiche. Nessuna esigenza in rapporto al comportamento al fuoco sarà imposta, tuttavia i cavi, essendo situati all'esterno, dovranno essere in grado di resistere ad un'esposizione permanente alle radiazioni solari, alle intemperie e a proiezioni di acqua.

La centrale sarà collegata al punto di concentrazione della rete di teletrasmissione più vicina. Si supponerà qui che, tenuto conto della distanza, questo raccordo potrà essere effettuato per mezzo di un cavo rame blindato che ha le stesse esigenze che quelli che collegano la centrale ai sensori situati in altezza.

11.4.4 Sistema di trattamento

Dopo i cavi elettrici e di trasmissioni, i rilevatori, descriviamo qui l'architettura delle centrali locali.

Le stazioni meteo saranno dotate d'unità di trattamento locali in grado di gestire le informazioni rimandate dai sensori. Queste unità locali sono interrogate periodicamente dal quadro centrale e devono dunque essere in grado di tenere in memoria tra due interrogazioni le informazioni rinviati dai sensori. Su ciascuna di esse saranno collegati sei sensori rinviati un totale di otto misure.

Per assicurare la trasmissione d'informazioni con i server « impianti di sicurezza » situati ai PCC, ogni stazione locale sarà collegata al punto di concentrazione della più vicina rete di teletrasmissioni. Questo implica una comunicazione punto per punto tra la centrale e il punto di concentrazione della rete di teletrasmissioni da una parte, e tra il punto di concentrazione e i server dei PCC dall'altra parte.

Infine, per assicurare la disponibilità della stazione, è prevista una batteria che le permette di funzionare durante 24 ore in autonomia. Occorre dunque avere anche all'interno della stazione un dispositivo che permetta di caricare questa batteria.

11.4.5 Interfacce

Infine, per terminare la descrizione dell'architettura, vediamo ora le diverse interfacce.

Le interfacce sono ritagliate in interfacce elettriche e di comunicazione. Siccome quelle di comunicazione sono variate in funzione dei sistemi che scambiano informazione, esse sono suddivise in funzione dei sistemi che interagiscono.

➤ Alimentazione elettrica

L'alimentazione della stazione sarà assicurata dalla distribuzione elettrica in 230 V o dalla batteria di riserva in 12 V. La stazione s'incaricherà quindi di alimentare i sensori puntuali.

➤ Sistemi che scambiano con il sistema di supervisione

Solo la stazione meteo comunicherà con il sistema di supervisione. La comunicazione sarà assicurata tra la stazione meteo ed il punto di concentrazione telecom mediante una comunicazione modem punto per punto.

➤ *Génio Civile*

L'installazione delle stazioni meteo avvenire in coordinazione con le operazioni di genio civile. I supporti in cemento e le riservazioni per i cavi dovranno essere disponibili prima del montaggio della stazione e l'installazione dei rilevatori

SOMMAIRE

1.	GENERALITES	98
1.1	OBJET	98
1.2	DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE	98
1.3	SOUS-SYSTÈMES CONCERNÉS	98
1.4	CADRE RÉGLEMENTAIRE	99
1.5	TABLEAU DES ACRONYMES	100
2.	SYSTEME DETECTION INCENDIE EN TUBES FERROVIAIRES	102
2.1	OBJECTIF DU SYSTÈME	102
2.2	TOPOLOGIE ET GÉOMÉTRIE DES OUVRAGES	102
2.3	CONTRAINTES	102
2.3.1	CONTRAINTES DE SÉCURITÉ	102
2.3.2	Contraintes d'environnement	103
2.4	PERFORMANCES	103
2.4.1	Détection de fumée	103
2.4.2	Détection de flamme	104
2.4.3	Détection linéaire de chaleur	105
2.4.4	Contraintes d'exploitation et de maintenance	105
2.4.5	Contraintes de réalisation	106
2.4.6	Contraintes d'évolutivité	106
2.5	ARCHITECTURE DU SYSTÈME ET INSTALLATION	106
2.5.1	Architecture générale	107
2.5.2	Capteurs	108
2.5.3	Câbles de transmission et d'alimentation électrique	111
2.5.4	Centrales	111
2.5.5	Interfaces	112
3.	DETECTION INCENDIE DANS LES LOCAUX	113
3.1	OBJECTIF DU SYSTÈME	113
3.2	TOPOLOGIE ET GÉOMÉTRIE DES OUVRAGES	113
3.3	CONTRAINTES	113
3.3.1	Contraintes de sécurité	113
3.3.2	Contraintes d'environnement	114
3.3.3	Contraintes d'exploitation et de maintenance	114
3.3.4	Contraintes de réalisation	114
3.3.5	Contraintes d'évolutivité	114
3.4	PERFORMANCES	114

3.5	ARCHITECTURE DU SYSTÈME ET INSTALLATION	116
3.5.1	Capteurs	116
3.5.2	Câbles de transmission et d'alimentation électrique	122
3.5.3	Centrales	122
3.5.4	Interfaces	123
4.	DETECTION TERMOGRAPHIQUE	125
4.1	OBJECTIF DU SYSTÈME	125
4.2	TOPOLOGIE ET GÉOMÉTRIE DES OUVRAGES	125
4.3	CONTRAINTES	125
4.3.1	Contraintes de sécurité	125
4.3.2	Contraintes d'environnement	125
4.3.3	Contraintes d'exploitation et de maintenance	126
4.3.4	Contraintes d'installation	126
4.3.5	Contraintes d'évolutivité	127
4.4	PERFORMANCES	127
4.5	ARCHITECTURE DU SYSTÈME ET INSTALLATION	129
4.5.1	Architecture générale	129
4.5.2	Capteurs	130
4.5.3	Portiques	131
4.5.4	Câbles de transmission et d'alimentation électrique	133
4.5.5	Système de traitement	133
4.5.6	Interfaces	134
5.	DETECTION DE GABARIT	136
5.1	OBJECTIFS DU SYSTÈME	136
5.2	CONTRAINTES	136
5.2.1	Contraintes de sécurité	136
5.2.2	Contraintes d'environnement	136
5.2.3	Contraintes d'exploitation et de maintenance	137
5.2.4	Contraintes d'installation	137
5.2.5	Contraintes d'évolutivité	138
5.3	PERFORMANCES	138
5.4	ARCHITECTURE DU SYSTÈME ET INSTALLATION	139
5.4.1	Architecture générale	139
5.4.2	Capteurs	139
5.4.3	Portique	140
5.4.4	Câble de transmission et d'alimentation électrique	143
5.4.5	Postes	143
5.4.6	Interfaces	143

6.	DETECTION DE GAZ	145
6.1	OBJECTIF DU SYSTÈME	145
6.2	TOPOLOGIE ET GÉOMÉTRIE DES OUVRAGES	145
6.3	CONTRAINTES	145
6.3.1	Contraintes de sécurité	145
6.3.2	Contraintes d'environnement	146
6.3.3	Contraintes d'exploitation et de maintenance	146
6.3.4	Contraintes d'installation	146
6.3.5	Contraintes d'évolutivité	146
6.4	PERFORMANCES	147
6.5	ARCHITECTURE DU SYSTÈME ET INSTALLATION	148
6.5.1	Architecture générale	148
6.5.2	Capteurs	149
6.5.3	Câbles de transmission et d'alimentation électrique	152
6.5.4	Centrales	152
6.5.5	Interfaces	153
7.	DETECTION DE DERAILLEMENT	154
7.1	OBJECTIF DU SYSTÈME	154
7.2	TOPOLOGIE ET GÉOMÉTRIE DES OUVRAGES	154
7.3	CONTRAINTES	154
7.3.1	Contraintes de sécurité	154
7.3.2	Contraintes d'environnement	155
7.3.3	Contraintes d'exploitation et de maintenance	155
7.3.4	Contraintes d'installation	156
7.3.5	Contraintes d'évolutivité	156
7.4	PERFORMANCES	157
7.5	ARCHITECTURE DU SYSTÈME ET INSTALLATION	158
7.5.1	Architecture générale	158
7.5.2	Capteurs	159
7.5.3	Câble de transmission et d'alimentation électrique	159
7.5.4	Poste local	159
7.5.5	Interfaces	160
8.	DETECTION DE BOITES CHAUDES	162
8.1	OBJECTIFS DU SYSTÈME	162
8.2	TOPOLOGIE ET GÉOMÉTRIE DES OUVRAGES	163
8.3.1	Contraintes de sécurité	163
8.3.2	Contraintes d'environnement	164
8.3.3	Contraintes d'exploitation et de maintenance	164
8.3.4	Contraintes d'installation	165

8.4	PERFORMANCES	165
8.5	ARCHITECTURE DU SYSTÈME ET INSTALLATION	166
8.5.1	Architecture générale	166
8.5.2	Capteurs	167
8.5.3	Câble de transmission et d'alimentation électrique	170
8.5.4	Postes	171
8.5.5	Interface	172
9.	SIGNALISATION DANS LES RAMEAUX	174
9.1	OBJECTIFS DU SYSTÈME	174
9.2	TOPOLOGIE ET GÉOMÉTRIE DES OUVRAGES	174
9.3.1	Contraintes de sécurité	174
9.3.2	Contraintes d'environnement	175
9.3.3	Contraintes d'exploitation et de maintenance	175
9.3.4	Contraintes d'installation	176
9.3.5	Contraintes d'évolutivité	176
9.4	PERFORMANCES	176
9.5	ARCHITECTURE DU SYSTÈME ET INSTALLATION	177
9.5.1	Architecture générale	177
9.5.2	Signalisation	178
9.5.3	Automate	178
9.5.4	Câble de transmission et d'alimentation électrique	178
9.5.5	Interfaces	179
10.	STATION METEEOLOGIQUES	180
10.1	OBJECTIFS DU SYSTÈME	180
10.2	TOPOLOGIE ET GÉOMÉTRIE DES OUVRAGES	180
10.3	CONTRAINTES	180
10.3.1	Contraintes de sécurité	180
10.3.2	Contraintes d'environnement	181
10.3.3	Contraintes d'exploitation et de maintenance	181
10.3.4	Contraintes d'installation	181
10.4	PERFORMANCES	181
10.5	ARCHITECTURE DU SYSTÈME ET INSTALLATION	183
10.5.1	Architecture générale	183
10.5.2	Capteurs	184
10.5.3	Câbles de transmission et d'alimentation électrique	185
10.5.4	Système de traitement	185
10.5.5	Interfaces	186

1. GENERALITES

1.1 Objet

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 lieu 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 l'interconnexion avec la ligne historique est l'objet de notre étude.

La section ainsi considérée aura une longueur totale d'environ 80 km et les principaux ouvrages la constituant seront les suivants :

- Les raccordements à la ligne historique de Saint Jean de Maurienne,
- Le tunnel de base de 56.420 km,
- La station internationale de Susa
- Le tunnel de L'Orsiera d'une longueur de 18.306 km,
- L'Interconnexion avec la ligne historique dans la Piana delle Chiuse.

1.2 Documents de référence

- PP2-TEC/-LTF-0001 – Cahier des charges techniques détaillé – Lot C2 - Equipements
- APR-B3/-TS2-0050 – Cahier des charges techniques simplifié
- APR-B3/-TS2-du 1200 au 1208 – Equipements de sécurité
- PP2-C1/-TS3-0015 – Détection des anomalies sur les trains
- PP2-C1/-TS3-0022 – Equipements de sécurité : sites de sécurité
- PP2-C1/-TS3-0023 – Equipements de sécurité : sites d'intervention
- PP2-C1/-TS3-0023 – Equipements de sécurité : descenderie
- Soumission 37
- Soumission 44
- Soumission 48

1.3 Sous-systèmes concernés

Les Equipements de Sécurité interviennent de manière substantielle dans la surveillance de l'ouvrage, de manière à assurer la protection des personnes et des biens. Ces équipements se doivent donc d'être définis de façon optimale tant d'un point de vue technique que d'un point de vue économique.

Les équipements de sécurité concernent l'ensemble de la section internationale du projet de liaison ferroviaire entre Lyon et Turin.

Au titre des équipements de sécurité, sont concernés les systèmes suivants :

- détection incendie en locaux et dans les tunnels de base et de l'Orsiera,
- dispositifs de détection thermographique,
- portails de détection automatique de gabarit,
- détecteurs de gaz en tunnels,
- détecteurs de boîtes chaudes,
- détection des déraillements,
- signaux indicateurs dans les rameaux de communication,
- stations météorologiques.

1.4 Cadre réglementaire

➤ *Directives européennes et normes STI*

- Directive du Conseil Européen n° 73/23/EEC : « Directive basse tension ».
- Directive du Conseil Européen 96/48/CE (relative à l'interopérabilité ferroviaire grande vitesse en matière de sécurité),
- Directive européenne CEM 89/336/CEE (norme ENV50121-4) : "Applications ferroviaires - Compatibilité électromagnétique"
- Directive européenne DBT 93/68/CEE (norme NF EN 60950) : "Matériels de traitement de l'information - Sécurité"
- 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 »
- NF EN 50121-4 : CEM, applications ferroviaires. Emission et immunité des appareils de signalisation et de télécommunication.
- NF EN 50 129 : "Applications ferroviaires. Systèmes de signalisation, de télécommunications et de traitement. Systèmes électroniques de sécurité pour la signalisation".
- 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 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 »
- NF EN 60825 : "Sécurité des appareils à laser".
- NF EN 61587-1 : "essais climatiques, mécaniques et aspects de sécurité des baies, bâtis, bacs à cartes et châssis",

- NF EN 61587-3 : "essais de fonctionnement du blindage électromagnétique pour les baies, bâtis, bacs à cartes et châssis ",
- Série EN 54 relative aux systèmes de détection et d'alarmes incendie,
- 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,
- 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,

➤ *Autres normes*

- CEI 364-3 : "Installations électriques des bâtiments – détermination des caractéristiques générales"
- CEI 61508 sur les classes de sécurité
- Codes du travail français et italien,
- Fiche UIC 505-1 : "Matériel de transport ferroviaire – Gabarit de construction du matériel roulant ",
- UIC 515 "Voitures – Organes de roulement",
- Fiche UIC 606-1 : "Conséquences de l'application des gabarits cinématiques définis par les fiches UIC 505 sur la conception du système caténaire",
- Fiche UIC 608 : "Conditions à respecter pour les pantographes des engins moteurs utilisés en service international".
- Code UIC 779-9 : « Sécurité dans les tunnels ferroviaires »,
- ISO 7240 : « Systèmes de détection et d'alarme d'incendie »,

1.5 Tableau des Acronymes

	Français	Italien
CR1/C1, C2	Niveau de résistance au feu des câbles	Livello di resistenza al fuoco dei cavi elettrici
DBC/RTB	Détecteur de Boite chaude	Rilevatore di temperatura boccole calde
DBC	Détecteur de Boite chaude	Rilevatore di boccole calde
DD	Détecteur de Déraillement	Rilevatore di deragliament
DGb	Détecteur de Gabarit	Rilevatore di sagoma
ERP	Etablissement Recevant du Public	
GTC		
GTF		

LED	Diode ElectroLuminescente	Diodo ad emissione di luce
LIE	Limite Inférieure d'Explosimétrie	Limite Inferiore d'Esplosimetria
PCC	Poste Control et Commande	Posto di controllo e comando
ppm	Parties Par Milion	Particelle per milione
PT	Portail thermographique	Portale termografico
SM	Station Meteo	
UV/IR3	Détecteur Ultraviolet et triple Infrarouge	Detettore ultravioletto a tripla banda infrarossa
UV/IR2	détecteur Ultraviolet et double Infrarouge	Detettore ultravioletto a doppia banda infrarossa

2. SYSTEME DETECTION INCENDIE EN TUBES FERROVIAIRES

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

La détection incendie, qui comprend la détection de flamme, de fumée et de chaleur vient compléter les équipements de sécurité mis en œuvre dans les tunnels.

2.1 Objectif du système

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

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

2.2 Topologie et géométrie des ouvrages

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

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

2.3 Contraintes

2.3.1 Contraintes de sécurité

➤ *Contraintes fonctionnelles*

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

- Détecter tout type de feu non compartimenté sur tout type de trains en mouvement,
- Déclencher instantanément une alarme au PCC lors d'une détection.

➤ *Sécurité des biens et des personnes*

- Les équipements et leurs attaches placés en tunnel devront résister à des températures de 1100°C,

- Les équipements de prélèvement devront être anti-déflagrants et incombustibles. Ceux d'analyses, uniquement anti-déflagrants,
- Tous les câbles électriques et tuyaux, posés en tunnel pour la détection incendie, ne devront pas contenir:
 - Halogènes,
 - Propagateur d'incendie,
 - Emetteurs de fumées toxiques.

2.3.2 Contraintes d'environnement

- La caténaire produira un champ électromagnétique important. Celui-ci ne devra pas être perturbé par un équipement rayonnant dans une zone égale à un disque de rayon 32 cm autour de l'axe de la caténaire,
- La construction des tunnels produira de la poussière de béton. La quantité sera importante au départ et négligeable après une année d'exploitation,
- L'usure de la caténaire se traduira par la présence de poussières de cuivre. Celle des rails provoquera des poussières d'acier. Les quantités seront importantes, tout au long de l'exploitation,
- La variation de pression due au passage du train sera de l'ordre de 10 kPa,
- La roche est naturellement chaude entre 30 et 40°C,
- Hygrométrie inconnue,
- Les vibrations engendrées par le passage du train seront importantes,
- En tête de tunnel, les conditions d'environnement sont celles d'une vallée alpine à 600 m d'altitude (humidité, brouillard, vent, précipitation, etc.).

2.4 Performances

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

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

2.4.1 Détection de fumée

➤ *Généralités*

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

➤ *Précision de la mesure*

- Détecter des particules de fumée d'une taille inférieure à 3 µm et au moins égale à 0,3 µm,

- Détecter de la fumée produite par un feu de 0,5 MW se déplaçant à une vitesse de 160 km/h,
- Détecter des concentrations de fumée inférieures à 300 ppm.
- *Exploitation*
 - Déclencher au PCC une alarme dès que la concentration des particules de fumée sera supérieure à 300 ppm,
 - Déclencher une alarme au plus tard 1 min après le passage du point en feu.
- *Maintenance*
 - Préventive :
Le temps entre deux maintenances préventives ne saura être inférieur à 8 semaines.
 - 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 1000 alarmes générées.
- *Disponibilité*

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

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

2.4.2 Détection de flamme

- *Généralités*

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

Détecter l'apparition d'une flamme de 5 cm de hauteur et se déplaçant à une vitesse de 160 km/h.
- *Exploitation*

Déclencher au PCC une alarme 15 s après le passage d'un train devant un détecteur de flammes.
- *Maintenance*
 - Préventive :
Le temps entre deux maintenances préventives ne saura être inférieur à 3 mois.
 - 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 1000 alarmes générées.

➤ *Disponibilité*

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

2.4.3 Détection linéaire de chaleur

➤ *Généralités*

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

➤ *Précision de la mesure*

- Avoir une précision pour la localisation du point chaud de 12,5 m. Cette distance permet de discriminer un wagon,
- Détecter une évolution de température de 2 °C en 30 s,
- Détecter des feux immobiles de 0,5 MW.

➤ *Exploitation*

Par section de 1332 m, déclencher une alarme en moins de 1 min 30 après l'arrêt d'un train en feu.

➤ *Maintenance*

- Préventive :
Le temps entre deux maintenances préventives ne saura être inférieur à 3 mois.
- 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 1000 alarmes générées.

➤ *Disponibilité*

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

2.4.4 Contraintes d'exploitation et de maintenance

➤ *Exploitation*

- La vitesse des trains de fret et d'autoroute ferroviaire sera comprise entre 100 et 160 Km/h,
- La vitesse des trains à grande vitesse sera de 220 km/h,
- Un sens de circulation sera affecté par voie mais occasionnellement, les voies pourront être utilisées dans les deux sens,
- Le pantographe générera des arcs électriques,
- 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,

- Le tunnel sera nettoyé régulièrement à l'eau.
- *Maintenance*
 - 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.

2.4.5 Contraintes de réalisation

L'emplacement disponible pour implanter les équipements de détection incendie dans les tubes sera contraint par l'ensemble des autres équipements préconisés par les différents systèmes (C2B-TS3-0058-Plan en section courante).

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

2.4.6 Contraintes d'évolutivité

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

2.5 Architecture du système et installation

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

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

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

2.5.1 Architecture générale

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

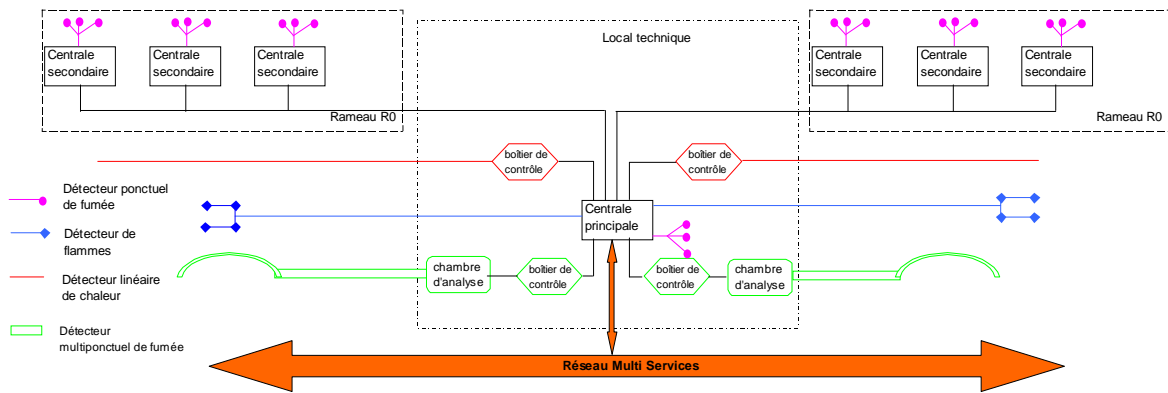


Figura 1 : Architecture centrale détection incendie

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

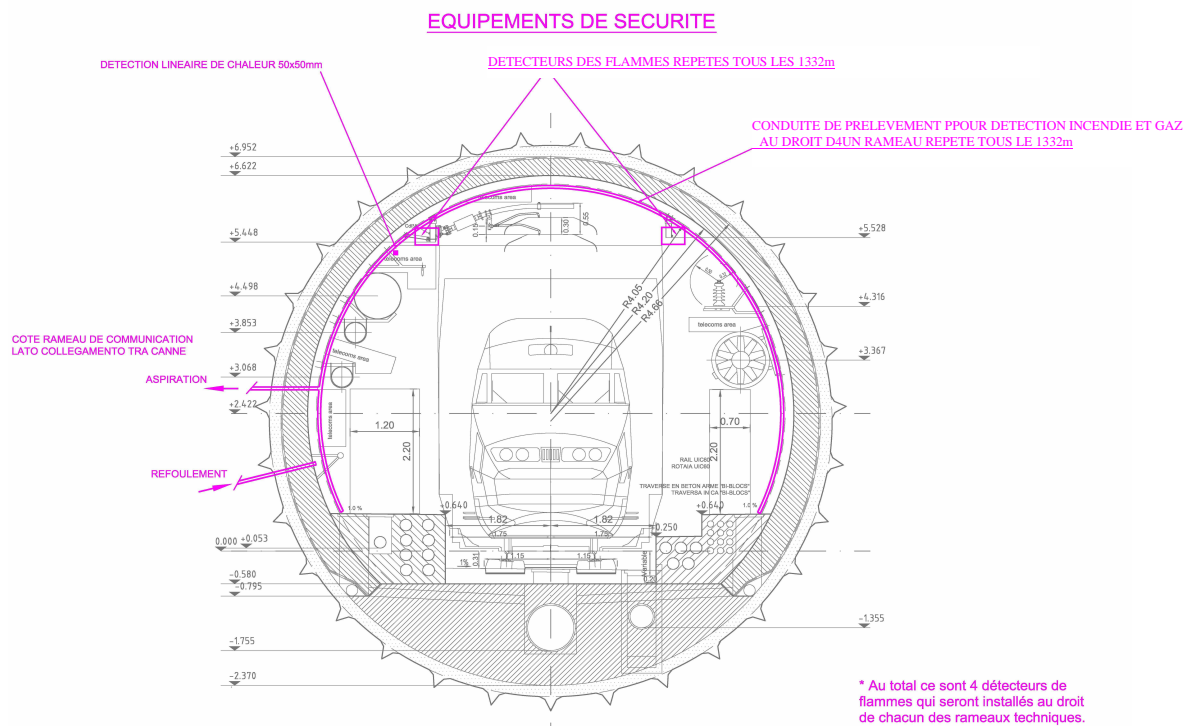


Figura 2 : Coupe type en tunnel pour la détection incendie et gaz

2.5.2 Capteurs

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

La description de l'architecture est basée sur des capteurs existants dont les performances ont été tirées vers le haut

➤ *Détection de fumée*

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

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

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

▪ *Le prélèvement de fumée*

Le système sera composé d'un tube de prélèvement positionné le long de la voûte du tunnel au droit des rameaux techniques. Celui-ci aura une longueur de 17 m et s'étendra du trottoir gauche au trottoir droit. Il sera percé maximum tous les 1.5 m d'un orifice compris entre 2 et 5 mm de diamètre permettant de capter le mélange gazeux présent en tunnel. Le diamètre du réseau d'aspiration sera inférieur à 38 mm.

