

LIAISON LYON - TURIN / COLLEGAMENTO TORINO - LIONE

Partie commune franco-italienne
Section transfrontalière

Parte comune italo-francese
Sezione transfrontaliera

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

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

EQUIPEMENTS – IMPIANTI

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

CARACTERISTIQUES DES EQUIPEMENTS DE SIGNALISATION DES RAMEAUX –
RELAZIONE TECNICA CARATTERISTICHE DEGLI IMPIANTI DI SEGNALAZIONE VIE DI FUGA

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérifié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	Novembre 2012	Emission pour vérification C2B et validation C3.0 / Emissione per la verifica C2B e la validazione C3.0	B. PAQUET (SETEC)	M. PIHOUEE C. OGNIBENE	M. FORESTA M. PANTALEO
A	Décembre 2012	Prise en compte de la FCOMM C2B_BOR_0037_50-00-26_121213_COM	B. PAQUET (SETEC)	M. PIHOUEE C. OGNIBENE	M. FORESTA M. PANTALEO
B	08/02/2