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

Tout ceci est illustré sur la figure suivante :

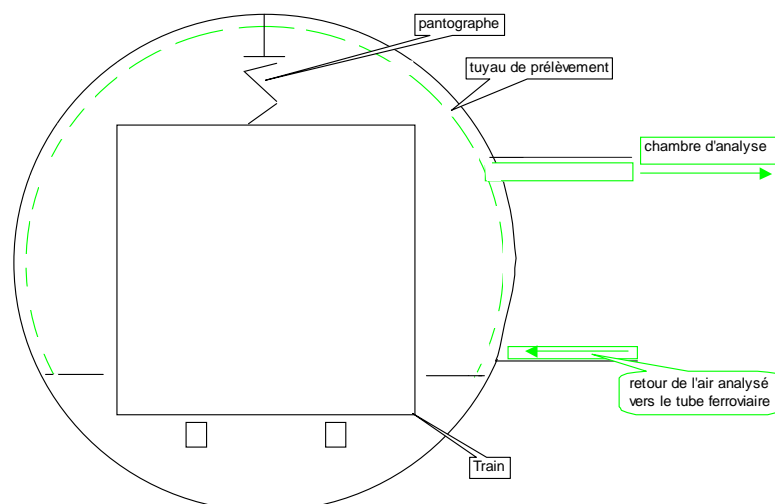


Figura 3 Principe détecteur multiponctuel dans un tube pour la détection

Par ailleurs, Le réseau de prélèvement traversant la zone d'influence caténaire, il devra être composé de matériaux insensibles au champ électromagnétique produit par la caténaire et n'influençant pas celui-ci. Enfin, compte tenu des matières dangereuses admises à circuler, le réseau de prélèvement sera impérativement anti-déflagrant.

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

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

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

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

- *La chambre d'analyse*

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

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

Afin de garantir son fonctionnement, le système devra être capable d'une part d'analyser le taux d'encrassement du filtre, et d'autre part, de détecter une défaillance du laser. Par ailleurs, au vu des matières dangereuses admises dans le tunnel et pouvant être transportées par le réseau de prélèvement, la chambre

d'analyse sera antidéflagrante. Il y aura autant de chambres d'analyse que de réseaux de prélèvement.

▪ *La restitution des échantillons prélevés dans le tube*

Le système de détection de fumée étant le premier système de sécurité positionné à la sortie du réseau de prélèvement, les gaz retournés par celui-ci seront conduits aux autres systèmes. Ceux-ci se chargeront de l'acheminement des gaz analysés vers le tube où ils ont été prélevés. La canalisation de retour des échantillons est présentée sur la figure 1.

➤ *Détection de flamme*

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

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

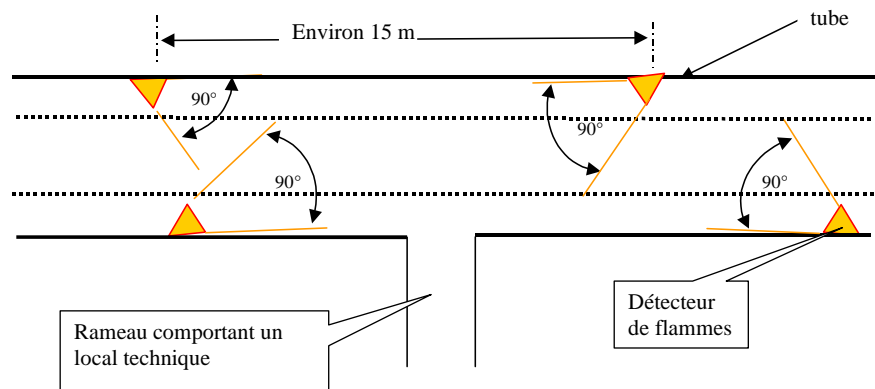


Figura 4 *Implantation des détecteurs de flammes détection*

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

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

➤ *Détection linéaire de chaleur*

La détection linéaire de chaleur sera assurée par un câble quittant le rameau de communication suivant le même cheminement que celui emprunté par la jonction

entre le réseau de prélèvement de la détection de fumée et la chambre d'analyse. Celui-ci parcourt ensuite le tube ferroviaire en direction du rameau technique suivant à une hauteur d'environ 4,60 m par rapport au trottoir. Il s'arrête à l'endroit où sortira le câble qui assurera la détection linéaire sur la section suivante.

Au sein de chaque local technique le câble sera relié à un boîtier de commande qui le pilote. Ce dernier devra pouvoir piloter de façon autonome deux câbles, afin d'avoir un module commun aux deux tubes du tunnel. Ce boîtier sera relié à la centrale incendie.

Une console d'interface entre le boîtier et la centrale sera à prévoir afin d'être conforme aux normes EN 54.

La détection linéaire de chaleur couvrira également les voies d'évitement.

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

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

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

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

2.5.4 Centrales

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

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

- *Détecteurs placés dans les rameaux,*
- *Détecteurs placés dans les locaux techniques,*
- *Boîtier de contrôle de la détection linéaire de chaleur,*

- *Boîtiers de contrôle des détecteurs multiponctuels de fumée,*
- *Détecteurs de flammes,*
- *Détecteurs de réserve.*

Soit une quarantaine de capteurs.

Pour les détecteurs situés en rameaux R0, le contrôle commande local sera délégué à une centrale « deux zones » placée dans ces rameaux. Celle-ci sera adressée et interfacée avec la centrale principale située dans le local technique d'un rameau R1 ou R2.

De plus, seule la centrale dite principale, placée en rameau de type R1 sera reliée au réseau de télétransmission. Le réseau de terrain incendie sera donc un réseau distinct de celui de la GTC.

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

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

2.5.5 Interfaces

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

- *Alimentation électrique*

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

- *Systèmes échangeant avec le système de supervision*

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

- *Interface avec la détection de gaz*

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

- *Interface avec la détection incendie en local*

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

3. DETECTION INCENDIE DANS LES LOCAUX

Les incendies étant une des premières causes de destruction, il est nécessaire de repérer les départs afin de minimiser les dégâts humains et matériels. De par le nombre important d'équipements dans les locaux, ceux-ci sont des lieux potentiels de départs d'incendie.

La détection incendie, qui comprend la détection de fumée et de chaleur vient compléter les équipements de sécurité mis en œuvre dans les locaux.

3.1 Objectif du système

L'objectif du système, dans les locaux liés à la création de la ligne nouvelle, est de détecter, au plus tôt, les signes d'un incendie afin :

- D'isoler le lieu de l'incendie,
- De déclencher une intervention.

3.2 Topologie et géométrie des ouvrages

Les ouvrages d'art ayant un impact sur le système de détection incendie dans les locaux sont :

- Les caractéristiques des rameaux et des locaux qui y sont rattachés,
- Les caractéristiques des pieds de descenderie et des zones d'accès secours,
- Les caractéristiques des stations de sécurité,
- Les caractéristiques des autres locaux présents dans les tunnels.

3.3 Contraintes

3.3.1 Contraintes de sécurité

➤ *Contraintes fonctionnelles*

L'étude relative aux études fonctionnelles de sécurité, stipule pour la détection incendie en local de :

- Détecter tout type de feu compartimenté dans un local du tunnel,
- Déclencher instantanément une alarme au PCC lors d'une détection.

➤ *Sécurité des biens et des personnes*

- Avoir une confirmation de la détection incendie par local situé en tunnel,
- Contenir l'incendie dans le local où il a pris,
- Les équipements de prélèvement devront être anti-déflagrants et non inflammables,
- Tous les câbles électriques, amenés à circuler en tunnel pour la détection incendie, devront ne pas contenir de matériaux :

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

3.3.2 Contraintes d'environnement

- Pour les locaux situés à l'intérieur du tunnel, la roche sera naturellement chaude entre 30 et 40 °C et l'hygrométrie inconnue,
- Les salles serveurs seront des salles avec très peu de poussières,

3.3.3 Contraintes d'exploitation et de maintenance

➤ *Exploitation*

Le matériel entreposé variera d'un local sur l'autre.

➤ *Maintenance*

- 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.

3.3.4 Contraintes de réalisation

En tunnel, l'emplacement disponible pour implanter les équipements de détection dans les locaux techniques, ainsi que celui pour les équipements de traitement de la détection incendie sera contraint par la place disponible dans ces locaux.

Dans toutes les salles, l'emplacement des détecteurs d'incendie sera contraint par les caractéristiques des équipements installés dans cette salle et par les flux d'airs créés par la ventilation.

3.3.5 Contraintes d'évolutivité

Compte tenu de la durée des travaux, les derniers équipements installés devront être compatibles et s'interfacer avec les premiers. De plus, les équipements qui n'étaient pas prévus dans la phase initiale et qui seront installés après la mise en service du tunnel devront être compatibles et pouvoir s'interfacer avec les équipements déjà mis en œuvre.

3.4 Performances

Après avoir regardé les différentes contraintes auxquelles est soumis le système de détection incendie en local, 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 locaux devra satisfaire à l'ensemble des contraintes énoncées précédemment.

➤ *Précision de la mesure*

- La détection de chaleur devra pouvoir mettre en évidence une évolution de température de 10 °C par minute sur deux minutes consécutives,
- En cas de détection de fumée, pour les locaux abritant des activités critiques liées à l'exploitation de l'ouvrage, détecter des particules d'une taille inférieure à 3 µm et au moins égales à 0,3 µm, ainsi que des concentrations en particules de fumée inférieures à 300 ppm. Pour les autres locaux, on recommandera de détecter des particules dont la taille est comprise entre 3 et 0,5 µm ainsi que des concentrations en particules de fumée inférieures à 300 ppm.

➤ *Exploitation*

- Pour les détecteurs de fumée placés au plafond et à moins de 3 mètres de hauteur :
 - Dans les locaux abritant des activités critiques liées à l'exploitation de l'ouvrage, déclencher une alarme 15 s maximum après le début de l'incendie,
 - Pour les autres locaux le temps de détection maximal devra être de 40 s.

Ces temps seront évalués en prenant les feux tests définis lors de la mise en service de l'ouvrage par un organisme européen compétant.

- Pour les détecteurs de chaleur, le système déclenchera en moins de 3 minutes après le début de foyer.

➤ *Maintenance*

- Préventive :

Le temps entre deux maintenances préventives ne saura être inférieur à 3 mois.
- 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, le système devra produire au maximum une fausse alarme toutes les 10 000 alarmes générées.

➤ *Disponibilité*

La détection incendie dans les locaux devra avoir une disponibilité de 99,9 %.

3.5 architecture du système et installation

3.5.1 Capteurs

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

Compte tenu du nombre de locaux présents sur la zone LTF, pour une hauteur de plafond inférieure à 7 m, ceux-ci ont été divisés en neuf catégories, comme le montre le tableau 1. On considérera le cas avec une hauteur de plafond supérieure à 7 m comme la dixième catégorie et les faux plafonds comme la onzième. Pour effectuer ce découpage, nous nous sommes inspirés du tableau des facteurs de risques de la règle 7 de l'APSA.

Chaque catégorie de locaux sera ensuite reprise individuellement.

catégorie	Lieux	Contenu du local
1	PCC	Locaux où l'extinction par gaz inerte est obligatoire
2	PCC	Lieux d'entreposage et salles de câbles
3	PCC	Bureaux et autres locaux
4	Tunnel	Locaux avec équipements de transformation électrique
5	Tunnel	Locaux avec au choix équipements télécom ou GTC ou signalisation ou ventilation ou centrale équipements de sécurité
6	Tunnel	Autres locaux
7	Extérieur	Locaux avec équipements de transformation électrique
8	Extérieur	Locaux avec au choix équipements télécom ou GTC ou signalisation ou ventilation ou centrale équipements de sécurité
9	Extérieur	Autres locaux
10		Hauteur de plafond supérieure à 7 m
11		Faux plafonds

Tabella 3 *Catégories de locaux*

➤ *Catégorie 1 : Locaux où l'extinction par gaz inerte est obligatoire*

Dans cette catégorie, on considère les locaux du PCC où l'extinction par gaz inerte est obligatoire et où la hauteur de plafond est inférieure à 7 m. Ceux-ci sont le lieu d'activités critiques pour l'exploitation de la zone internationale.

Au vu de ceci et afin de diminuer les conséquences d'un incendie sur les équipements présents dans ces salles, nous préconisons une détection précoce à l'aide d'un détecteur optique de fumée à très haute sensibilité. Nous avons retenu une surface

maximale de 60 m², et un coefficient critique de 0,3 ce qui conduit à une surface à surveiller par détecteur de 18 m².

Il appartiendra à l'installateur de déterminer en fonction de la surface de chaque pièce le nombre de détecteurs à positionner, sachant qu'il est au minimum obligatoire d'avoir un détecteur par local. Pour ce type de locaux, aucune confirmation d'alarme ne sera exigée. Le choix de l'utilisation d'un détecteur ponctuel ou multiponctuel sera laissé à l'installateur.

Enfin, à l'extérieur de chaque salle, il sera nécessaire de positionner un indicateur d'action².

➤ *Catégorie 2 : Lieux d'entreposage et salles de câbles*

Dans cette catégorie, on considère les locaux du PCC servant à l'entreposage, y compris les salles de câbles et où la hauteur de plafond est inférieure à 7 m. Ceux-ci présentent de par la diversité et la quantité du matériel un risque d'incendie assez important.

Afin de diminuer les conséquences d'un incendie sur les équipements présents dans ces salles, nous préconisons une détection à l'aide d'un détecteur optique de fumée ponctuel. Nous avons retenu une surface maximale de 60 m², et un coefficient critique de 0,6 ce qui conduit à une surface à surveiller par détecteur optique de 36 m².

Il appartiendra à l'installateur de déterminer en fonction de la surface de chaque pièce le nombre de détecteurs à positionner, sachant qu'il est au minimum obligatoire d'avoir un détecteur par local. Pour ce type de locaux, aucune confirmation d'alarme ne sera exigée.

Enfin, à l'extérieur de chaque salle, il sera nécessaire de positionner un indicateur d'action.

➤ *Catégorie 3 : Bureaux et autres locaux*

Dans cette catégorie, on considère les bureaux et autres locaux du PCC où la hauteur de plafond est inférieure à 7 m. Ceux-ci ne présentent pas un risque d'incendie important.

Nous préconisons une détection à l'aide d'un détecteur optique de fumée ponctuel. Nous avons retenu une surface maximale de 60 m², et un coefficient critique de 1 ce qui conduit à une surface à surveiller par détecteur optique de 60 m².

Il appartiendra à l'installateur de déterminer en fonction de la surface de chaque pièce le nombre exact de détecteurs à positionner, sachant qu'il est au minimum obligatoire d'avoir un détecteur par local. Pour ce type de locaux, aucune confirmation d'alarme ne sera exigée.

Enfin, à l'extérieur de chaque salle, il sera nécessaire de positionner un indicateur d'action.

² Voyant situé à l'extérieur d'un local et indiquant la présence d'un incident dans celui-ci.

➤ *Catégorie 4 : Locaux avec équipements de transformation électrique (en tunnel)*

Dans cette catégorie, on considère les locaux du tunnel abritant des équipements pour la transformation électrique et où la hauteur de plafond est inférieure à 7 m. Ceux-ci accueillent des équipements ayant trait à la sécurité de l'ouvrage et pouvant s'échauffer.

Au vu de ceci et afin de diminuer les conséquences d'un incendie sur les équipements présents dans ces salles, nous préconisons une détection double à l'aide d'un détecteur optique de fumée ponctuel et d'un détecteur de chaleur thermovélocimétrique. Nous avons retenu une surface maximale de 60 m², et un coefficient critique de 0,4 ce qui conduit à une surface à surveiller par détecteur de fumée de 24 m² et par détecteur de chaleur de 12 m². Le choix du coefficient a été posé en prenant en compte l'implantation géographique du local.

Il appartiendra à l'installateur de déterminer en fonction de la surface de chaque pièce le nombre exact de détecteurs à positionner, sachant qu'il est au minimum obligatoire d'avoir un détecteur de chaque type par local. De plus, il est important de préciser qu'il n'y a pas une alternance des détecteurs de fumée et de chaleur, mais que les deux critères de surface doivent être respectés (on aura donc deux fois plus de détecteurs de chaleur que de fumée dans une même pièce).

Enfin, à l'extérieur de chaque salle, il sera nécessaire de positionner un indicateur d'action.

Par ailleurs, afin de diminuer la longueur des câbles basse tension par deux, pour les détecteurs positionnés dans les rameaux ou dans les locaux attenants à ceux-ci, l'emploi de détecteurs conventionnels, c'est à dire non adressables est préconisé.

➤ *Catégorie 5 : Locaux avec au choix équipements télécom ou GTC ou signalisation ou ventilation ou centrale équipements de sécurité (en tunnel)*

Dans cette catégorie, on considère les locaux du tunnel abritant au moins soit les équipements de télécommunication, soit ceux de la GTC, soit ceux de la signalisation, soit ceux de ventilation soit une centrale d'équipements de sécurité et où la hauteur de plafond est inférieure à 7 m. Ceux-ci sont le lieu d'activités critiques pour l'exploitation de la zone internationale.

Au vu de ceci et afin de diminuer les conséquences d'un incendie sur les équipements présents dans ces salles, nous préconisons une détection précoce à l'aide d'un détecteur optique de fumée à très haute sensibilité. Nous avons retenu une surface maximale de 60 m², et un coefficient critique de 0,2 ce qui conduit à une surface à surveiller par détecteur de 12 m². Le choix du coefficient a été posé en prenant en compte l'implantation géographique du local.

Il appartiendra à l'installateur de déterminer en fonction de la surface de chaque pièce le nombre exact de détecteurs à positionner, sachant qu'il est au minimum obligatoire d'avoir un détecteur par local. Le choix de l'utilisation d'un détecteur ponctuel ou multiponctuel sera laissé à l'installateur. Pour assurer la confirmation de l'alarme, si le choix d'un détecteur ponctuel a été retenu, il sera nécessaire d'avoir au minimum deux détecteurs optiques de fumée par local.

Enfin, à l'extérieur de chaque salle, il sera nécessaire de positionner un indicateur d'action.

Par ailleurs, afin de diminuer la longueur des câbles basse tension par deux, pour les détecteurs positionnés dans les rameaux ou dans les locaux attenants à ceux-ci, l'emploi de détecteurs conventionnels, c'est à dire non adressables est préconisé.

➤ *Catégorie 6 : Autres locaux (en tunnel)*

Dans cette catégorie, on considère les autres locaux du tunnel où la hauteur de plafond est inférieure à 7 m. Ceux-ci ne présentent pas un risque d'incendie important.

Au vu de ceci, nous préconisons une détection à l'aide d'un détecteur optique de fumée ponctuel. Nous avons retenu une surface maximale de 60 m², et un coefficient critique de 0,8 ce qui conduit à une surface à surveiller par détecteur optique de 48 m². Le choix du coefficient a été posé en prenant en compte l'implantation géographique du local.

Il appartiendra à l'installateur de déterminer en fonction de la surface de chaque pièce le nombre exact de détecteurs à positionner, sachant qu'il est au minimum obligatoire d'avoir deux détecteurs par local, afin d'assurer la confirmation de l'alarme.

Enfin, à l'extérieur de chaque salle, il sera nécessaire de positionner un indicateur d'action.

Par ailleurs, afin de diminuer la longueur des câbles basse tension par deux, pour les détecteurs positionnés dans les rameaux ou dans les locaux attenants à ceux-ci, l'emploi de détecteurs conventionnels, c'est à dire non adressables est préconisé.

➤ *Catégorie 7 : Locaux avec équipements de transformation électrique (à l'extérieur)*

Dans cette catégorie, on considère les locaux du tunnel abritant des équipements pour la transformation électrique et où la hauteur de plafond est inférieure à 7 m. Ceux-ci accueillent des équipements ayant traits à la sécurité de l'ouvrage et pouvant s'échauffer.

Au vu de ceci et afin de diminuer les conséquences d'un incendie sur les équipements présents dans ces salles, nous préconisons une détection double à l'aide d'un détecteur optique de fumée ponctuel et d'un détecteur de chaleur thermovélocimétrique. Nous avons retenu une surface maximale de 60 m², et un coefficient critique de 0,6 ce qui conduit à une surface à surveiller par détecteur optique de 36 m² et par détecteur de chaleur de 18 m².

Il appartiendra à l'installateur de déterminer en fonction de la surface de chaque pièce le nombre exact de détecteurs à positionner, sachant qu'il est au minimum obligatoire d'avoir un détecteur de chaque type par local. De plus, il est important de préciser qu'il n'y a pas une alternance des détecteurs de fumée et de chaleur, mais que les deux critères de surface doivent être respectés (on aura donc deux fois plus de détecteurs de chaleur que de fumée dans une même pièce).

Enfin, à l'extérieur de chaque salle, il sera nécessaire de positionner un indicateur d'action.

➤ *Catégorie 8 : Locaux avec au choix équipements télécom ou GTC ou signalisation ou ventilation ou centrale équipements de sécurité (à l'extérieur)*

Dans cette catégorie, on considère les locaux du tunnel abritant au moins soit les équipements de télécommunication, soit ceux de la GTC, soit ceux de la signalisation, soit ceux de ventilation soit une centrale d'équipements de sécurité et où la hauteur de plafond est inférieure à 7 m. Ceux-ci sont le lieu d'activités critiques pour l'exploitation de la zone internationale.

Au vu de ceci et afin de diminuer les conséquences d'un incendie sur les équipements présents dans ces salles, nous préconisons une détection précoce à l'aide d'un détecteur optique de fumée à très haute sensibilité. Nous avons retenu une surface maximale de 60 m², et un coefficient critique de 0,3 ce qui conduit à une surface à surveiller par détecteur de 18 m².

Il appartiendra à l'installateur de déterminer en fonction de la surface de chaque pièce le nombre exact de détecteurs à positionner, sachant qu'il est au minimum obligatoire d'avoir un détecteur par local. Le choix de l'utilisation d'un détecteur ponctuel ou multiponctuel sera laissé à l'installateur. Pour ce type de locaux, aucune confirmation d'alarme ne sera exigée.

Enfin, à l'extérieur de chaque salle, il sera nécessaire de positionner un indicateur d'action.

➤ *Catégorie 9 : Autres locaux*

Dans cette catégorie, on considère les autres locaux situés à l'extérieur et où la hauteur de plafond est inférieure à 7 m. Ceux-ci ne présentent pas un risque d'incendie important.

Au vu de ceci, nous préconisons une détection à l'aide d'un détecteur optique de fumée ponctuel. Nous avons retenu une surface maximale de 60 m², et un coefficient critique de 1 ce qui conduit à une surface à surveiller par détecteur optique de 60 m².

Il appartiendra à l'installateur de déterminer en fonction de la surface de chaque pièce le nombre exact de détecteurs à positionner, sachant qu'il est au minimum obligatoire d'avoir un détecteur par local. Pour ce type de locaux, aucune confirmation d'alarme ne sera exigée.

Enfin, à l'extérieur de chaque salle, il sera nécessaire de positionner un indicateur d'action.

➤ *Catégorie 10 : Hauteur de plafond supérieure à 7 m*

Dans cette catégorie, on considère l'ensemble des locaux ayant une hauteur de plafond de plus de 7 m. Ceux-ci peuvent abriter ou non des équipements ayant traits à la sécurité de l'ouvrage.

Au vu de ceci et afin de diminuer les conséquences d'un incendie sur les équipements présents dans ces salles, nous préconisons une détection précoce à l'aide d'un détecteur optique de fumée à très haute sensibilité et multiponctuel. Nous avons retenu une surface maximale de 80 m², et un coefficient critique de 0,5 ce qui conduit à une surface à surveiller par détecteur de 40 m².

Il appartiendra à l'installateur de déterminer en fonction de la surface de chaque pièce le nombre exact de détecteurs à positionner, sachant qu'il est au minimum obligatoire

d'avoir un détecteur par local. La répartition des trous de prélèvement sera faite au cas par cas et en fonction des caractéristiques de chaque pièce.

Enfin, à l'extérieur de chaque salle, il sera nécessaire de positionner un indicateur d'action.

➤ *Catégorie 11 : Faux planchers*

Dans cette catégorie on ne considère que le volume entre le sol et les dalles des faux planchers pour les locaux qui en sont équipés et uniquement ceux dans lesquels sont présents des boîtes de jonction ou des coffrets. Cet espace est essentiellement amené à contenir des câbles électriques. Ces pièces peuvent abriter ou non des équipements ayant trait à la sécurité de l'ouvrage.

Au vu de ceci et afin de diminuer les conséquences d'un incendie sur les équipements présents dans ces salles, nous préconisons une détection précoce à l'aide de détecteurs optiques de fumée ponctuels si le faux plancher est ventilé et multiponctuels dans le cas contraire. Dans le cas où une ventilation serait utilisée les détecteurs seront placés dans le flux d'air, à raison d'un détecteur pour 10 m². Dans l'autre cas le réseau de prélèvement sera percé maximum tous les 150 cm.

Il appartiendra à l'installateur de déterminer en fonction de la surface de chaque pièce le nombre exact de détecteurs à positionner, sachant qu'il est au minimum obligatoire d'avoir un détecteur par local.

Enfin, à l'intérieur de chaque salle, il sera nécessaire de positionner un indicateur d'action par détecteur ponctuel au-dessus de celui-ci.

➤ *Synthèse*

Catégorie	Type de détecteur optique de fumée	Surface maximale de surveillance par détecteur de fumée en m ²	Type de détecteur de chaleur	Surface maximale de surveillance par détecteur de chaleur en m ²
1	Au choix	18		
2	Ponctuel	36		
3	Ponctuel	60		
4	Ponctuel	24	thermovélocimétrique	12
5	Au choix	12		
6	Ponctuel	48		
7	Ponctuel	36	thermovélocimétrique	18
8	Au choix	18		
9	Ponctuel	60		
10	Multiponctuel	40		
11	Au choix	10		

Tabella 4 *Tableau 1 : Synthèse répartition des détecteurs*

Enfin on imposera aux détecteurs installés d'être positionnés au plafond et d'avoir une demi-sphère de 1m de rayon, centrée sur le détecteur, et libre de tout obstacle. D'autres critères pourront être imposés par l'assureur final.

Il est à noter que les assureurs peuvent définir des coefficients critiques différents de ceux retenus dans le cadre de cette étude.

Il appartiendra donc à la maîtrise d'œuvre lors de la réalisation de vérifier auprès de l'assureur si des coefficients plus restrictifs doivent être pris en compte.

Si des coefficients plus petits sont donnés, il sera nécessaire de recalculer les surfaces de détection par détecteur.

Si dans un local, des équipements appartenant à deux catégories différentes sont présents, la règle d'installation qui prévaudra, sera la plus restrictive des deux.

- Interfaces internes à la détection incendie en local
 - Equipements reliés à la centrale incendie
Les capteurs reliés directement à la centrale le seront par l'intermédiaire d'un contact libre de tout potentiel.
 - Centrales à deux zones reliées à la centrale principale
Les centrales à deux zones seront adressées et communiqueront par l'intermédiaire d'un bus avec la centrale principale. Aucun protocole n'est imposé pour cette communication, il sera laissé au choix de l'installateur.

3.5.2 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 incendie est reliée d'une part à l'ensemble des capteurs, et d'autre part, au point de concentration du réseau de télétransmissions. L'ensemble des câbles posés de manière apparente en tunnel et qui assurent la transmission des informations entre ces différents éléments devra être CR1/C1 et répondre aux critères de la CIG sur les câbles, c'est à dire 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.

Les câbles assurant l'alimentation des différents organes (centrales, capteurs) seront contraints de la même façon que ceux dédiés à la transmission d'information.

3.5.3 Centrales

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

Comme nous l'avons fait pour les locaux, nous séparerons en trois catégories les centrales en fonction des locaux que celles-ci supervisent.

➤ *Catégorie 1 : Détecteurs en rameaux et détecteurs en local technique rattaché à ceux-ci.*

Les détecteurs situés dans les rameaux ou dans les locaux techniques attenants, seront connectés à la centrale incendie présente dans celui-ci. Dans le cas d'un rameau avec local technique, celle-ci est décrite dans le document relatif à la détection incendie en tunnel. On la qualifiera de centrale principale.

Pour les autres rameaux, les détecteurs seront raccordés à des centrales élémentaires à deux zones maximum. Celles-ci seront inter-connectées avec la centrale principale la plus proche. Ce découpage a été rendu nécessaire par des problèmes de longueur importante de câbles basse tension entre les détecteurs les plus éloignés et la centrale.

Cette centrale principale assurera la supervision, d'une part, des équipements de détection en tunnel, à savoir la détection linéaire de chaleur, la détection de fumée et la détection de flammes, et d'autre part, les équipements de détection en rameaux et en locaux techniques, par l'intermédiaire de petites centrales locales.

➤ *Catégorie 2 : Détecteurs en bâtiment hors tunnel*

Les détecteurs situés dans un même bâtiment hors du tunnel seront tous reliés à une seule centrale située près de l'entrée dans un local facilement accessible aux services de secours. La centrale devra pouvoir retourner des alarmes, aussi bien techniques qu'incident, au PCC par l'intermédiaire du réseau de télétransmissions.

Enfin l'ensemble centrale détecteurs devra avoir une homologation CE.

➤ *Catégorie 3 : Détecteurs dans un local dans le tunnel*

L'ensemble des détecteurs placés dans des locaux situés en tunnel sera connecté à la centrale la plus proche située au pied de chaque descenderie, dans un local facilement accessible par les secours. La centrale devra pouvoir retourner au PCC des alarmes, aussi bien techniques qu'incident par l'intermédiaire du réseau de télétransmissions.

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

3.5.4 Interfaces

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

➤ *Alimentation électrique*

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

➤ *Systèmes échangeant avec le système de supervision*

La centrale incendie ne pourra pas recevoir de commandes depuis la part de la GTC, elle sera raccordée au point de concentration du réseau de télétransmissions le plus proche.

Le protocole de communication et les interfaces seront définis dans les études sur le PCC et celles sur les réseaux de communication.

➤ *Interface avec la détection incendie en tunnel*

Les détecteurs d'incendie situés dans les rameaux techniques seront raccordés à la centrale principale fournie par la détection incendie en tube ferroviaire. De même les centrales secondaires situées dans les rameaux de type R0 seront, elles aussi, raccordées à la centrale principale. Pour ces deux types d'équipements, les raccords à la centrale principale seront effectués par la détection en tubes ferroviaires.

4. DETECTION TERMOGRAPHIQUE

En transportant les camions par rail, les risques d'échauffements sont au moins identiques à ceux répertoriés par les sociétés d'exploitation d'autoroutes. Ces points chauds peuvent se transformer en incendie entre le chargement des camions et l'entrée du train dans le tunnel.

Les portiques thermographiques viennent compléter les équipements de sécurité mis en œuvre en amont des tunnels. L'étude concerne ici la détection de points anormalement chauds sur le matériel roulant.

Ce type d'équipement n'existe qu'à l'état de prototype, nous essayerons de le définir à partir de technologies existantes sans pouvoir nous baser sur le retour d'expérience d'un système.

4.1 Objectif du système

L'objectif du système sera de détecter, suffisamment tôt, tout point anormalement chaud sur le matériel roulant afin de pouvoir arrêter le convoi avant son entrée dans les tunnels.

4.2 Topologie et géométrie des ouvrages

Les ouvrages ayant un impact sur les portiques thermographiques seront :

- L'implantation des voies des lignes historiques et nouvelles au niveau des lieux d'installation,
- Les accès possibles des lignes historique et nouvelle à la zone LTF,
- Les ouvrages de Génie Civil (tunnels) présents sur les voies en dehors des tunnels principaux.

4.3 Contraintes

4.3.1 Contraintes de sécurité

➤ *Contraintes fonctionnelles*

L'étude relative aux études fonctionnelles de sécurité, stipule pour les portiques thermographiques, une détection avant l'entrée des tunnels.

➤ *Sécurité des biens et des personnes*

Une flamme sera considérée comme un point chaud.

4.3.2 Contraintes d'environnement

- De chaque côté des tunnels, les contraintes d'environnement seront celles d'une vallée alpine à une altitude de 600 m,
- Les vibrations engendrées par le passage du train seront importantes,
- Les influences externes.

4.3.3 Contraintes d'exploitation et de maintenance

➤ *Exploitation*

- Les vitesses des trains de fret et d'autoroute ferroviaire seront comprises entre 100 et 160 km/h,
- La vitesse des trains à grande vitesse sera de 220 km/h,
- Un sens de circulation est affecté par voie mais occasionnellement, les voies pourront être utilisées dans les deux sens,
- Le pantographe générera des arcs électriques,
- 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,
- Les trains auront besoin au maximum de 3400 m pour s'arrêter,
- Les camions pouvant être stockés en plein air, certaines parties peuvent capter différemment la chaleur, en fonction de leur couleur et du matériau les constituant, provoquant ainsi des impressions d'échauffement local.

➤ *Maintenance*

- 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.

4.3.4 Contraintes d'installation

- Les rails seront posés sur ballast. Il est à noter que celui-ci s'affaisse avec le temps et le passage des trains.
- Les portiques de détection de points chauds par thermographie devront être installés sur les 2 voies. Afin que le système puisse être opérant sur chaque train même lors du croisement de deux trains, l'entraxe, c'est à dire la distance entre les deux voies, est une contrainte pour notre système.
- Le comportement des trains diffère lors de la prise d'un virage, ou plus généralement d'un dévers de la voie, à cause de différents paramètres tels que la vitesse de passage, l'état des suspensions, la dissymétrie du train ou de son chargement. La mesure sur le gabarit ne pourra pas s'adapter à tous ces paramètres. Le système sera donc contraint par les dévers et déclivités présents sur le projet.
- Les portails thermographiques seront installés côté France en territoire RFF et côté Italie en territoire RFI

4.3.5 Contraintes d'évolutivité

- Le phasage des travaux au niveau de la gare de St-Jean de Maurienne ne devra pas influencer les technologies mises en œuvre sur les portiques installés lors des différentes phases,
- Les nouveaux équipements installés, pour tenir compte de l'évolutivité, après la mise en service du tunnel devront pouvoir s'interfacer avec les équipements déjà mis en œuvre,
- Le système de traitement mis en œuvre devra être dimensionné pour le nombre final de portiques installés de chaque côté de la frontière.

4.4 Performances

Après avoir regardé les différentes contraintes auxquelles sont soumis les portiques thermographiques, 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 maintenance, de fiabilité et de disponibilité

➤ Généralités

Le système de détection de point chaud par portiques thermographiques devra satisfaire à l'ensemble des contraintes énoncées précédemment.

➤ Précision de la mesure

- Le système ne sera dimensionné pour détecter les points chauds que sur les trains de fret et d'autoroute ferroviaire,
- Le système devra pouvoir détecter des points chauds allant de 50 kW à 50 MW,
- Le système devra pouvoir détecter une flamme (considérée comme un point chaud) avec les mêmes performances que celles exigées pour le détecteur de flammes en tube ferroviaire, à savoir, détecter l'apparition d'une flamme de 5 cm de hauteur et se déplaçant à une vitesse de 160 km/h,
- Le système devra pouvoir détecter un point chaud sur l'ensemble de la circonférence du train,
- Le système devra être capable de déterminer si un point chaud est normal ou pas en fonction de son emplacement sur le convoi (par exemple motrice, turbo de refroidissement des camions frigorifiques),
- Le système devra pouvoir être sensible à des variations de température de 1 K.

➤ Exploitation

Le système devra déclencher une alarme au plus tard 1 min 30 après qu'un point chaud est été détecté par le portique

➤ *Maintenance*

- Préventive :
Le temps entre deux maintenances préventives ne saura être inférieur à 3 mois.
- 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,
- Le système devra être insensible à la chaleur dégagée par des bâches de camions restées au soleil.
-

➤ *Disponibilité*

- Les équipements du portique situés sur la ligne nouvelle seront au plus indisponibles 4h la nuit tous les deux jours. Les équipements du portique situés sur la ligne historique seront au plus indisponibles 2h par jour tous les jours,
- Afin d'assurer la disponibilité du système, les équipements seront redondés,
- Le système devra pouvoir basculer automatiquement d'une série d'équipements sur la seconde en cas de défaillance de la première.

4.5 Architecture du système et installation

4.5.1 Architecture générale

La figure suivante présente l'architecture du portique thermographique.

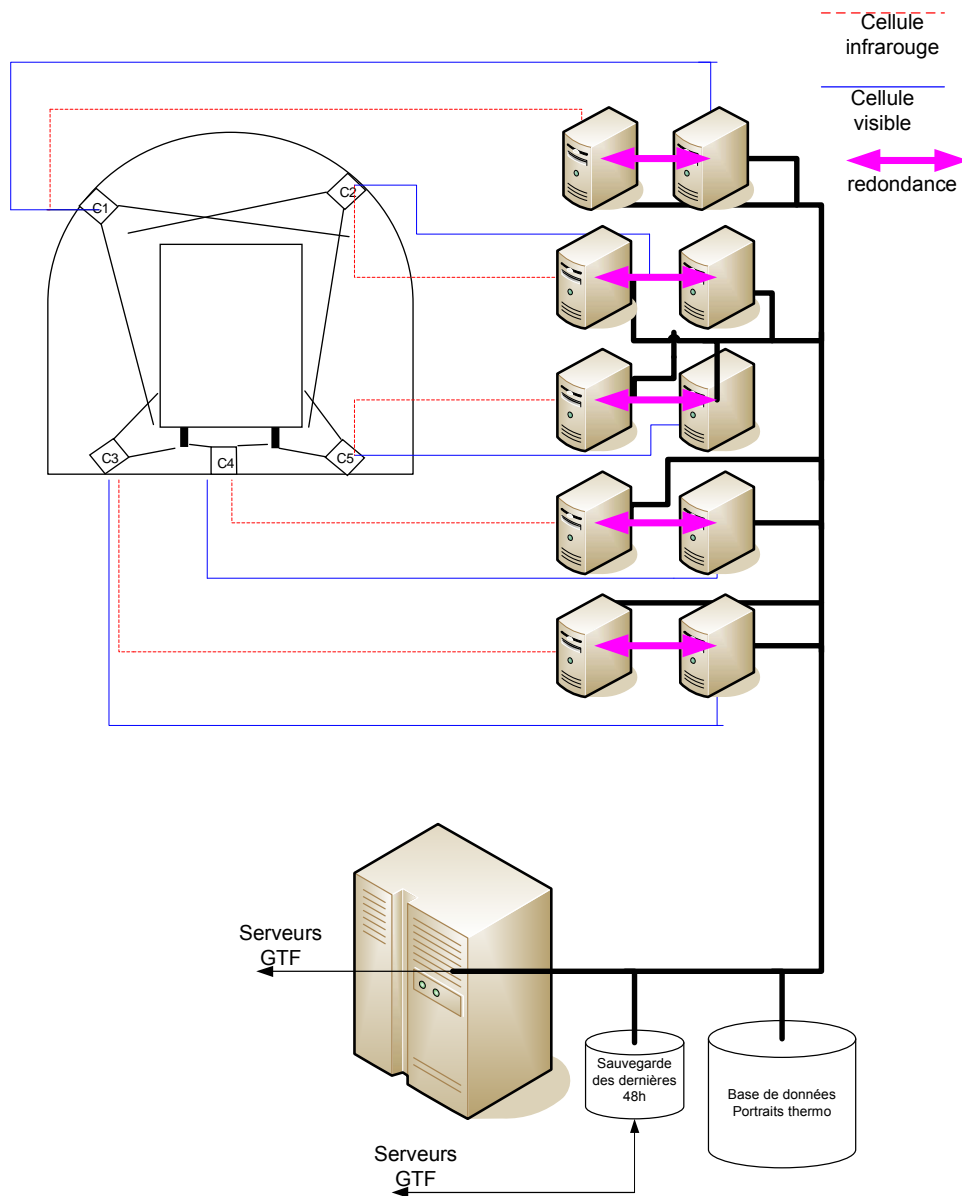


Figura 5 : Architecture générale par portique

4.5.2 Capteurs

Pour les portiques thermographiques, nous commençons par présenter l'architecture des différents capteurs à installer.

Le portique sera composé de cinq capteurs répartis sur la circonférence du train et disposés comme l'indique la figure suivante. Ceci permettra de voir le train dans son ensemble. Ces capteurs seront chacun composés de cellules élémentaires sensibles dans le domaine du visible et d'autres dans le domaine de l'infrarouge. Celles sensibles dans l'infrarouge devront pouvoir effectuer des relevés de température. Afin de faciliter l'acquisition de données par les cellules sensibles dans le visible, des rangées de LED, éclairant dans le proche infrarouge (100 lm/W), seront placées dans les montants du portique dont le périmètre est estimé à 35m. Les rangées seront composées de 5 LED lorsque les détections de points chauds et de gabarit sont installées sur le même portique et de 10 LED dans le cas contraire. Les rangées seront distantes de 50cm.

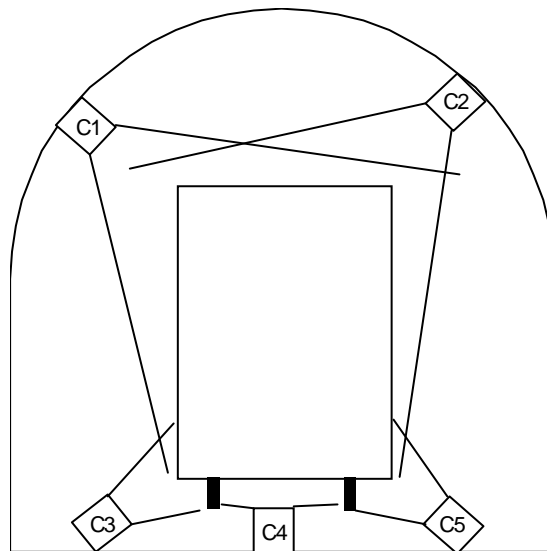


Figura 6 : Principe d'implantation des capteurs

Le nombre de cellules élémentaires est déterminé en tenant compte de la surface à surveiller, de la résolution demandée, du nombre de pixels de chaque cellule, de la fréquence d'acquisition et de la vitesse maximale des trains.

Le système devant être dimensionné dans le cas le plus défavorable, on considèrera une vitesse des trains de 160 km/h soit 44 m/s. En considérant que chaque capteur doit pouvoir voir sur une largeur de train de 50 cm, si on souhaite voir l'ensemble du train, la cellule doit pouvoir acquérir 88 images à la seconde. En prenant une fréquence d'acquisition de 90 Hz, on s'assurera une zone de recouvrement, permettant de garantir une vision complète du train. S'il est impossible d'avoir des cellules ayant une fréquence de 90 Hz, on regardera pour dédoubler le système.

Différents gabarits de train seront amenés à être inspectés par le portique. Les hauteurs sont comprises entre 4 m et 5,5 m et les largeurs varient de 2,8 m à 3,9 m. Celui-ci devra donc

pouvoir avoir une image nette et suffisamment précise pour ces différents types de trains. Lors de la réalisation, si les capteurs ne permettent pas une aussi grande plage de netteté, on envisagera l'emploi de deux jeux de capteurs.

La communication du capteur vidéo vers le système de traitement et réciproquement se fera via une interface vidéo numérique. On pourra envisager ici l'utilisation d'une fibre dédiée.

Le positionnement exact des capteurs sur le portique sera fonction des focales retenues par l'installateur.

Compte tenu de la proximité des cellules par rapport à la caténaire, une protection contre le champ électromagnétique rayonné par celle-ci sera à prévoir de façon certaine pour les cellules infrarouges et de façon probable pour les cellules du visible. Pour ces dernières le choix sera fait suite à des essais.

En amont du portique, seront placés deux compteurs d'essieux afin de déterminer la vitesse du train et de remonter au système le nombre d'essieux, ces informations étant utiles pour préparer l'analyse des points chauds. Le premier sera placé à 250 m, le second à 200 m du portique. Pour garantir l'utilisation des voies à double sens, on en placera également deux en aval du portique et aux mêmes distances.

L'ensemble des capteurs sera connecté à des serveurs de traitement, situés au PCC.

La communication avec les capteurs d'essieux se fera par l'intermédiaire d'une sortie analogique reliée à la GTF au niveau du portique. La GTF assurera le transfert d'information jusqu'aux ordinateurs de traitement situés au PCC. Le calculateur sera directement relié aux serveurs de la GTF situés au PCC.

Par rapport au souhait sur la disponibilité du portique, les différents capteurs seront redondés. Dans le cas où la détection de points chauds sera indépendante de la détection de gabarit, ceci aura comme conséquence d'augmenter la profondeur du portique. Le portique sera composé de dix capteurs par voie, cinq pour chaque système par voie. Dans le cas contraire, on notera qu'il ne sera plus nécessaire d'augmenter la profondeur du portique et qu'il suffira de disposer le jeu de capteurs de secours sur le second portique de la détection de gabarit.

4.5.3 Portiques

Après avoir décrit les capteurs installés nous regarderons ici les portiques les supportant. Dans le cas où les capteurs de détection de points chauds par thermographie seraient installés avec ceux de détection de gabarit, le portique sera celui décrit pour la détection de gabarit. Lorsque la détection de points chauds sera installée seule sur un portique, c'est à dire sans la détection de gabarit, le portique sera à fournir.

Le bas du capteur sera au minimum à 50 cm au-dessus de la caténaire et à au moins 60 cm du train le plus large à analyser. Les distances de 50 et 60 cm sont imposées pour avoir un capteur capable de voir l'ensemble du dessus et du côté du train. Par ailleurs afin de pouvoir analyser un train lorsque deux trains se croisent, il est obligatoire d'avoir cette zone de 60 cm vide de tout obstacle. Compte tenu de ceci, à l'endroit où est implanté le portique, l'entraxe devra être au minimum de 4,5 m (en considérant un gabarit de 3,9 m de large). Cette contrainte sur l'entraxe n'est valable que lorsque la détection de points chauds par thermographie est mise en œuvre seule, c'est à dire sans la détection de gabarit. La figure suivante permet de visualiser cette problématique.

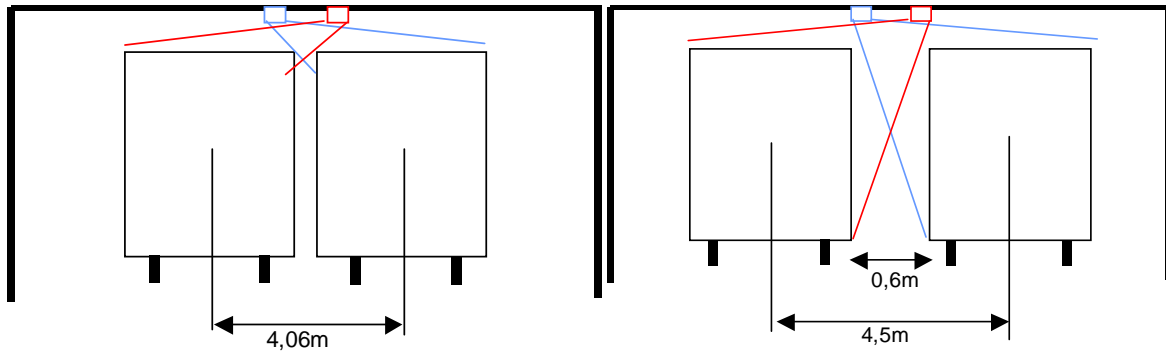


Figura 7 *Figure 2 : Compréhension du besoin en entraxe minimum*

Cependant, dans le cas où la détection de points chauds peut être couplée avec la détection de gabarit, on notera que cette contrainte sur l'entraxe n'est plus nécessaire. Les distances minimales entre le train et les capteurs et entre ceux-ci et la caténaire restent par contre valables. On placera les équipements de détection thermique sur deux portiques séparés de 1600 m, ce qui permettra la détection de points chauds sur les trains, même lors du croisement de deux d'entre eux, et ceci quelque soit la valeur de l'entraxe. La figure suivante permet de visualiser cette solution.

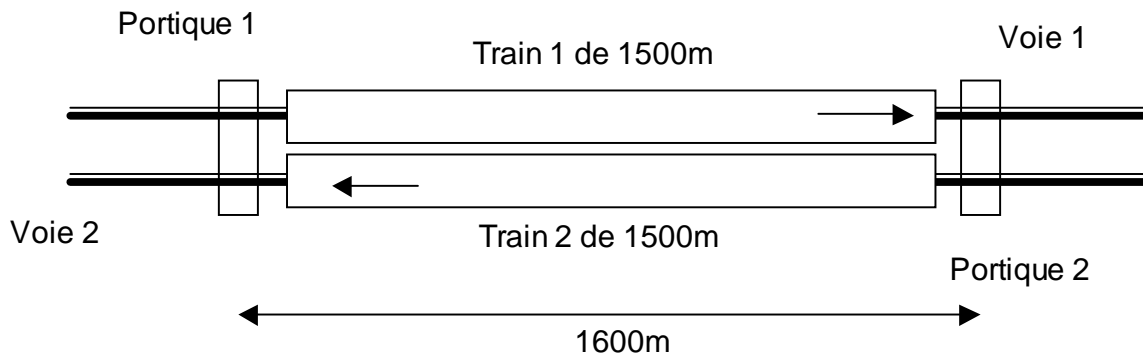


Figura 8 *Mise en place de deux portiques pour détecter les points chauds quel que soit l'entraxe*

Enfin compte tenu de la distance de freinage maximale pour les trains roulant à 160 km/h (2100 m), du temps de réaction de l'ensemble du système (2min soit 5333 m) et de la longueur maximale d'un train (1500 m) les portiques devront être installés au minimum à 9 km de l'entrée d'une voie d'évitement sauf pour les trains repartant après un arrêt sur une voie de relais.

Le lieu retenu pour l'implantation du portique devra être en ligne droite pour éviter que le train ne soit penché lors de son passage sous les capteurs. Ceci facilitera la mesure. On retiendra également un lieu d'implantation le plus plat possible.

Les portiques formeront un abri assurant la protection des capteurs et leur isolation aux parasites environnementaux extérieurs (oiseaux, feuilles, intempéries...).

La constitution de chaque portique et l'écartement des montants par rapport aux voies devront respecter les gabarits d'obstacles des normes internationales d'implantation pour l'installation des infrastructures fixes.

L'architecture du portique devra permettre à tout capteur de se situer à au moins la distance d'isolement électrique (fonction de l'électrification de la ligne) de la zone caténaire et du gabarit du pantographe.

4.5.4 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.

Les câbles de transmission assureront la liaison, d'une part, entre le système de traitement et les capteurs, et d'autre part, entre le système de traitement et le point de concentration GTF. Ils pourront être soumis aux conditions atmosphériques d'une vallée alpine à 600 m d'altitude et devront donc résister à une exposition permanente aux radiations solaires, aux intempéries, et à des projections d'eau.

Les câbles assurant l'alimentation des différents organes (centrales, capteurs) seront contraints de la même façon que ceux dédiés à la transmission d'information.

4.5.5 Système de traitement

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

Le système de traitement sera composé d'ordinateurs de type PC industriel permettant d'effectuer le traitement des images récupérées, d'une base de données contenant les profils thermographiques des différents types de convois, d'un serveur pour analyser le portrait du train en cours de traitement par rapport à ceux de la base de données, d'unités de stockage pour garder en mémoire les profils des trains passés sur les dernières 48 h. Il est à noter qu'il y aura deux ordinateurs par capteur, soit un par cellule (visible et infrarouge) de détection. L'ensemble de ces équipements sera installé au PCC le plus proche du portique.

Par rapport au souhait de disponibilité, les différents ordinateurs assurant le traitement des images ou l'analyse seront redondés. Seules les bases de données et les unités de stockage ne seront pas redondées. La redondance étant assurée par le second ordinateur relié au même capteur, ceci n'aura pour conséquence que d'ajouter un calculateur.

4.5.6 Interfaces

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

Les interfaces sont découpées en interfaces électriques et de communication.

➤ *Electrique*

▪ *Alimentation*

Les différents équipements du système de traitement seront alimentés par une alimentation secourue sans coupure en 230 V. Il en sera de même pour les différents capteurs du portique.

L'entreprise responsable des équipements d'alimentation électrique devra assurer la fourniture du matériel pour le raccordement au réseau d'alimentation jusqu'au pied de chaque poste local du système de détection de points chauds par thermographie.

▪ *Câblage*

Les fibres optiques assurant la liaison entre les lieux d'implantation des portiques et les PCC, où sont installés les ordinateurs de traitements devront être posés avant la pose des équipements. Il faudra prévoir deux fibres par capteurs. Une pour le visible et une pour l'infrarouge.

➤ *Communication avec la GTF*

Seul un des ordinateurs servant à l'analyse des portraits thermographiques communiquera directement avec la GTF. Par ailleurs, les détecteurs d'essieux seront raccordés au point de concentration GTF (module d'entrées sorties déporté) le plus proche. Le protocole de communication et les interfaces seront définis dans les études sur le PCC et celles sur les réseaux de communications.

L'entreprise responsable des équipements de communication devra assurer la fourniture du matériel pour le raccordement au réseau de télétransmission jusqu'au pied de chaque poste local du système de détection de points chauds par thermographie.

➤ *Détection de gabarit*

L'implantation des capteurs pour la détection de points chauds par thermographie sous le portique devra être coordonnée avec celle des capteurs pour la détection de gabarit. La coordination se fera sur les opérations de :

- Positionnement des capteurs,
- Conception de la largeur des portiques,
- Passage des câbles d'alimentation électrique et de communication, etc.

➤ *Génie Civil*

La mise en œuvre des portiques et des équipements liés à la détection de points chauds par thermographie devra être coordonnée avec les opérations de Génie Civil. Les massifs bétons de fondation des portiques et les réservations pour les câbles devront

être disponibles avant le montage sur site des portiques et la mise en œuvre des capteurs.

Pour la ligne historique, nous prévoyons d'enlever les rails existants au niveau de chaque site d'implantation des portiques afin d'y mettre en place une dalle de béton monobloc à laquelle seront fixés les montants des portiques. Les rails utilisés pour assurer la continuité du trafic ferroviaire lors de la remise en exploitation de la ligne devront être solidaires de cette dalle.

5. DETECTION DE GABARIT

Le gabarit ferroviaire désigne le contour transversal d'un véhicule ferroviaire. Ce contour fait l'objet d'une normalisation précise. Il doit s'inscrire dans le gabarit des obstacles, qui est le contour qui doit être maintenu libre dans les installations ferroviaires.

Le diamètre des tunnels de la zone internationale a été défini sur la base d'un gabarit d'obstacle maximal. Seuls les trains dont le gabarit cinématique (gabarit du matériel roulant tenant compte des déplacements géométriques et dynamiques auxquels sont soumis les véhicules par la souplesse de leurs suspensions) n'excède pas le gabarit d'obstacle maximal du tunnel seront autorisés à emprunter les tunnels. Tout train qui ne respecterait pas cette contrainte serait susceptible d'endommager la structure du tunnel.

5.1 Objectifs du système

La détection de gabarit devra être réalisée sur chacune des voies historique et nouvelle en provenance des réseaux RFF et RFI, quel que soit le sens de circulation des trains, cela afin que les trains susceptibles d'emprunter le tunnel de la ligne nouvelle aient fait l'objet d'une vérification de conformité.

Le dispositif de détection de gabarit devra être en mesure de détecter tout dépassement du gabarit d'obstacle des trains afin d'éviter une collision grave avec l'un des tunnels de la zone LTF.

Cette détection de gabarit devra être faite sur tous les trains de fret et d'autoroute ferroviaire amenés à emprunter les tunnels de la ligne nouvelle, ces trains étant les seuls pouvant présenter des problématiques de hors gabarit.

5.2 Contraintes

5.2.1 Contraintes de sécurité

➤ *Contraintes fonctionnelles*

Il faut détecter un dépassement de gabarit avant l'entrée du train dans le tunnel à une distance telle que le train puisse s'arrêter avant de pénétrer dans le tunnel.

➤ *Sécurité des biens et des personnes*

Les installations du système mises en œuvre devront être conçues et réalisées en parfaite conformité avec les réglementations et normes relatives à la sécurité des biens et des personnes.

5.2.2 Contraintes d'environnement

- A l'extérieur, les conditions d'environnement sont celles d'une vallée alpine avec des têtes de tunnel à 600m d'altitude environ. Les conditions climatiques peuvent être de type grêle ou neige. Des substances organiques en suspension dans l'air pourront aussi être présentes (feuilles, oiseaux...). De plus, par temps de pluie, un halo se forme

autour des trains qui pourra interférer avec les mesures. Tous ces éléments pourront contraindre notre système.

- De nombreuses graisses et autres substances parasites seront susceptibles de se répandre sur le matériel au sol.
- Le passage du train produira des déplacements d'air importants.
- Le passage des trains dans les tubes générera de fortes vibrations.

5.2.3 Contraintes d'exploitation et de maintenance

➤ *Exploitation*

- Les détecteurs de gabarits devront pouvoir détecter les hors gabarits des trains assez tôt pour permettre à tous les trains de s'arrêter sur les sites prévus à cet effet, c'est à dire les voies d'évitement en gare de Saint-Jean-de-Maurienne et la Piana delle Chiuse.
- Les trains sont susceptibles de circuler dans les deux sens sur chacune des voies.
- La vitesse des trains sur les zones de détections sera comprise entre 100 et 220 km/h. Les trains de fret et d'autoroute ferroviaire transiteront à des vitesses inférieures à 160km/h.

➤ *Maintenance*

- 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.

5.2.4 Contraintes d'installation

Les portiques de détection de gabarit devront être installés sur les 2 voies. Afin que le système puisse être opérant sur chaque train même lors du croisement de deux trains, l'entraxe, c'est à dire la distance entre les deux voies, est une contrainte pour notre système.

Dû au poids des convois amenés à emprunter les lignes nouvelles et historiques, il est à prévoir un affaissement des voies selon le revêtement utilisé pour supporter les rails. Cet affaissement des voies peut être de l'ordre de 10 cm. Les exigences sur la précision de la mesure de gabarits par notre système sont de l'ordre du centimètre et le système sera dimensionné pour une hauteur de sol initiale. L'affaissement des voies est donc une contrainte à prendre en compte pour notre système.

Le comportement des trains diffère lors de la prise d'un virage, ou plus généralement d'un dévers de la voie, à cause de différents paramètres tels que la vitesse de passage, l'état des suspensions, la dissymétrie du train ou de son chargement, ... La mesure sur le gabarit ne pourra pas s'adapter à tous ces paramètres. Le système sera donc contraint par les dévers et déclivités présents sur le projet.

- Comme les portails thermographiques, les portails de détection de gabarit seront installés côté France en territoire RFF et côté Italie en territoire RFI

5.2.5 Contraintes d'évolutivité

Les unités de traitement des détecteurs de gabarits côté Saint Jean de Maurienne et la Piana delle Chiuse seront dimensionnées en prenant en compte les besoins finaux des installations du système.

Les nouveaux équipements installés après la mise en service de la zone LTF devront pouvoir s'interfacer avec les équipements déjà mis en œuvre.

5.3 Performances

Après avoir regardé les différentes contraintes auxquelles sont soumis les portiques thermographiques, 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 maintenance, de fiabilité et de disponibilité

➤ Généralités

De manière générale, le système devra respecter l'ensemble des contraintes énoncées ci-avant.

Sur l'hypothèse que les dépassements de gabarits ne sont possibles que sur les trains de fret et d'autoroute les portiques seront dimensionnés et positionnés sur la base d'une vitesse maximale de détection de 160km/h.

➤ Précision de la mesure

La détection de gabarit devra pouvoir détecter des objets dont la taille sera susceptible d'endommager le tunnel en cas de contact.

La présence des pantographes sur les machines de traction devra être prise en compte dans la mesure du dépassement de gabarit haut des trains.

➤ Temps de réaction

Le système devra déclencher une alarme au PCC au plus tard 10s après qu'un dépassement de gabarit ait été détecté par le portique.

➤ Maintenance

▪ Préventive :

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

▪ Corrective :

Le temps entre deux maintenances correctives sur une même pièce d'un équipement ne saura être inférieur à 12 mois.

➤ Fiabilité

En phase d'exploitation normale du système, la production de fausses alarmes ne devra pas être supérieure à 1 pour 1000 alarmes générées, que ce soit pour les alarmes d'exploitation ou techniques.

➤ Disponibilité

Les équipements du système de détection de gabarit situés sur la ligne nouvelle seront au plus indisponibles 4h la nuit tous les deux jours.

Les équipements du système de détection de gabarit situés sur la ligne historique seront au plus indisponibles 2h par jour tous les jours.

5.4 Architecture du système et installation

5.4.1 Architecture générale

Le schéma suivant présente un résumé de l'architecture du système.

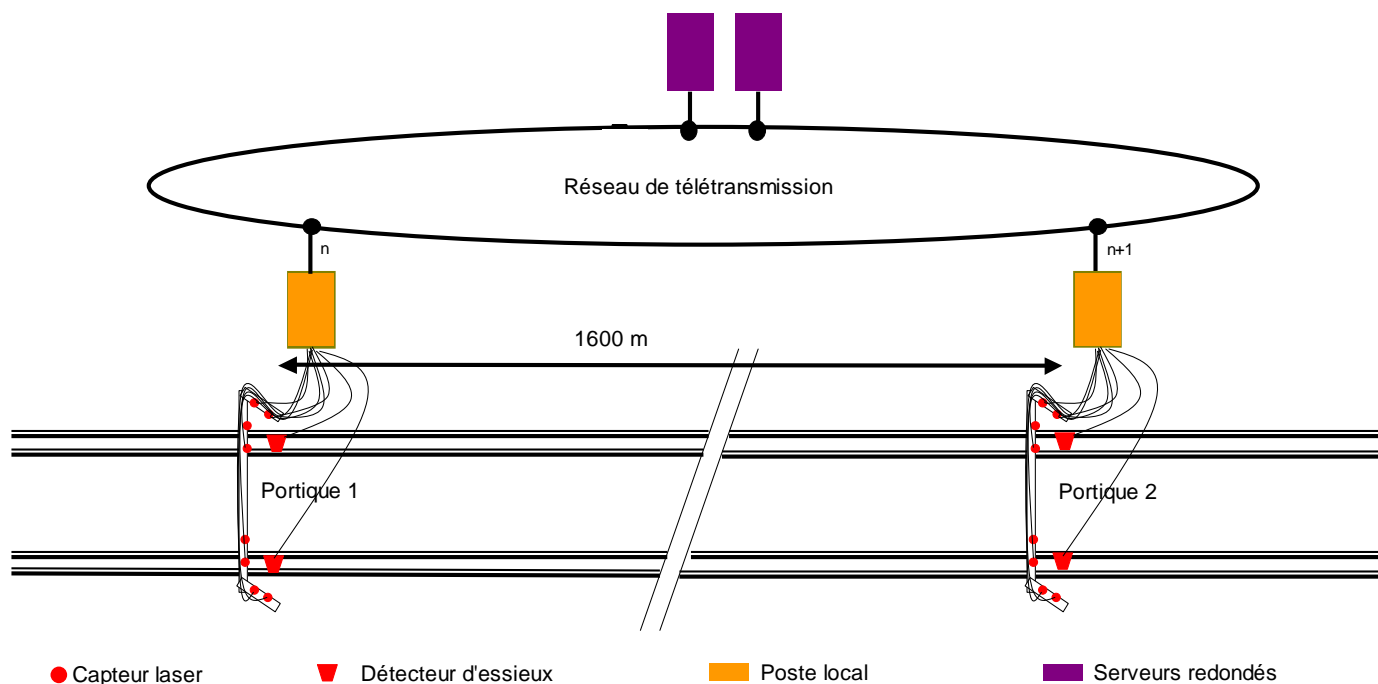


Figura 9 : Schéma d'architecture générale du système de gabarit

5.4.2 Capteurs

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

- *La détection de gabarit haut* sera réalisée à l'aide de deux lasers de classe 1 ou 2 en émission/réception.

Le filtrage sur les pantographes sera réalisé par la mise en place de deux paires de lasers émetteurs/récepteurs. Ceci implique que la taille minimale des objets qui pourront être détectés sera au moins de la largeur des pantographes. L'espacement entre les deux lasers émetteurs sera de 15 cm, réglable. Cette valeur a été fixée après l'étude de gabarits de pantographes répandus. Toutefois, elle ne pourra être validée sans essais. Si, lors de ces essais réels ou lors de la mise en exploitation du système, cette valeur s'avérait inadaptée, elle devra être réajustée. Pour ce faire, nous prévoyons de placer les capteurs sur des rails permettant de faciliter leur ajustement.

Afin de pouvoir déterminer sur quelle voie se trouve le train qui fait l'objet de la détection, deux détecteurs d'essieux magnétiques seront installés sur chacune des deux voies au niveau de chaque portique (voir la description des détecteurs d'essieux magnétiques dans le système DBC).

- *La détection des gabarits latéraux se fera par utilisation de télémètres lasers de classe 1 ou 2 dirigés vers le sol.*
- *La détection de gabarit sur les parties basses du train se fera par utilisation de télémètres lasers de classe 1 ou 2 dirigés vers le sol.*
- *Général :*
Chaque laser ou récepteur sera connecté à un poste local situé près des voies.
Chaque capteur devra être intégré dans un boîtier thermostaté comprenant un hublot optique oblique spécifique (afin d'éviter une réflexion trop importante du signal lumineux). Un système autonettoyant sera prévu sur cet optique afin d'en limiter le taux d'encrassement lié au passage des trains (notamment lié au passage des diesels). Ce système sera constitué d'essuie-glaces, d'une pompe et d'un récipient étanche contenant un produit de nettoyage anti-gèle.

5.4.3 Portique

Maintenant que les capteurs ont été décrits, nous proposons une étude de l'architecture du portique.

La détection de gabarit doit pouvoir se faire, même lors du croisement de deux trains sous le portique de mesure. Avec un seul portique enjambant les deux voies, ceci peut présenter des problèmes liés à l'entraxe, soit à l'espacement entre les deux trains lorsqu'ils se croisent (voir figure 7).

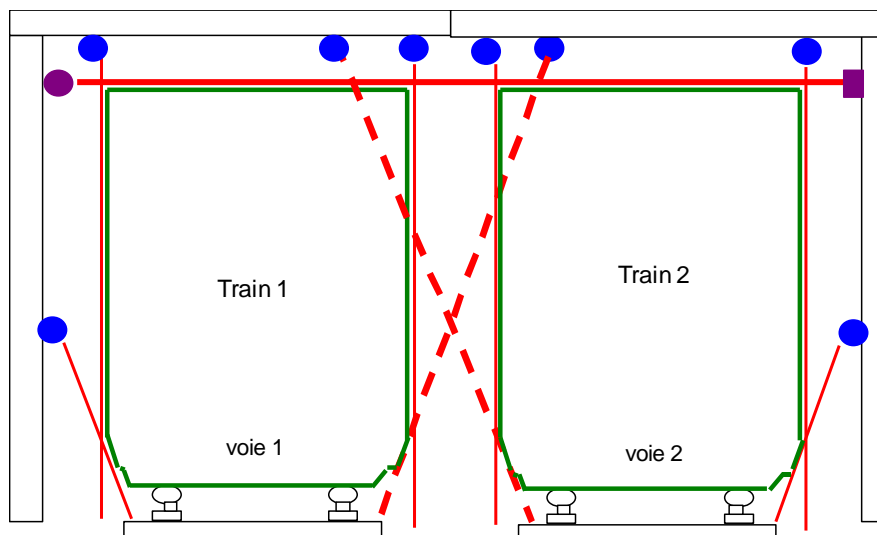


Figura 10 : *Impossibilité de détection des gabarits au niveau bas des faces en regards des trains se croisant.*

Calcul de l'entraxe nécessaire pour la détection de gabarit sur les deux voies avec un seul portique (voir figure 10) :

- La hauteur maximale du gabarit d'obstacle en tunnel est de 5.44 m,
- La hauteur du point A est d'environ 1.40 m,
- L'angle que doivent avoir les rayons lasers issus des télémètres lasers par rapport à la verticale doit être de l'ordre de 20°.

La largeur libre entre les deux gabarits d'obstacles dans le cas où deux trains se croiseraient est donc de :

$$\text{Interdistance entre les gabarits d'obstacles} : (5.44 - 1.40) \cdot \tan(20) = 1.47 \text{ m}$$

La largeur maximale du gabarit d'obstacle est de 3.90 m.

L'entraxe minimal nécessaire entre les deux voies pour pouvoir réaliser une détection de gabarits sur les deux voies avec un seul portique est donc de $3.90 + 1.47 = 5.37 \text{ m}$.

Afin de permettre la détection de gabarit sur tous les trains, même lors du croisement de deux trains, et ce sans imposer d'entraxe minimal entre les voies, les capteurs constitutifs du système de détection de gabarit seront installés sur **deux portiques identiques et indépendants, chacun d'eux à deux montants de support enjambant les deux voies parallèles.**

La distance entre les deux portiques doit être telle que le croisement de deux trains ne puisse pas s'opérer simultanément sous les deux portiques. La longueur des trains les plus longs étant de 1500 m, nous choisissons d'espacer les deux portiques de 1600 m, afin d'assurer 100 m de distance de sécurité (voir figure 11).

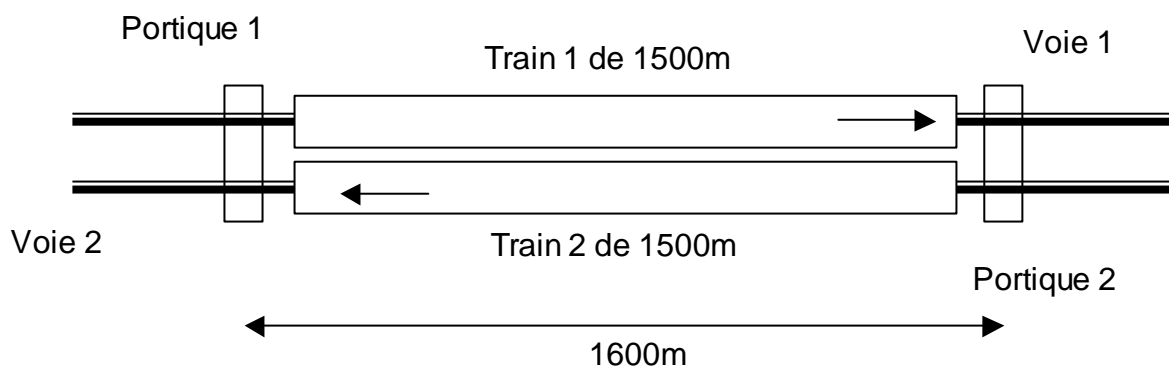


Figura 11 : Distance entre les portiques fonction de la longueur des trains les plus longs

Les portiques formeront un abri assurant la protection des capteurs et leur isolation aux parasites environnementaux extérieurs (oiseaux, feuilles, intempéries...).

La constitution de chaque portique et l'écartement des montants par rapport aux voies devront respecter les gabarits d'obstacles des normes internationales d'implantation pour l'installation des infrastructures fixes.

L'architecture du portique devra permettre à tout capteur de se situer à au moins la distance d'isolement électrique (fonction de l'électrification de la ligne) de la zone caténaire et du gabarit du pantographe.

Le positionnement et la direction du faisceau des lasers sont spécifiés sur la figure 12.

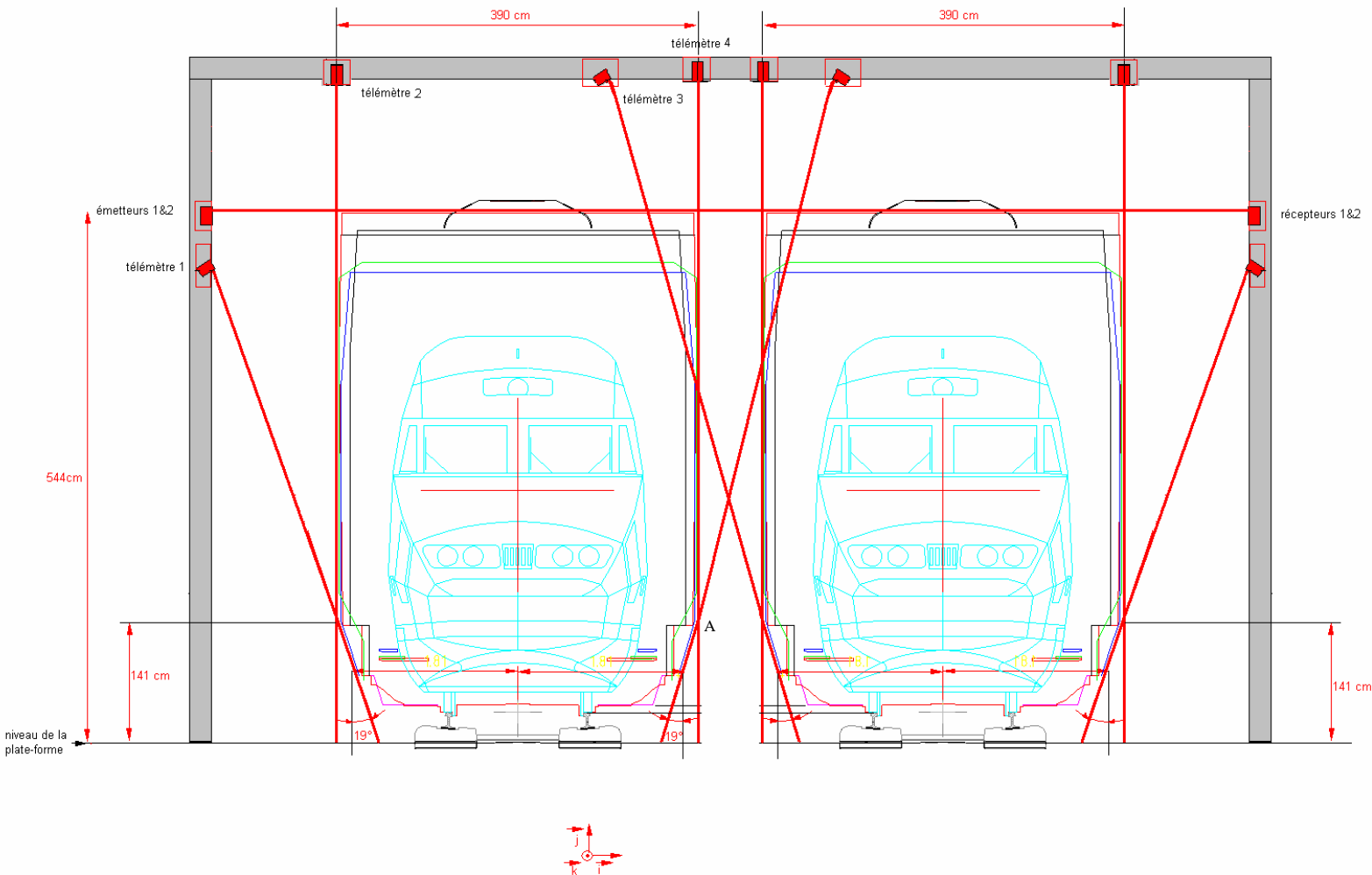


Figura 12 : Schéma général du portique de détection de gabarit

Les deux systèmes de détection de gabarit et de points chauds par thermographie ont des besoins similaires et les contraintes spécifiées pour chacun des portiques ne sont pas incompatibles. Afin de diminuer les coûts, nous préconisons d'installer les équipements des deux systèmes sur les mêmes portiques.

5.4.4 Câble de transmission et d'alimentation électrique

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

Les câbles de communication et d'alimentation, qu'ils soient entre les capteurs et le poste local ou entre le poste local et le point de concentration du réseau de télétransmission ou le départ électrique, seront C2.

Les câbles devront pouvoir résister à une exposition permanente aux radiations solaires, aux intempéries et à des projections d'eau.

5.4.5 Postes

Après l'étude des capteurs et des câbles, nous décrivons ici l'architecture des postes de traitement des informations.

Un *poste local* sera installé à proximité de la voie, proche de chaque emplacement destiné à recevoir un portique de détection de gabarit.

Il sera notamment constitué de centres de mesures, destinés au traitement des mesures effectuées par les lasers mis en place, d'un système d'alimentation et de communication.

Un poste local sera suffisant pour traiter les informations issues d'un portique de détection de gabarit. Un poste local devra pouvoir traiter au moins :

- 2 paires de capteurs laser en émission/réception,
- 8 télémètres lasers,
- Pour des questions d'évolutivité des systèmes et des précautions de redondance, chaque poste local devra pouvoir gérer :
 - 3 paires de capteurs laser en émission/réception et,
 - 10 télémètres lasers.

Les postes locaux devront fournir l'alimentation nécessaire au fonctionnement des capteurs.

De plus, un connecteur RJ45 sera disponible pour permettre la connexion au PC portable de maintenance.

Il y aura en tout 8 portiques (soit 8 postes locaux), chacun devant pouvoir gérer 3 paires de capteurs laser en émission/réception et 10 télémètres lasers pour garantir la sécurité sur le corridor projet. Le système de supervision sera prévu pour gérer 2 postes locaux supplémentaires afin de tenir compte de l'évolutivité du système, soit 10 portiques en tout.

5.4.6 Interfaces

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

➤ *Alimentation électrique*

Les différents équipements du système de traitement seront alimentés par une alimentation secourue sans coupure en 230Vac.

L'entreprise responsable des équipements d'alimentation électrique devra assurer la fourniture du matériel pour le raccordement au réseau d'alimentation jusqu'au pied de chaque poste local du système de détection de gabarit.

➤ *Communication avec le système de supervision sur le réseau de télétransmission*

Tous les postes locaux communiqueront avec les serveurs de sécurité en charge du système de détection de gabarit via le réseau de télétransmission. Le protocole de communication et les interfaces seront définis dans les études sur le PCC et celles sur les réseaux de communication, sachant que les postes locaux devront pouvoir communiquer avec tous les protocoles standards moyennant la mise en place d'une carte de communication adéquate.

L'entreprise responsable des équipements de communication devra assurer la fourniture du matériel pour le raccordement au réseau de télétransmission jusqu'au pied de chaque poste local du système de détection de gabarit.

➤ *Portique thermographique*

L'implantation des capteurs pour la détection de gabarit sous le portique devra être coordonnée avec celle des capteurs pour la détection thermographique. La coordination se fera sur les opérations de :

- Positionnement des capteurs,
- Conception de la largeur des portiques,
- Passage des câbles d'alimentation électrique et de communication, etc.

➤ *Génie Civil*

La mise en œuvre des portiques et des équipements liés à la détection de gabarits devra être coordonnée avec les opérations de Génie Civil. Les massifs bétons de fondation des portiques et des postes locaux et les réservations pour les câbles devront être disponibles avant le montage sur site des portiques et la mise en œuvre des capteurs et des postes locaux.

Pour la ligne historique, nous prévoyons d'enlever les rails existants au niveau de chaque site d'implantation des portiques afin d'y mettre en place une dalle de béton monobloc à laquelle seront fixés les montant des portiques. Les rails utilisés pour assurer la continuité du trafic ferroviaire lors de la remise en exploitation de la ligne devront être solidaires de cette dalle.

6. DETECTION DE GAZ

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.

6.1 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.

6.2 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.

6.3 Contraintes

6.3.1 Contraintes de sécurité

➤ *Contraintes fonctionnelles*

- Détecter la présence de gaz explosifs dans les tunnels avant la limite d'explosivité,
- Détecter les gaz toxiques ou groupe de gaz les plus dangereux,
- Déclencher une alarme au PCC en cas de détection de gaz.

➤ *Sécurité des biens et des personnes*

- Les équipements et leurs attaches placés en tunnel devront résister à des températures de 1100°C,
- Les équipements de prélèvement et d'analyse devront être anti-déflagrants,
- Tous les câbles électriques et tuyaux, posés en tunnel pour la détection de gaz, devront ne pas contenir de matériaux :
 - Halogènes,
 - Propagateur d'incendie,
 - Emetteurs de fumées toxiques.

6.3.2 Contraintes d'environnement

- 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 sera naturellement chaude entre 30 et 40°C,
- Hygrométrie inconnue,
- Les vibrations engendrées par le passage du train seront importantes,
- Les influences externes.

6.3.3 Contraintes d'exploitation et de maintenance

➤ *Exploitation*

- La vitesse des trains de fret et d'autoroute ferroviaire sera comprise entre 100 et 160 Km/h.
- La vitesse des trains à grande vitesse sera de 220 km/h.
- Un sens de circulation sera affecté par voie mais occasionnellement, les voies pourront être utilisées dans les deux sens.
- 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.
- Le tunnel sera nettoyé régulièrement à l'eau.

➤ *Maintenance*

- 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.

6.3.4 Contraintes d'installation

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.

6.3.5 Contraintes d'évolutivité

Les centrales de détection devront être dimensionnées pour accueillir les équipements de détection supplémentaires installés lors des différentes phases de construction.

6.4 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*

- Détecter, pour la toxicité, des concentrations supérieures à 1 ppm,
- Détecter, pour l'explosivité, des concentrations supérieures à 5% en volume de la LIE.

➤ *Exploitation*

- Déclencher une alarme, pour la toxicité, dès que la concentration atteindra 3 ppm,
- Déclencher une alarme, pour l'explosivité, dès que la concentration du gaz de référence atteindra 10% en volume de sa LIE³,
- Les détecteurs de toxicité et d'explosivité devront pouvoir analyser le mélange présent dans la chambre d'analyse en 15 s et déclencher une alarme en cas de présence de gaz,
- Déclencher une alarme au plus tard 1 min 30 s après le passage du train.

➤ *Maintenance*

- Préventive :
Le temps entre deux maintenances préventives ne saura être inférieur à 3 mois.
- Corrective :
Les pièces changées lors d'une maintenance corrective seront en mesure de fonctionner pendant au moins un an.

➤ *Fiabilité*

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

➤ *Disponibilité*

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

³ LIE : Limite Inférieure d'Explosivité

6.5 Architecture du système et installation

6.5.1 Architecture générale

Le schéma suivant présente un résumé de l'architecture du système.

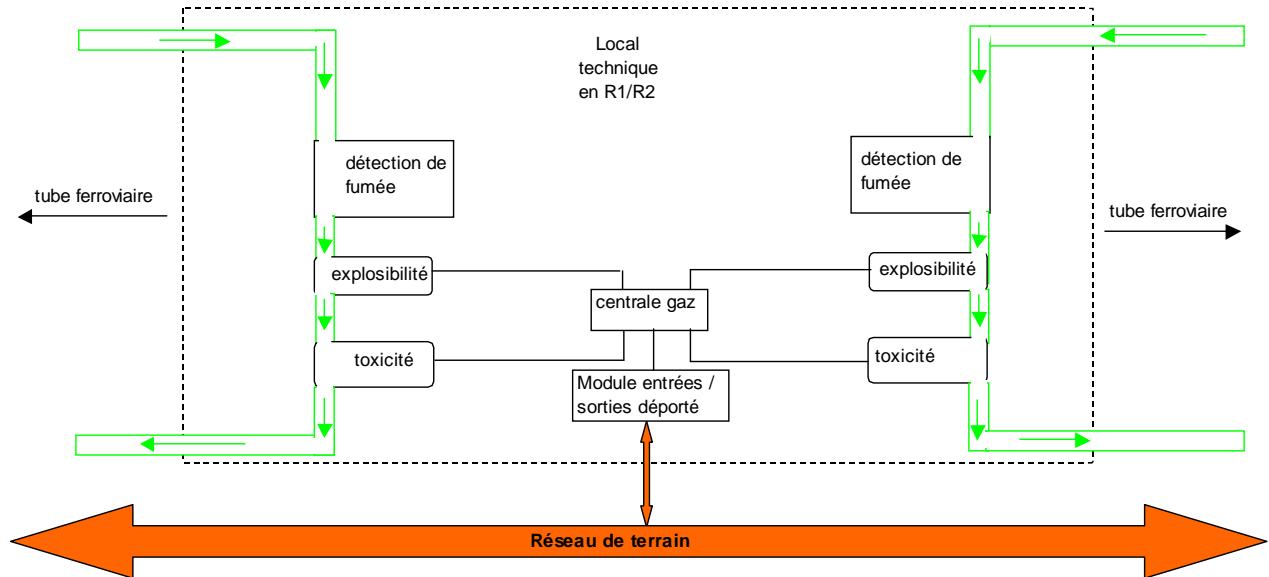


Figura 13 : Principe architecture détection de gaz

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

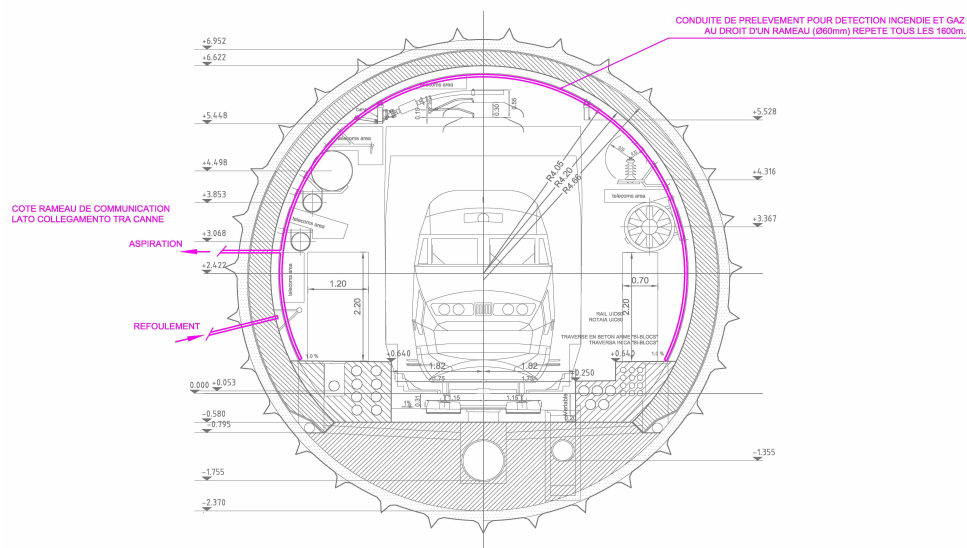


Figura 14 : Coupe type en tunnel pour le système de prélèvement

6.5.2 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 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.

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 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.

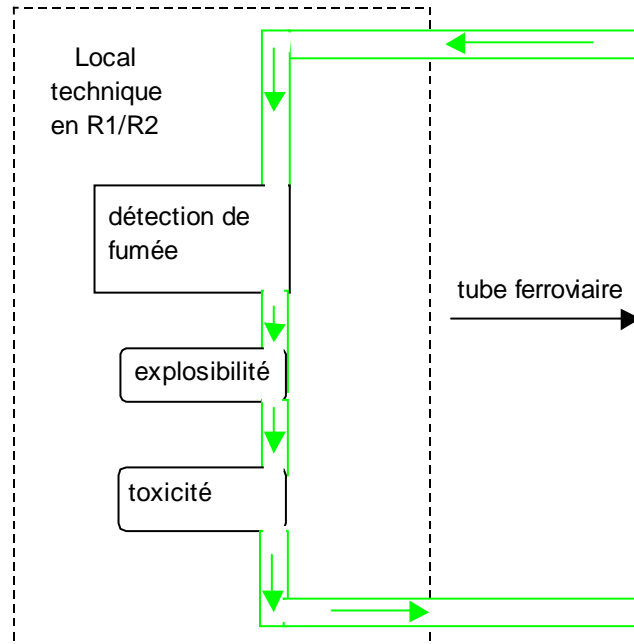


Figura 15 : Principe de circulation des échantillons

➤ *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 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-bis. 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 :

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

Compte tenu des capacités des technologies actuelles, il est possible de détecter huit gaz avec un même détecteur. Ce qui explique que nous ayons limité notre liste aux huit gaz toxiques inodores.

De nombreuses techniques d'analyseur ne sont qu'au stade de prototypes, sauf celle à mobilité ionique, c'est donc celle-ci que nous retiendrons. Ce dernier sera relié 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, l'analyseur 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.

6.5.3 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 analyseurs, 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 :

- o Halogènes,
- o Propagateurs d'incendie,
- o 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.

6.5.4 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 deux analyseurs 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.

6.5.5 Interfaces

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

➤ Alimentation électrique

L'alimentation de la centrale et de l'analyseur 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.

7. DETECTION DE DERAILLEMENT

Les appareils de voies, plus communément appelés "aiguillages", sont des appareils conséquents utilisant des technologies de précision pour leur manœuvre. Il est important qu'ils assurent une sécurité optimale lors de l'aiguillage des trains. Ces contraintes font de ces appareils de voies des pièces très onéreuses.

Parce qu'un simple déraillement d'une roue de train est susceptible d'endommager gravement ces appareils, il est important de détecter, en amont de chaque aiguillage à protéger, que les trains qui s'y dirigent soient en parfaite condition pour les franchir sans complication.

L'utilisation de détection de déraillement sur les réseaux ferrés prévient des accidents qui pourraient résulter, au niveau des aiguillages, du déraillement des trains.

7.1 Objectif du système

La détection de déraillement sera mise en place pour protéger les aiguillages de la ligne nouvelle, à l'intérieur comme à l'extérieur des tunnels, sur la zone LTF, gares comprises.

La détection de déraillement devra être réalisée sur les deux voies de la ligne nouvelle et de la ligne historique afin de protéger l'accès à un aiguillage de la ligne nouvelle du corridor projet, quel que soit le sens de circulation des trains.

La détection de déraillement doit être faite sur tous les types de trains.

Le dispositif de détection de déraillement doit être en mesure de détecter le déraillement d'une roue d'un train.

7.2 Topologie et géométrie des ouvrages

Le choix d'architecture du système de détection de déraillement dépendra :

- Du tracé des voies ferroviaires,
- Des coupes types,
- De la position des locaux techniques.

7.3 Contraintes

7.3.1 Contraintes de sécurité

➤ Sécurité des biens et des personnes

Les installations mises en œuvre pour le système devront être conçues et réalisées en parfaite conformité avec les réglementations et normes relatives à la sécurité des biens et des personnes.

Tous les câbles électriques, tuyaux et autres éléments constitutifs du système en tunnel ne devront pas contenir de matériaux :

- Halogènes,
- Propagateurs d'incendie,

- Emetteurs de fumées toxiques.

7.3.2 Contraintes d'environnement

Les conditions d'environnement sont celles d'une vallée alpine avec des têtes de tunnel à 600m d'altitude environ.

La roche dans laquelle est taillée le tunnel est une roche chaude. Les parois du tunnel seront à des températures comprises entre 30 et 40°C.

Au niveau des sites d'intervention, un système d'aspersion est prévu sur 750 m.

Le passage du train produit un effet de piston et génère une surpression à l'avant de celui-ci et une dépression à l'arrière en tunnel. La variation maximale de pression due au passage des trains est estimée à 10kPa.

L'usure de la caténaire provoque de la poussière de cuivre source d'encrassement possible des capteurs.

Dû aux poids des convois, les rails ont un taux d'usure important, ce qui a pour effet de générer des poussières d'acier (à titre d'exemple, les rails du tunnel sous la Manche ont été changés une fois en 10 ans d'exploitation).

La construction des tunnels produira de la poussière de béton. La quantité sera importante en début d'exploitation et réduira au fur et à mesure de l'exploitation.

D'après l'expérience du tunnel sous la Manche, de nombreuses graisses et autres substances parasites seront susceptibles de se répandre sur les matériels.

Le passage des trains dans les tubes génèrera de fortes vibrations.

7.3.3 Contraintes d'exploitation et de maintenance

➤ *Exploitation*

- Les trains seront susceptibles de circuler dans les deux sens sur chacune des voies.
- La vitesse des trains en tunnel sera comprise entre 100 et 220 km/h.

➤ *Maintenance*

- La maintenance sera prévue 4 heures par nuit sur tout ou partie de l'une des deux voies, pour la ligne nouvelle.
- La maintenance sera prévue 2h par voie, successivement sur chacune des voies, en période de jour, pour la ligne historique.
- Les interventions de maintenance sur les équipements à proximité des descenderies et en dehors de la plate-forme ferroviaire pourront se faire pendant l'exploitation ferroviaire.
- Le nettoyage du tunnel se fera par projection d'eau. D'autres produits de nettoyage sont à prévoir mais ne sont pas connus à ce jour.
- *Corrective :*
Toutes les pièces nécessaires à la maintenance du système devront être disponibles sur 15 ans.
- *Exceptionnelle :*
Le système ne pourra être remplacé qu'après au moins 15 ans d'exploitation.

7.3.4 Contraintes d'installation

L'emplacement disponible pour implanter les équipements dans le tube sera contraint par la coupe type en section courante, niveau bas.

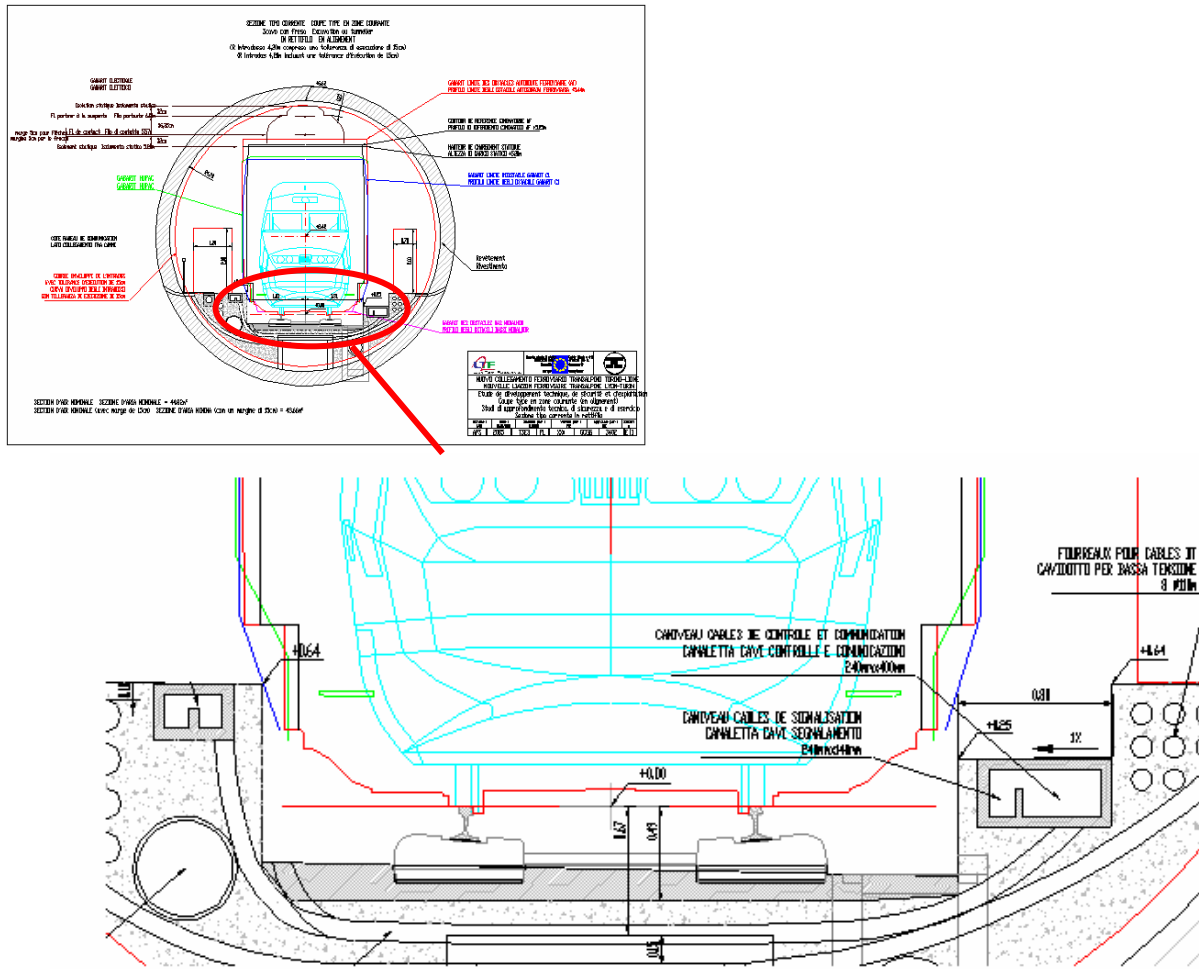


Figura 16 : Coupe type en tunnel. Zoom niveau bas

7.3.5 Contraintes d'évolutivité

Les unités de traitement des informations issues des détecteurs de déraillements côté Saint Jean de Maurienne et la Piana delle Chiuse seront dimensionnées en prenant en compte les diverses évolutions des besoins liés au phasage des gares.

Les nouveaux équipements installés après la mise en service de la zone LTF devront pouvoir s'interfacer avec les équipements déjà mis en œuvre.

7.4 Performances

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

Nous verrons d'abord les performances générales puis celles liées au temps de réaction du système, à la fiabilité, à la maintenance, et enfin à la disponibilité.

➤ *Généralités*

Le système devra pouvoir respecter l'ensemble de contraintes spécifiées ci-avant.

➤ *Temps de réaction*

Le temps de traitement général des alarmes d'exploitation depuis la détection d'une anomalie jusqu'à la prise en compte au PCC ne devra pas dépasser 2 secondes.

➤ *Fiabilité*

En phase d'exploitation normale du système, la production de fausses alarmes ne devra pas être supérieure à 1 pour 1000 alarmes générées.

➤ *Maintenance*

▪ Préventive

Le temps entre deux maintenances préventives ne saura être inférieur à 6 mois, à l'intérieur comme à l'extérieur des tunnels.

▪ Corrective

Le temps entre deux maintenances correctives sur une même pièce d'un équipement ne saura être inférieur à 12 mois.

➤ *Disponibilité*

Les équipements du système de détection de déraillement situés sur la ligne nouvelle seront au plus indisponibles 4h la nuit tous les deux jours.

Les équipements du système de détection de déraillement situés sur la ligne historique seront au plus indisponibles 2h par jour tous les jours.

7.5 Architecture du système et installation

7.5.1 Architecture générale

Le schéma suivant présente un résumé de l'architecture du système.

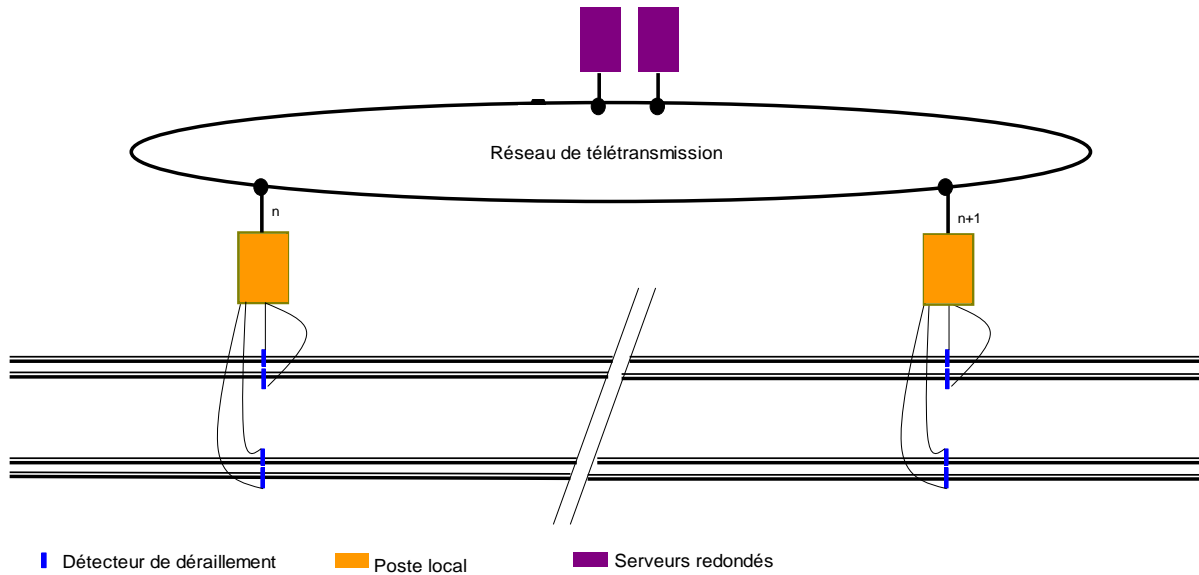


Figura 17 : Schéma d'architecture générale du système de Détection de Déraillement

La figure suivante est une coupe type en tunnel au lieu d'implantation d'un capteur de détection de déraillement.

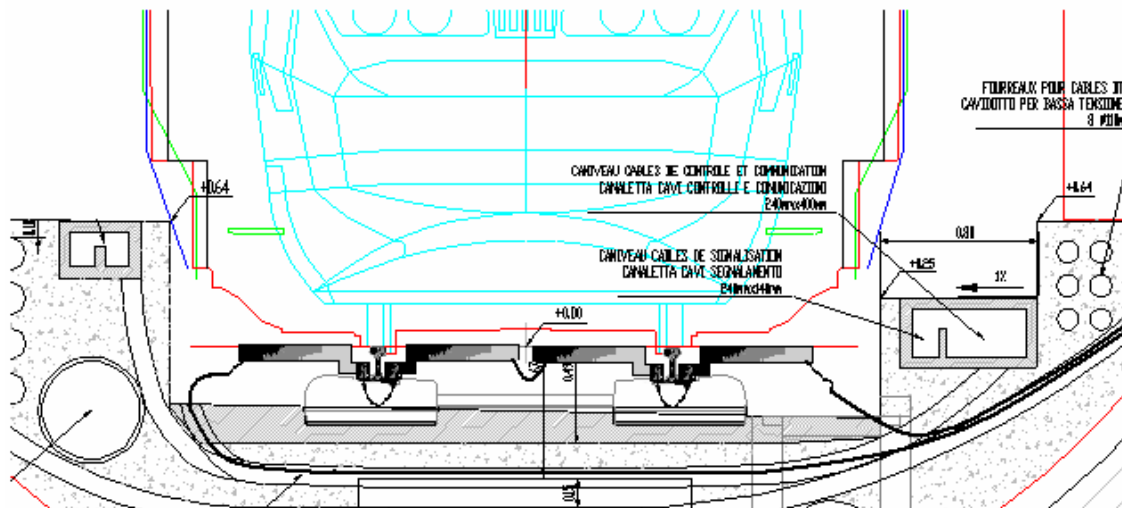


Figura 18 : Coupe type en tunnel au lieu d'implantation d'un capteur de détection de déraillement

7.5.2 Capteurs

Nous commençons par présenter l'architecture des différents capteurs à installer.

Les détecteurs de déraillement seront installés au niveau d'une traverse. Ils seront destinés à couvrir la largeur totale d'une traverse, que ce soit entre les rails ou sur les côtés extérieurs. On comptera donc quatre barres, deux pour couvrir l'intérieur de la voie, et deux pour couvrir l'extérieur.

Chaque barre constitutive du système de détection sera indépendante des trois autres (si une barre casse, elle n'entraînera pas forcément le changement des autres). Toutes les barres seront reliées les unes aux autres en série, de sorte que la totalité des quatre barres et des câbles les reliant formeront un circuit fermé.

Les capteurs de voie seront reliés directement au poste local par une alimentation secourue sans coupure en 24Vcc.

L'exemple d'installation des capteurs est représenté dans le plan C2B-TS3-0069.

7.5.3 Câble de transmission et d'alimentation électrique

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

Des câbles assurant une liaison électrique entre les quatre barres constitutives d'un capteur de détection de déraillement et le poste local seront mis en place.

Les câbles mis en place, qu'ils soient entre les capteurs et le poste local ou entre le poste local et le point de concentration du réseau de télétransmission ou le départ électrique, devront respecter à la fois les contraintes imposées aux câbles en tunnel, c'est à dire ne pas contenir de matériaux :

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

Et être :

- CR1/C1 s'ils sont installés en tunnel de manière apparente,
- C2 sinon.

Les câbles en extérieur devront pouvoir résister à une exposition permanente aux radiations solaires, aux intempéries et à des projections d'eau.

7.5.4 Poste local

Après l'étude des détecteurs, des câbles électriques et de transmissions, nous décrivons ici l'architecture des postes locaux.

Un poste local sera installé à proximité de la voie pour les équipements installés en extérieur, et dans un rameau technique pour les équipements installés en tunnel.

Tous les postes devront être installés à proximité de chaque emplacement destiné à recevoir une détection de déraillement.

Ils seront notamment constitués de centres de mesures destinés au traitement de l'information électrique traversant les capteurs et d'un système d'alimentation et de communication. Le système d'alimentation, en plus des transformateurs, disjoncteurs et autres, sera constitué

d'une batterie et de son chargeur pour assurer au système une alimentation secourue sans coupure.

Chaque poste local sera capable de générer un courant électrique de faible intensité dans la boucle électrique constituée des 4 barres. Elle réalisera une mesure de tension entre les deux bornes du circuit afin de déterminer si celui-ci est toujours fermé.

Un poste local sera suffisant pour traiter les informations de deux détecteurs de déraillement.

Compte tenu de l'espacement entre les différents lieux d'implantation des équipements de détection de déraillement, les postes locaux n'auront pas à traiter les signaux de plus de deux détecteurs.

Il y aura en tout 12 postes locaux, dont 10 géreront chacun 2 détecteurs de déraillement (1 sur la voie 1, et l'autre sur la voie 2), et 2 géreront 1 détecteur de déraillement (voir annexes 1, 2 et 3).

Le système de supervision sera prévu pour gérer 2 postes locaux supplémentaires afin de tenir compte de l'évolutivité du système, soit 14 postes locaux en tout.

7.5.5 Interfaces

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

Comme les besoins en communication varient en fonction des organes du système qui échangent de l'information, les interfaces sont subdivisées en fonction des organes qui interagissent.

➤ *Alimentation électrique*

L'alimentation du poste local sera assurée par une alimentation secourue sans coupure sur onduleur en 230Vac 50/60Hz. Le poste local se chargera d'alimenter les capteurs de voies, en fonction de leurs besoins.

L'entreprise responsable des équipements d'alimentation électrique devra assurer la fourniture du matériel pour le raccordement du système de détection de déraillement au réseau d'alimentation.

➤ *Systèmes échangeant avec le système de supervision sur le réseau de télétransmission.*

Tous les postes locaux communiquent avec le serveur de sécurité en charge du système de détection de déraillement via le réseau de télétransmission. Le protocole de communication et les interfaces seront définis dans les études sur le PCC et celles sur les réseaux de communication, sachant que les postes locaux devront pouvoir communiquer avec tous les protocoles standards moyennant la mise en place d'une carte de communication adéquate.

L'entreprise responsable des équipements de communication devra assurer la fourniture du matériel pour le raccordement du système de détection de déraillement au réseau de télétransmission.

➤ *Génie Civil*

La mise en œuvre des équipements liés à la détection de déraillement des trains devra être coordonnée avec les opérations de Génie Civil. Les réservations pour les câbles et les massifs bétons devront être disponibles avant la mise en œuvre sur site des capteurs et des postes locaux.

8. DETECTION DE BOITES CHAUDES

En dépit de l'amélioration des normes et techniques d'entretien des équipements, les exploitants des réseaux ferroviaires reconnaissent qu'il n'est pas possible d'éliminer complètement le danger potentiel d'avoir des déraillements dus à la rupture d'un essieu.

Or, l'une des causes principales de rupture d'essieu est la surchauffe d'un roulement d'essieu. Prise à temps, cette surchauffe peut n'entraîner qu'une simple inspection en atelier du roulement incriminé, mais les effets peuvent aussi être le déraillement du train et ses conséquences graves sur les réseaux en cas d'absence de détection.

L'utilisation de détection de boîtes chaudes sur les réseaux ferrés prévient des accidents qui pourraient résulter de la surchauffe d'un roulement d'essieu.

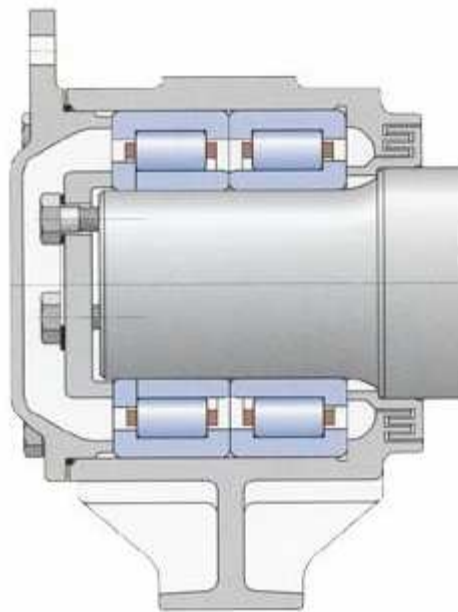


Figura 19 : Schéma en coupe d'une boîte d'essieu

Par la suite, nous écrivons DBC pour Détecteurs de Boîtes Chaudes.

8.1 Objectifs du système

"Le dispositif de détection de boîte d'essieu doit être en mesure, dans un laps de temps au cours duquel la température augmente habituellement, de détecter un échauffement anormal d'une boîte d'essieu." (prescription STI).

La détection de boîte chaude devra être mise en œuvre pour tous les types de trains amenés à emprunter la ligne nouvelle.

8.2 Topologie et géométrie des ouvrages

Le choix d'architecture du système de détection de boîte chaude dépendra :

- Du profil en long,
- Des coupes types en tunnel,
- De la position des locaux techniques,
- De la position des descenderies,
- De la position des lieux d'arrêts des trains ayant fait l'objet d'une détection de boîte chaude,
- Des contraintes physiques imposées sur les réseaux encadrants.

8.3 Contraintes

8.3.1 Contraintes de sécurité

➤ *Contraintes fonctionnelles*

Le déclenchement d'un des détecteurs de boîtes chaudes génèrera une alarme transmise automatiquement et immédiatement au PCC, incluant les informations caractéristiques suivantes :

- Date et heure de l'incident,
- L'identification du détecteur,
- L'identification et le sens de marche du train,
- La position de l'essieu et le côté avarié,
- Le niveau d'alarme.

Les équipements fixes seront conçus pour détecter et transmettre deux niveaux d'alarme :

- Température anormale exigeant une inspection de la boîte d'essieu,
- Température dangereuse exigeant une intervention immédiate.

➤ *Sécurité des biens et des personnes*

Les installations du système mises en œuvre devront être conçues et réalisées en parfaite conformité avec les réglementations et normes relatives à la sécurité des biens et des personnes.

Tous les câbles électriques, tuyaux et autres éléments constitutifs du système en tunnel ne devront pas contenir de matériaux :

- halogènes,
- propagateurs d'incendie,
- émetteurs de fumées toxiques.

8.3.2 Contraintes d'environnement

- En extérieur, les conditions climatiques seront celles d'une vallée alpine des Alpes avec des têtes de tunnel à 600m d'altitude environ.
- La roche dans laquelle est taillée le tunnel est une roche chaude. Les parois du tunnel seront à des températures comprises entre 30 et 40°C.
- Au niveau des sites d'intervention, un système d'aspersion est prévu sur 750 m.
- Le passage du train produit un effet de piston et génère une surpression à l'avant de celui-ci et une dépression à l'arrière en tunnel. La variation maximale de pression due au passage des trains sera de l'ordre de 10 kPa.
- L'usure de la caténaire provoque de la poussière de cuivre source d'encrassement possible des capteurs.
- Dû aux poids des convois, les rails auront un taux d'usure important, ce qui a pour effet de générer des poussières d'acier (à titre d'exemple, les rails du tunnel sous la Manche ont été changés une fois en 10 ans d'exploitation)
- La construction des tunnels produira de la poussière de béton. La quantité sera importante en début d'exploitation et réduira au fur et à mesure de l'exploitation.
- D'après l'expérience du tunnel sous la Manche, de nombreuses graisses et autres substances parasites seront susceptibles de se répandre sur les matériels.
- Le passage des trains dans les tubes générera de fortes vibrations.

8.3.3 Contraintes d'exploitation et de maintenance

➤ *Exploitation*

- Les détecteurs de boîtes chaudes devront pouvoir détecter les échauffements des boîtes d'essieux des trains.
- Les DBC devront pouvoir détecter les anomalies sur les trains assez tôt pour permettre à tous les trains de s'arrêter sur les sites prévus à cet effet.
- Les trains seront susceptibles de circuler dans les deux sens sur chacune des voies.
- La vitesse des trains en tunnel sera comprise entre 100 et 220 km/h.
- Toutes les boîtes d'essieux des trains sont équipées d'une fenêtre de lecture de la température des essieux. Celles-ci sont horizontales, situées sous la boîte d'essieu.
- Ces fenêtres de lecture sont de taille et de position variable en fonction du type d'essieu installé sur les bogies des trains.

➤ *Maintenance*

La maintenance sera prévue 4 heures par nuit sur tout ou partie de l'une des deux voies, pour la ligne nouvelle.

La maintenance sera prévue 2h par voie, successivement sur chacune des voies, en période de jour, pour la ligne historique.

Les interventions de maintenance sur les équipements à proximité des descenderies et en dehors de la plate-forme ferroviaire pourront se faire pendant l'exploitation ferroviaire.

Le nettoyage du tunnel se fera par projection d'eau. D'autres produits de nettoyage sont à prévoir mais ne sont pas connus à ce jour.

- **Corrective :**

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

- **Exceptionnelle :**

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

8.3.4 Contraintes d'installation

En tunnel, les voies seront posées sur des blochets en béton. Cela pourra amener à prendre des dispositions particulières pour la mise en place de nos équipements.

L'emplacement disponible pour implanter les équipements de traitement des informations issues des DBC sera contraint par la place disponible dans les locaux techniques et la distance entre ces locaux et les voies.

L'emplacement disponible pour implanter les équipements dans le tube sera contraint par la coupe type en section courante, niveau bas, tel que représenté sur la figure 16.

8.4 Performances

Après avoir regardé les différentes contraintes auxquelles sera soumis le système de détection de boîtes chaudes, 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, au temps de réaction espéré pour le système, à sa fiabilité, à la maintenance et à la disponibilité.

- *Généralités*

Le système devra satisfaire à l'ensemble des contraintes énoncées ci-avant.

- *Précision de la mesure*

La capture des radiations thermiques devra être réalisée sur une échelle de température allant de 20°C à 115°C minimum.

La précision sur la mesure de température des boîtes d'essieux devra être inférieure à 3°C jusqu'à 90°C et inférieure à 5°C pour les températures supérieures à 90°C.

- *Temps de réaction*

Le temps de traitement général des alarmes d'exploitation depuis la détection d'une anomalie jusqu'à la prise en compte au PCC ne devra pas dépasser 10 secondes.

➤ *Fiabilité*

En phase d'exploitation normale du système, la production de fausses alarmes ne devra pas être supérieure à 1 pour 1000 alarmes générées.

➤ *Maintenance*

▪ Préventive :

Le temps entre deux maintenances préventives ne saura être inférieur à 15 jours en tunnel et à 6 mois hors tunnels.

▪ Corrective :

Le temps entre deux maintenances correctives sur une même pièce d'un équipement ne saura être inférieur à 12 mois.

➤ *Disponibilité*

Les équipements du système de détection de boîtes chaudes situés sur la ligne nouvelle seront au plus indisponibles 4h la nuit tous les deux jours.

Les équipements du système de détection de boîtes chaudes situés sur la ligne historique seront au plus indisponibles 2h par jour tous les jours.

8.5 Architecture du système et installation

8.5.1 Architecture générale

Le schéma suivant présente un résumé de l'architecture du système.

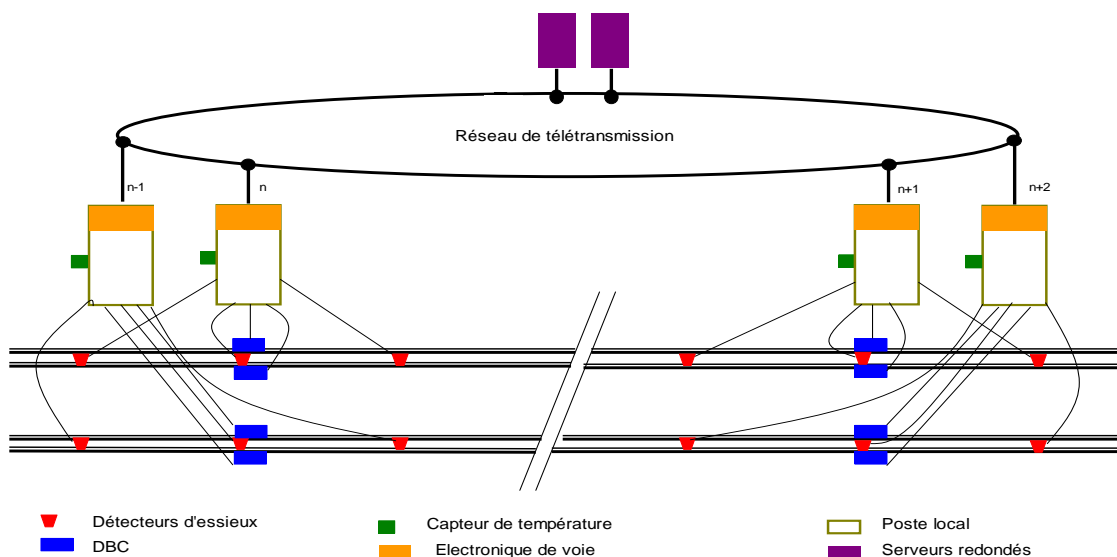


Figura 20 : Schéma d'architecture générale du système de Détection de Boîtes Chaudes

Voici le schéma d'implantation des capteurs en tunnel.

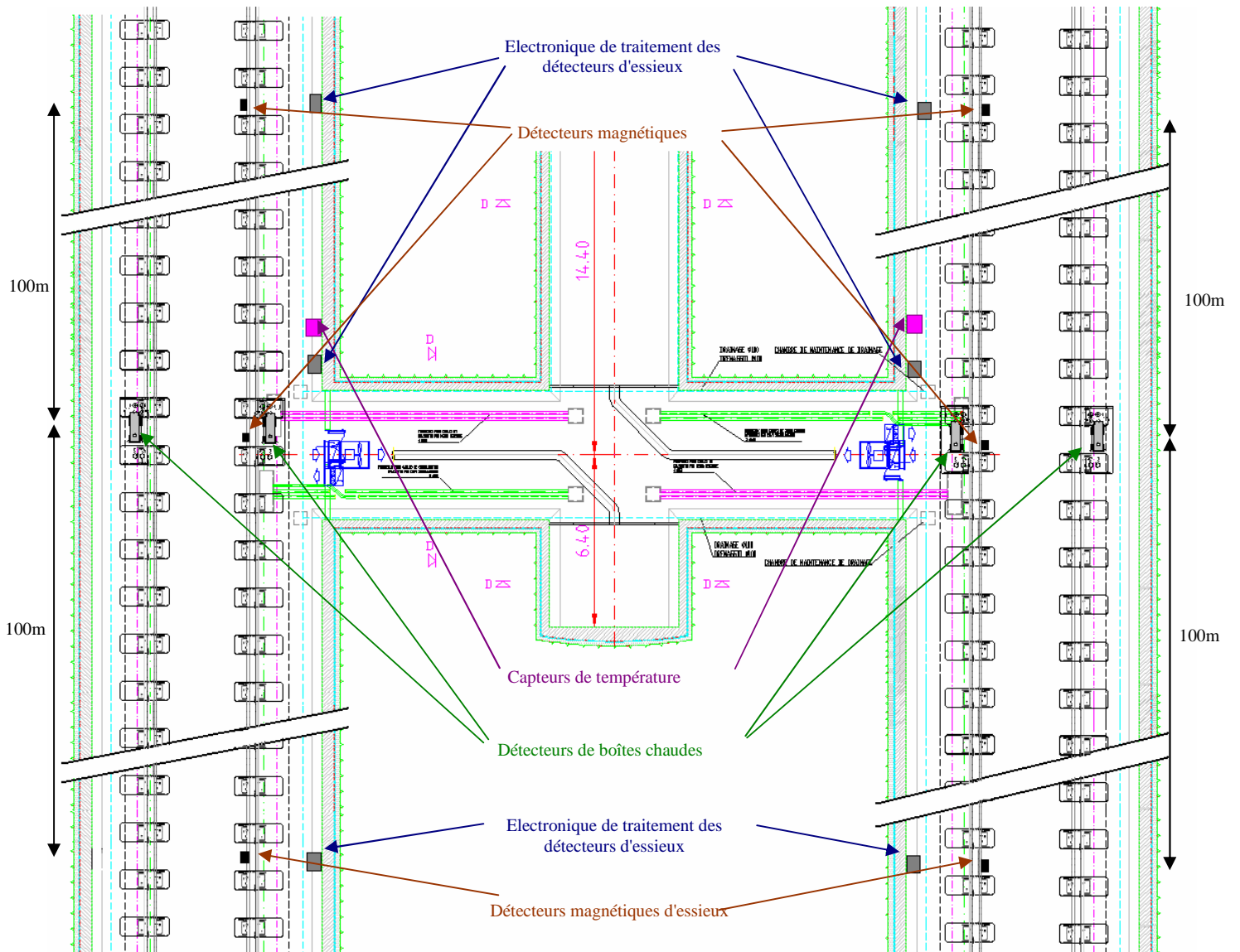


Figura 21 : Plan d'implantation des capteurs pour le système de DBC en tunnel

8.5.2 Capteurs

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

➤ DBC

Chaque DBC devra être installé près des rails, de chaque côté extérieur des voies, ceci afin de pouvoir lire la fenêtre d'ouverture des boîtes d'essieux de trains (il y a deux boîtes d'essieux par essieu, une sur chacun des côtés du train).

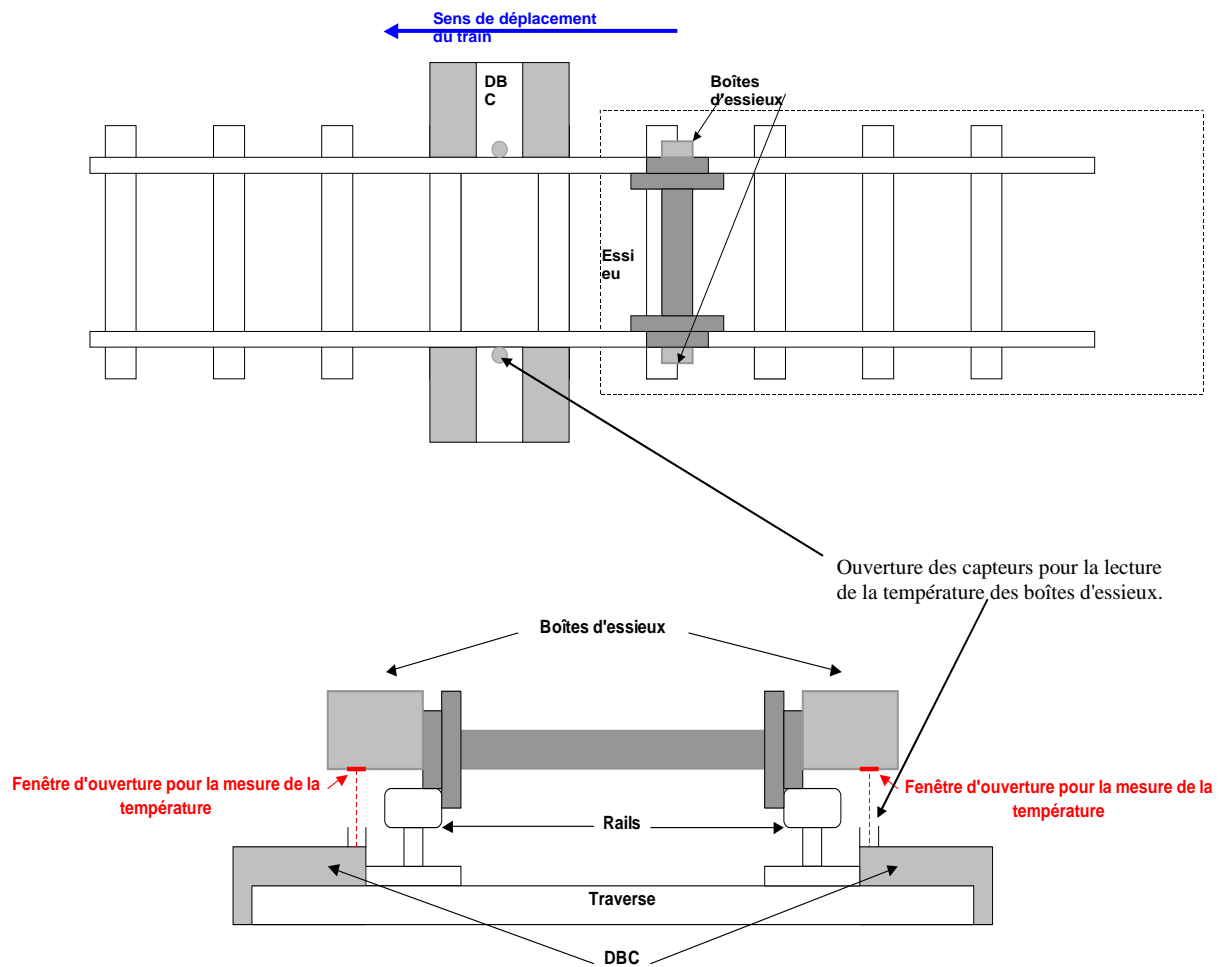


Figura 22 : Principe de positionnement des DBC pour la lecture de température des boîtes d'essieux. Vues de dessus et de face.

Les fenêtres de détection sont positionnées différemment sur les boîtes d'essieux en fonction du type de boîtes, voir de trains. Il faut donc pouvoir positionner les détecteurs de boîtes chaudes de telle sorte que le rayon vertical capté par l'optique permette une lecture dans toutes les fenêtres des boîtes d'essieux susceptibles de passer.

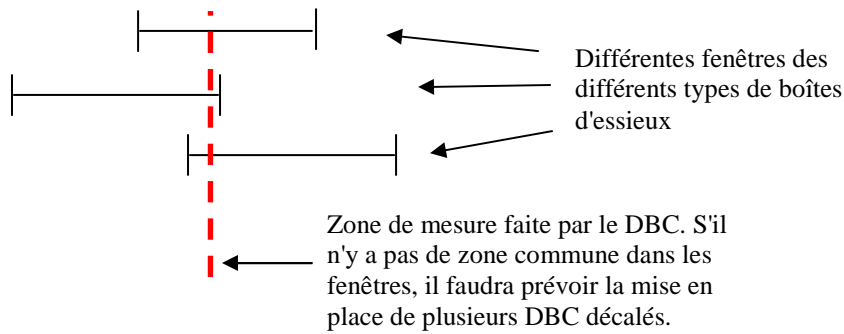


Figura 23 : Positionnement de l'ouverture pour la lecture de température dans la partie commune des fenêtres de lecture

Le nombre des DBC à installer sera à définir en fonction des caractéristiques des boîtes d'essieux de tous les trains amenés à traverser les tunnels. Nous ne pouvons donc pas aujourd'hui définir si les besoins sont de un ou plusieurs DBC par rail. Pour l'instant, l'hypothèse retenue est de ne mettre qu'un seul DBC de chaque côté de la voie sur un site de détection.

Chaque DBC sera :

- connecté à une électronique de voie, située dans une armoire de voies qu'on appellera le poste local.
- doté d'un capteur permettant la détection d'encrassement. Celui-ci générera une alarme technique à l'unité locale des DBC le cas échéant.
- doté d'un système autonome d'autocalibration.

Un système de chauffage sera mis en place dans chaque capteur afin d'éviter toute condensation au niveau de l'optique de mesure. Il servira de plus à prévenir de tout blocage du volet d'ouverture lié la présence de neige ou de glace.

➤ Détecteur d'essieux

Un système réalisé par un détecteur magnétique est utilisé pour la détection des roues lors du passage d'un train. L'annonce du passage d'un train permet de prévenir le système afin qu'il se prépare à la mesure des boîtes d'essieux. En fonction du positionnement du détecteur d'essieux, la détection pourra permettre de valider la présence de la boîte d'essieu au droit de l'ouverture du capteur afin de synchroniser la lecture au passage du train. Les deux détecteurs d'essieux situés en amont et en aval du point de mesure permettent le comptage des essieux entrants et sortants, et de valider ainsi le passage complet des trains.

Il faudra donc installer 3 détecteurs d'essieux par lieu d'implantation de DBC.

- Deux seront positionnés de part et d'autre des DBC à environ 100m afin de prévenir le système qu'un train va passer, et cela dans les deux sens de déplacement.

- Un est positionné au niveau de l'ouverture de mesure du capteur de DBC pour la synchronisation de la mesure.

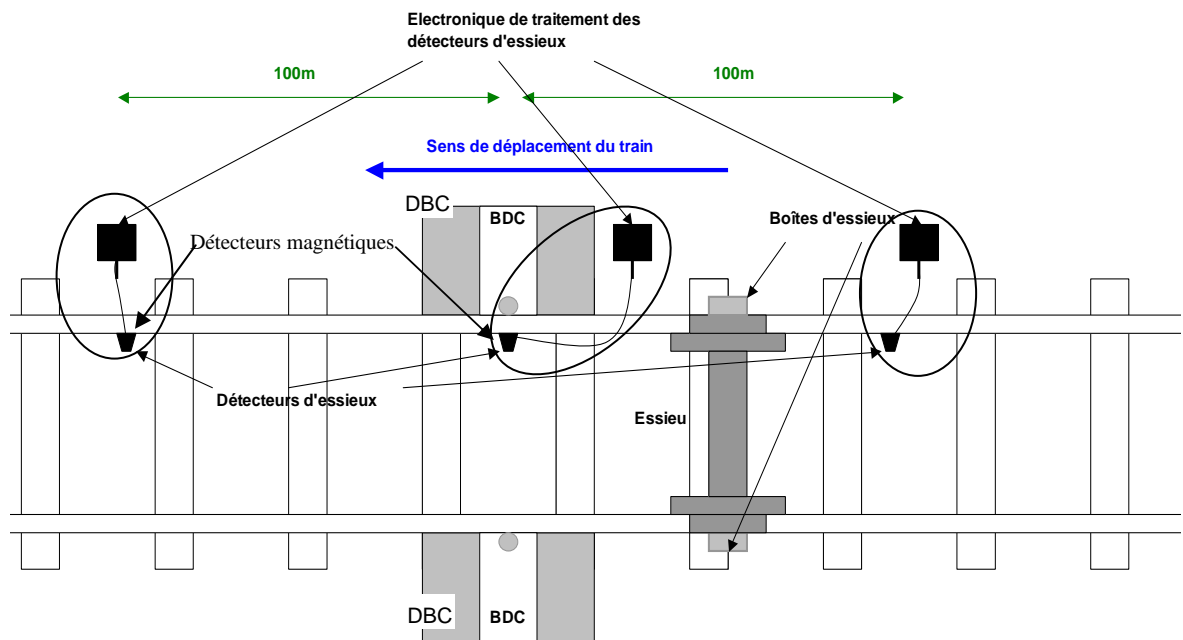


Figura 24 : Positionnement et architecture des détecteurs d'essieu

Chaque détecteur d'essieu sera raccordé à son électronique de traitement. Cet ensemble formera un système oscillant à une certaine fréquence. Cette fréquence sera transmise au poste local.

8.5.3 Câble de transmission et d'alimentation électrique

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

Les câbles de communication et d'alimentation mis en place, qu'ils soient entre les capteurs et les postes locaux DBC ou entre les postes locaux DBC et le point de concentration du réseau de télétransmission ou le départ électrique, devront respecter à la fois les contraintes imposées aux câbles en tunnel, c'est-à-dire de ne pas contenir de matériaux :

- halogènes,
- propagateurs d'incendie,
- émetteurs de fumées toxiques,

et être :

- CR1/C1 s'ils sont installés en tunnel de manière apparente,
- C2 sinon.

Les câbles devront pouvoir résister à une exposition permanente aux radiations solaires, aux intempéries et à des projections d'eau.

8.5.4 Postes

Après l'étude des détecteurs et des câbles électriques et de transmissions, nous décrivons ici l'architecture des postes locaux et du système de supervision.

➤ Poste local

Une armoire locale sera installée à proximité de chaque voie, proche des emplacements destinés à recevoir une détection de boîtes chaudes.

Elle sera notamment constituée d'une électronique de voie, destinée au traitement des mesures, au comptage des essieux et à la gestion des capteurs.

Une électronique de voie sera suffisante pour traiter les informations de 2 DBC, 3 détecteurs d'essieux et un capteur de température extérieure.

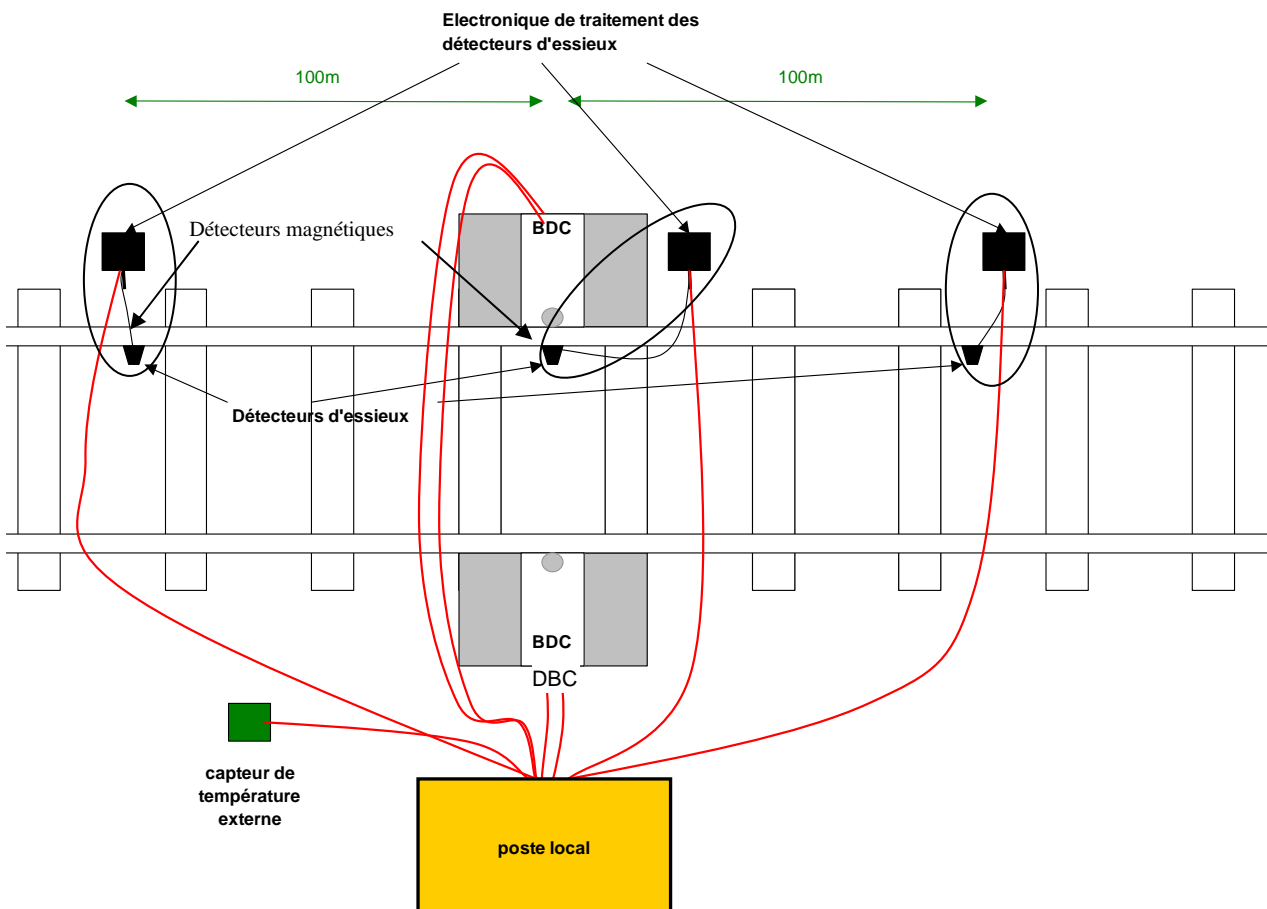


Figura 25 : Architecture générale d'un poste local et ses capteurs de voie

Chaque poste local:

- devra fournir l'alimentation nécessaire au fonctionnement des capteurs.
- sera connecté à l'aide d'une carte de communication au réseau de télétransmission.

De plus, un connecteur RS232 sera disponible pour permettre la connexion à un PC portable de maintenance.

Il y aura en tout 12 postes locaux, chacun gérant 2 DBC, 3 détecteurs d'essieux et un détecteur de température pour garantir la sécurité sur le corridor projet. Le système de supervision sera prévu pour gérer 2 postes locaux supplémentaires afin de tenir compte de l'évolutivité du système, soit 14 postes locaux en tout.

➤ *Poste central*

La solution que nous préconisons pour la centralisation des informations des capteurs de voies et leur traitement pour le système de détection de boîtes chaudes utilise les serveurs du système de supervision.

Les fonctions développées sur les serveurs que nous préconisons pour la gestion des informations des détecteurs de boîtes chaudes sont les mêmes que celles de l'automate. Elles permettront le même niveau de contrôle de la sécurité sur les boîtes d'essieux des trains en permettant plus de souplesse dans leur évolution future.

8.5.5 *Interfacce*

Infine, per terminare la descrizione dell'architettura, vediamo qui le differenti interfacce.

➤ *Alimentazione elettrica*

L'alimentazione elettrica dei sensori di binari sarà assicurata dal quadro locale.

L'alimentazione elettrica dei quadri locali sarà assicurata da due sorgenti, 230Vac e 400Vac (vedi le prescrizioni tecniche). L'alimentazione soccorsa sarà trasmessa in 400V per permettere una distanza importante tra il quadro di binario ed il pannello da cui proviene l'alimentazione elettrica.

L'impresa responsabile degli impianti d'alimentazione elettrica dovrà assicurare la fornitura del materiale per l'allacciamento alla rete d'alimentazione fino ai piedi di ogni quadro locale del sistema di rilevamento di temperatura di boccole.

➤ *Sistemi che scambiano con il sistema di supervisione sulla rete di teletrasmissione.*

Tutti i quadri locali comunicheranno con i server di sicurezza incaricati del sistema di rilevamento di temperatura di boccole attraverso la rete di teletrasmissione.

Il protocollo di comunicazione e le interfacce saranno definiti negli studi sul PCC e in quelli sulle reti di comunicazione sapendo che i quadri locali dovranno poter comunicare con tutti i protocolli standard mediante la messa in opera di una scheda di comunicazione adeguata.

L'impresa responsabile degli impianti di comunicazione dovrà assicurare la fornitura del materiale per l'allacciamento alla rete di teletrasmissione fino ai piedi di ogni quadro locale del sistema di rilevamento di temperatura di boccole.

➤ *Sistema che scambia con le reti inquadranti*

Il sistema di supervisione riceverà le informazioni di temperatura delle boccole misurate dagli ultimi rilevatori di temperatura di boccole delle reti inquadranti prima del corridoio progetto al fine di poter assicurare la misura dell'evoluzione delle temperature di boccole dei treni destinati a circolare nei tunnel di base e dell'Orsiera.

➤ *Genio Civile*

La messa in opera degli impianti legati al rilevamento di temperatura di boccole sui treni dovrà essere coordinata con le operazioni di Genio Civile.

Le riserve per i cavi, i blocchi calcestruzzo e le traversine speciali dovranno essere disponibili prima della messa in opera su sito dei sensori e dei quadri locali.

9. SIGNALISATION DANS LES RAMEAUX

Le tunnel est constitué de 2 tubes. Ceux-ci sont reliés ensemble par des rameaux de communication espacés de 333 m en section courante. D'autres rameaux, situés au niveau des stations de sécurité, permettent aux individus de rejoindre la station de sécurité en cas d'incident. Ces rameaux sont espacés de 50 m sur une longueur de 400 m.

Le passage des trains dans les tubes génère des variations de pression très importantes.

Si un individu se trouvait dans un des rameaux dont la porte donnant sur la voie où passe le train était ouverte, celui-ci serait projeté à terre ou contre l'autre porte du rameau en phase de surpression générée par le train, ou happé par le train en phase de dépression qui succède le train.

Il est important que les personnes présentes dans les rameaux soient conscientes des conditions de sécurité dans lesquelles elles se trouvent avant de choisir d'ouvrir une porte d'un rameau donnant sur une voie.

L'utilisation de signalisation de sécurité en rameau réduit la probabilité d'ouverture d'une porte de rameau au passage d'un train.

9.1 Objectifs du système

Le dispositif de signalisation des rameaux sera destiné à prévenir les personnes présentes dans les rameaux des dangers d'ouverture des portes donnant accès aux voies ferrées en tunnel.

Toutes les portes de chacun des rameaux en tunnel, des galeries, descenderies ou autres, donnant accès à l'une des deux voies devront être équipées en signalisation.

9.2 Topologie et géométrie des ouvrages

Le choix d'architecture du système de signalisation des locaux dépendra :

- De la constitution des rameaux et de leurs locaux s'ils en sont équipés.
- De la constitution des descenderies, galeries et autres nécessitant ce type d'équipements.

9.3 Contraintes

9.3.1 Contraintes de sécurité

➤ Sécurité des biens et des personnes

- Les installations du système mises en œuvre devront être conçues et réalisées en parfaite conformité avec les réglementations et normes relatives à la sécurité des biens et des personnes.
- Toute porte donnant accès à l'une des deux voies en tunnel devra être équipée d'un système de signalisation lumineuse prévenant que toutes les conditions de sécurité sont remplies pour un accès aux voies.
- Tous les câbles électriques, tuyaux et autres éléments constitutifs du système ne devront pas contenir de matériaux :

- halogènes,
- propagateurs d'incendie,
- émetteurs de fumées toxiques.

9.3.2 Contraintes d'environnement

- Les conditions d'environnement minimales à l'intérieur du tunnel, dans les rameaux et en local technique.
- La roche dans laquelle est taillé le tunnel est une roche chaude. Les parois du tunnel seront à des températures comprises entre 30 et 40°C.
- L'usure de la caténaire provoque de la poussière de cuivre source d'encrassement possible des capteurs.
- Dû aux poids des convois, les rails ont un taux d'usure important, ce qui a pour effet de générer des poussières d'acier (à titre d'exemple, les rails du tunnel sous la Manche ont été changés une fois en 10 ans d'exploitation)
- La construction des tunnels produira de la poussière de béton. La quantité sera importante en début d'exploitation et réduira au fur et à mesure de l'exploitation.
- Le passage du train produit un effet de piston et génère une surpression à l'avant de celui-ci et une dépression à l'arrière. Ceci n'aura d'effet sur le système qu'en cas d'ouverture des portes du rameau. La variation maximale de pression est estimée à 10kPa.
- Le passage des trains dans les tubes génère de fortes vibrations.

9.3.3 Contraintes d'exploitation et de maintenance

➤ *Exploitation*

- Les signaux lumineux de sécurité devront être visibles et compréhensibles par tout individu empruntant un rameau de communication, que cet individu soit ou non expérimenté.
- Les appareils de signalisation des rameaux devront être placés à l'intérieur des rameaux de communication, proche de chaque porte donnant accès à une des voies des deux tubes, ainsi que dans les autres zones de l'ouvrage ayant une porte donnant accès à l'un des deux tubes.
- Un signal lumineux de couleur verte indiquera que toutes les conditions de sécurité sont regroupées pour que les utilisateurs puissent ouvrir la porte du rameau donnant accès à la voie correspondante.
- Un signal lumineux de couleur rouge indiquera qu'une condition de sécurité au moins n'est pas suffisante pour assurer, vis à vis des personnes présentes dans le rameau, leur sécurité dans le tube ferroviaire correspondant.
- Les études de sécurité définiront les conditions pour lesquelles les lumières devront indiquer un signal rouge ou un signal vert.

➤ *Maintenance*

De manière générale, la maintenance sera prévue 4 heures par nuit sur tout ou partie de l'une des deux voies, pour la ligne nouvelle. Nous nous basons sur l'hypothèse que ces 4 heures pourront être utilisées pour la maintenance des équipements en rameaux.

Le nettoyage du tunnel se fera par projection d'eau. D'autres produits de nettoyage sont à prévoir mais ne sont pas connus à ce jour.

- Corrective :
Toutes les pièces nécessaires à la maintenance du système devront être disponibles sur 15 ans.
- Exceptionnelle :
Le système ne pourra être remplacé qu'après au moins 15 ans d'exploitation.

9.3.4 Contraintes d'installation

L'implantation des signaux lumineux devra se faire de telle manière que le signal devra être visible et compréhensible par toute personne présente dans le rameau. La contrainte d'installation est donc la place disponible autour des portes d'accès aux voies.

9.3.5 Contraintes d'évolutivité

Les nouveaux équipements installés après la mise en service du tunnel devront pouvoir s'interfacer avec les équipements déjà mis en œuvre.

9.4 Performances

Après avoir regardé les différentes contraintes auxquelles est soumis le système de signalisation des rameaux, nous établissons ici les performances que celui-ci doit atteindre. Celles-ci ont été séparées en cinq points. Nous verrons d'abord les performances générales puis celles liées au temps de réaction du système, à la fiabilité, à la maintenance, et à la disponibilité.

➤ *Générales*

Le système devra pouvoir résister aux contraintes d'environnement énoncées ci-avant.

➤ *Temps de réaction*

Le temps mis par le système entre la réception de l'information spécifiant la synthèse des conditions de sécurité quant à l'accès aux voies et l'allumage de la bonne lumière devra être inférieur à la seconde.

➤ *Fiabilité*

En phase d'exploitation normale du système, la production de fausses alarmes ne devra pas être supérieure à 1 pour 1000 alarmes générées.

➤ *Maintenance*

- Préventive :

Le temps entre deux maintenances préventives ne saura être inférieur à 6 mois.

- Corrective :

Le temps entre deux maintenances correctives sur une même pièce d'un équipement ne saura être inférieur à 12 mois.

➤ *Disponibilité*

Le système devra toujours être disponible hors horaires de maintenance.

9.5 Architecture du système et installation

9.5.1 Architecture générale

Le schéma suivant présente un résumé de l'architecture du système.

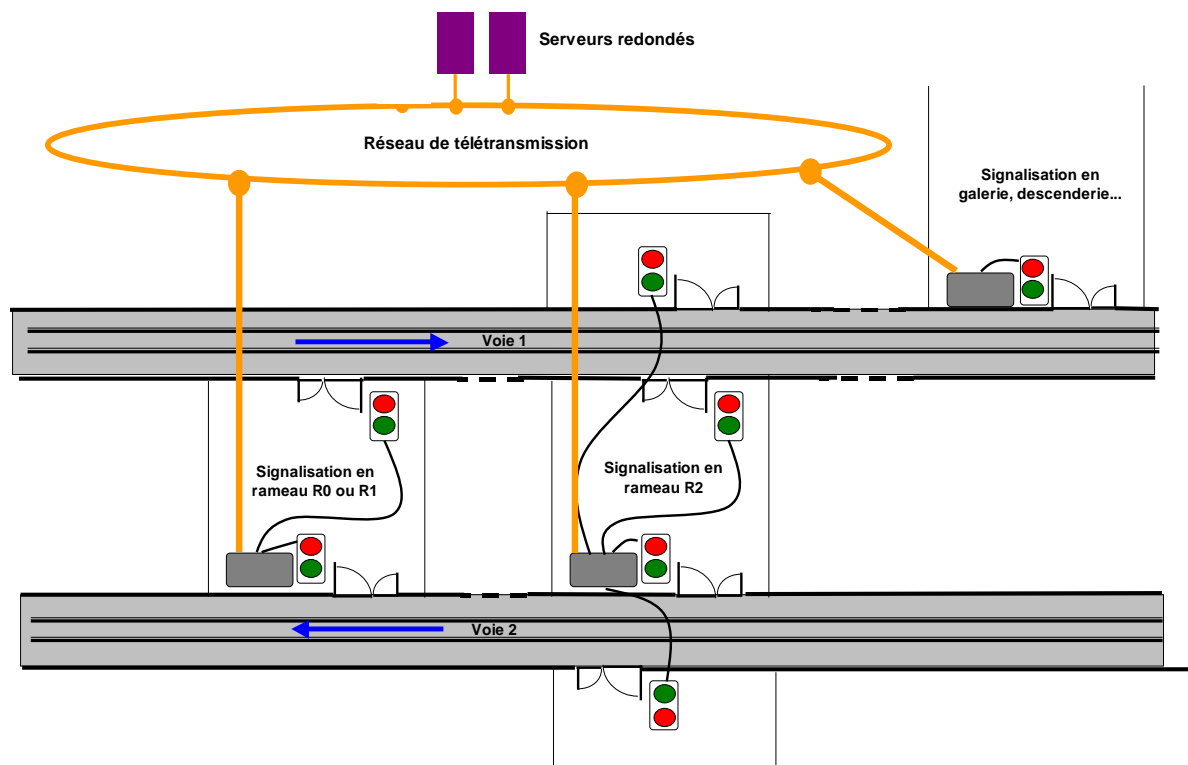


Figura 26 : Schéma d'architecture générale du système de signalisation des rameaux

9.5.2 Signalisation

Les signaux lumineux rouge et vert seront disposés côte à côte, dans un même boîtier, en haut à droite des portes à l'intérieur des rameaux.

Les signaux lumineux seront constitués de leds de puissance suffisante pour permettre une bonne visibilité pour toute personne présente à n'importe quel endroit dans le rameau.

9.5.3 Automate

Un automate de sécurité de à capacité de SIL 3 sera installé dans chaque rameau de communication et chaque local ayant un accès sur l'une des voies à l'intérieur des tunnels. Celui-ci devra être de faible taille, compte tenu de l'importance de ne pas encombrer les rameaux de communication.

L'automate devra être capable de communiquer avec les serveurs de sécurité par l'intermédiaire du réseau de télétransmission.

Chaque automate sera prévu pour détecter le bon fonctionnement de chaque source lumineuse des feux de signalisation qui lui sont connectés par contrôle de la résistance du circuit.

Chaque automate devra pouvoir constamment vérifier que les deux signaux lumineux rouge et vert des feux de signalisation à sa charge ne puissent pas être allumés en même temps, qu'un des deux signaux soit constamment allumé, et que le signal qui est allumé corresponde bien à la commande dictée par le système de supervision.

Un automate sera suffisant pour traiter les informations de deux blocs de signalisation lumineuse en rameaux R0 et R1, puisque les rameaux ont au plus deux accès donnant sur les voies

En rameaux R2, les automates devront pouvoir traiter les informations de 4 blocs de signalisation lumineuse.

Dans les stations de sécurité, l'automate mis en place n'aura à gérer les informations que pour 1 seul bloc de signalisation lumineuse.

9.5.4 Câble de transmission et d'alimentation électrique

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

Les câbles mis en place, qu'ils soient entre les feux et l'automate ou entre l'automate et le point de concentration du réseau de télétransmission ou le départ électrique, devront respecter à la fois les contraintes imposées aux câbles en tunnel, c'est à dire ne pas contenir de matériaux :

- halogènes,
- propagateurs d'incendie,
- émetteurs de fumées toxiques,

et être :

- CR1/C1 s'ils sont installés en tunnel de manière apparente,
- C2 sinon.

9.5.5 Interfaces

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

➤ *Alimentation électrique*

Les alimentations des signaux lumineux et de l'automate seront réalisées par une alimentation secourue sans coupure en 24Vcc.

L'entreprise responsable des équipements d'alimentation électrique devra assurer la fourniture du matériel pour le raccordement au réseau d'alimentation jusqu'au pied de chaque automate du système.

➤ *Communication avec le système de supervision sur le réseau de télétransmission.*

Chaque automate de signalisation communiquera avec les serveurs de sécurité en charge du système de signalisation des rameaux via le réseau de télétransmission. Le protocole de communication et les interfaces seront définis dans les études sur le PCC et celles sur les réseaux de communication, sachant que les postes locaux devront pouvoir communiquer avec tous les protocoles standards moyennant la mise en place d'une carte de communication adéquate.

L'entreprise responsable des équipements de communication devra assurer la fourniture du matériel pour le raccordement au réseau de télétransmission jusqu'au pied de chaque automate du système.

10. STATION METEOROLOGIQUES

Compte tenu de l'implantation géographique de la zone franco-italienne de la liaison Lyon Turin ferroviaire en haute vallée alpine (altitude entre 500 et 1000 m), de l'influence des paramètres météorologiques sur l'exploitation ferroviaire (vent, gel, pression atmosphérique, neige) il nous semble utile malgré la diffusion d'informations météorologiques nationales (française et italienne) de recueillir des données météorologiques particulières à cet ouvrage.

10.1 Objectifs du système

Le présent système a pour objectif de recueillir les informations météorologiques suivantes :

- Mesure de la vitesse et de la direction du vent pour permettre, en cas de vent transversal fort, de déclencher la circulation en mode dégradé des trains de fret et d'autoroute ferroviaire (AF), et d'informer l'exploitation du réseau ferré sur le risque de décalage de la caténaire au-delà de la zone de frottement normal du pantographe,
- Analyse du risque de gel pour permettre de déclencher la mise en chauffe des aiguillages et d'informer l'exploitation du réseau ferré sur les possibilités de givre de la caténaire et des rails,
- Mesure de la pression atmosphérique aux têtes de tunnel pour permettre d'informer le système de désenfumage en cas d'incendie,
- Mesure des précipitations et analyse des hauteurs de neige pour permettre de déclencher les opérations de déneigement.

10.2 Topologie et géométrie des ouvrages

Les ouvrages ayant un impact sur les stations météo seront :

- L'emprise au sol des voies,
- Le profil en long,
- L'implantation des équipements ferroviaires,
- Les zones de traversée piétonne des voies pour la maintenance et l'exploitation.

10.3 Contraintes

10.3.1 Contraintes de sécurité

Conformément aux hypothèses retenues dans le dossier de référence des données d'entrée, nous avons proposé, pour les stations météo, de mesurer :

- *La température et hygrométrie de l'air,*
- *La vitesse et la direction du vent,*
- *Les températures du rail,*
- *La hauteur de neige,*
- *La détection de précipitation,*

- *La pression atmosphérique.*

10.3.2 *Contraintes d'environnement*

- De chaque côté des tunnels, les contraintes d'environnement seront celles d'une vallée alpine à une altitude de 600m,
- Les vibrations engendrées par le passage du train seront importantes,
- Variations d'air lors du passage du train,
- Les influences externes.

10.3.3 *Contraintes d'exploitation et de maintenance*

- *Exploitation*

Les trains circuleront à une vitesse inférieure à 220km/h.

- *Maintenance*

- *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.

10.3.4 *Contraintes d'installation*

L'emplacement disponible pour implanter les stations météo sera contraint par la position des voies.

10.4 Performances

Après avoir regardé les différentes contraintes auxquelles est soumis le système des stations météo, nous établissons ici les performances que celui-ci devra 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 maintenance, de fiabilité, et de disponibilité.

- *Précision de la mesure*

- Mesure de la température et de l'hygrométrie de l'air :
- Mesurer des températures allant de -30 °C à +60 °C avec une précision de 1 °C,
- Mesurer une humidité allant de 0 à 100 % avec une précision de 3 %.
- Mesure de la vitesse et de la direction du vent :
- Déterminer la direction du vent entre 0 et 358 ° avec une précision de 3 degrés,

- Déterminer la vitesse du vent pour des vents allant de 0 à 50 m/s avec une précision de 0,3 m/s.
- Mesure de la température du rail :
- Mesurer la température du rail pour des températures allant de -30 °C à +60 °C avec une précision de 1 °C,
- Déterminer le point de congélation et l'état des rails.
- Mesure de la hauteur de neige :
- Mesurer des hauteurs de neige de 0 cm à 3 m, avec une précision du millimètre.
- Mesure de la pression atmosphérique
- Mesurer des pressions comprises entre 800 et 1200 hPa, avec une précision de 3 hPa.
- Détection de précipitation :
- Détecter dès le début les précipitations,
- Discriminer entre pluie et neige,
- Mesurer les quantités tombées,
- Résolution à 0,1 mm.

➤ *Exploitation*

- Mesure de la température et de l'hygrométrie de l'air :
- Déclencher une alarme lorsque la température de l'air n'est pas comprise entre + 5 °C et 30 °C,
- Déclencher une alarme lorsque l'hygrométrie de l'air n'est pas comprise entre 10 et 60 %.
- Mesure de la vitesse et de la direction du vent :
- Déclencher une alarme lorsque la vitesse du vent est supérieure à 17 m/s,
- Pour la direction du vent, aucune alarme n'aura besoin d'être déclenchée. Cependant, les valeurs devront être accessibles au PCC pour information, en particulier pour la ventilation.
- Mesure de la température du rail :
- Déclencher une alarme lorsque la température du rail est inférieure à + 3 °C.
- Mesure de la hauteur de neige :
- Déclencher une alarme lorsque la hauteur de neige est supérieure à 70 cm.
- Mesure de la pression atmosphérique :
- Aucune alarme n'aura besoin d'être déclenchée. Cependant, les valeurs devront être accessibles au PCC en cas de mise en route de la ventilation.
- Détection de précipitation :
- Déclencher une alarme en cas d'apparition de neige,
- Les autres mesures devront être accessibles, sur demande, depuis le PCC.

➤ *Maintenance*

- Préventive :
Le temps entre deux maintenances préventives ne saura être inférieur à 3 mois.
- Corrective :
Les pièces changées lors d'une maintenance corrective seront en mesure de fonctionner pendant au moins un an.

➤ *Fiabilité*

- Les valeurs retournées par les capteurs devront être comprises dans la plage de précision et seront considérées comme juste,
- Une fois la période d'essais terminée, le système devra produire au maximum une fausse alarme toutes les 1 000 alarmes générées.

➤ *Disponibilité*

- Le système devra pouvoir être disponible 24/24h en période d'exploitation.

10.5 Architecture du système et installation

10.5.1 Architecture générale

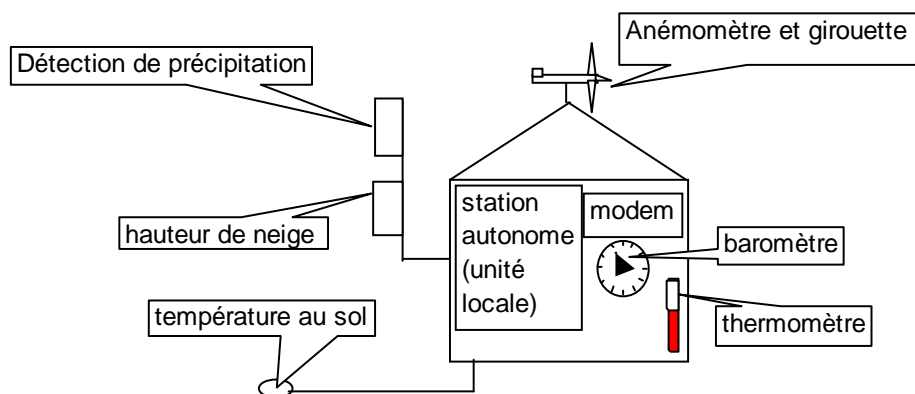


Figura 27 : Schéma de principe de la station météo

La figure suivante représente le principe de raccordement des différentes stations au réseau télécoms.

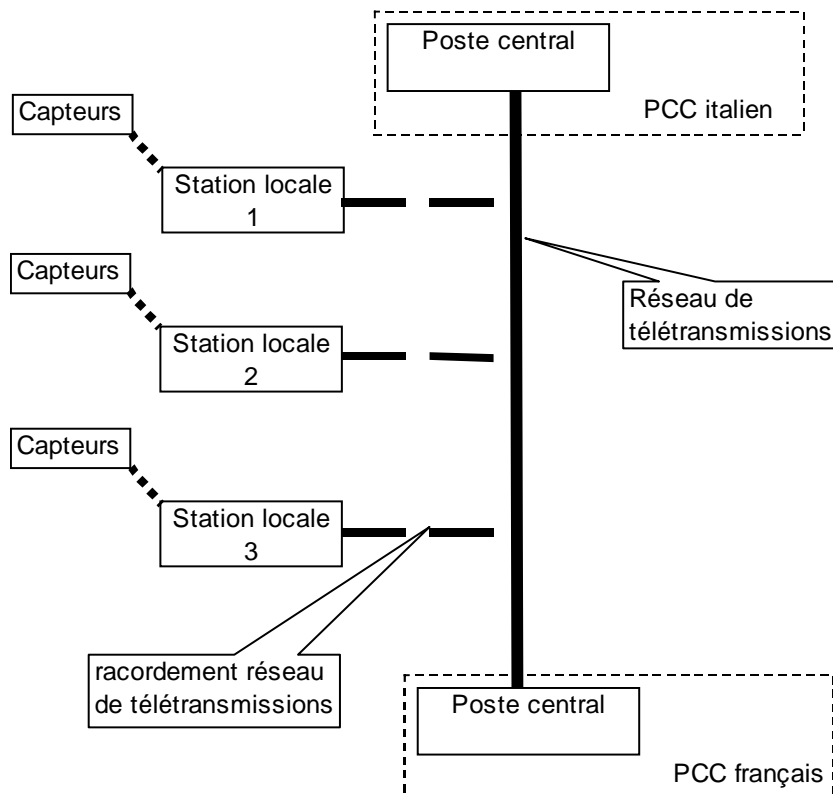


Figura 28 : Architecture générale des stations météo

10.5.2 Capteurs

Pour les stations météo, nous commençons par présenter l'architecture des différents capteurs à installer.

La zone LTF sera composée de trois parties à l'air libre, la première au niveau de Saint Jean de Maurienne, la seconde au niveau de la gare internationale de Susa et la troisième au niveau de la Piana delle Chiuse. Nous implanterons donc 4 stations météorologiques automatiques (une pour chaque portail). Chacune d'elles sera composée de six capteurs. Le premier mesurant la température et l'hygrométrie de l'air, le second la vitesse et la direction du vent, le troisième la température du rail, le quatrième la pression atmosphérique, le cinquième la hauteur de neige et le dernier détectera les précipitations.

Les quatre stations seront reliées à un poste central situé au PCC.

De plus afin d'effectuer des mesures représentatives, les quatre stations devront être installées sur des lieux non protégés du vent et des précipitations. Par ailleurs, pour les équipements nécessitant une prise de mesure en hauteur, un poteau sera nécessaire de taille

suffisante pour ne pas que la mesure soit influencée par le passage des trains et le dérangement dynamique des flux d'airs liés au viaduc. Il faudra veiller à ce que celui-ci n'interfère pas avec la caténaire.

Les différentes implantations pourront être visualisées sur les synoptiques d'implantation (C2B-TS3-0068).

Pour les capteurs d'hygrométrie et de température de l'air, de vitesse et de direction du vent, de pression atmosphérique et de température du rail, les technologies étant standards, on retiendra pour ce système les équipements utilisant des techniques éprouvées et nécessitant des besoins faibles en maintenance. La vérification de ce dernier critère se faisant sur des retours d'expérience d'autres stations météo. Pour la détection de précipitation, on utilisera un radar à effet doppler et pour la mesure de la hauteur de neige, un écho ultrasonique. Par ailleurs, les équipements mis en œuvre devront être agréés par les organismes nationaux, français et italiens, de météorologie.

En fonction des capteurs retenus et de leurs consommations individuelles, il pourra être opportun d'alimenter la station météo à l'aide de panneaux solaires. Leur nombre sera déterminé en fonction des équipements installés.

L'emprise au sol de chaque station sera au maximum de 3 m par 3 m.

Les communications entre les capteurs et l'unité de traitement locale seront assurées par des contacts libres de tout potentiel, 4/20 mA, ou des interfaces propriétaires. Ceci sera déterminé lors de la mise en œuvre en fonction des équipements installés.

10.5.3 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.

Les câbles assurant la transmission entre les capteurs situés en hauteur et la station météo devront être blindés afin d'être insensibles aux perturbations électromagnétiques. Aucune contrainte de comportement au feu ne sera imposée. Cependant les câbles étant situés en extérieur, ils devront pouvoir résister à une exposition permanente aux radiations solaires, aux intempéries, et à des projections d'eau.

La centrale sera connectée au point de concentration du réseau de télétransmissions le plus proche. On supposera ici que, compte tenu de la distance, ce raccordement pourra être effectué à l'aide d'un câble cuivre blindé ayant les mêmes contraintes que ceux reliant la centrale aux capteurs situés en hauteur.

10.5.4 Système de traitement

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

Les stations météo seront dotées d'unités de traitement locales capables de gérer les informations retournées par les capteurs. Ces unités locales étant interrogées périodiquement par le poste central, elles devront être en mesure de garder en mémoire les informations renvoyées par les capteurs entre deux interrogations. Sur chacune d'elle seront raccordés six capteurs renvoyant un total de huit mesures.

Afin d'assurer la transmission d'informations avec les serveurs « équipements de sécurité » situés aux PCC, chaque station locale sera connectée au point de concentration du réseau de télétransmissions le plus proche.

Enfin, pour assurer la disponibilité de la station, une batterie lui permettant de fonctionner pendant 24h en autonomie sera prévue. Il sera donc nécessaire d'avoir également à l'intérieur de la station un dispositif permettant de charger cette batterie.

10.5.5 Interfaces

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

➤ *Alimentation électrique*

L'alimentation de la station sera assurée par la distribution électrique en 230 V ou par la batterie de secours en 12 V. La station se chargera ensuite d'alimenter les capteurs ponctuels.

➤ *Systèmes échangeant avec le système de supervision*

Seul l'unité de traitement local communiquera avec le système de supervision.

➤ *Génie Civil*

La mise en œuvre des stations météo et des capteurs devra être coordonnée avec les opérations de Génie Civil. La dalle béton et les réservations pour les câbles devront être disponibles avant le montage sur site des stations et l'installation des capteurs.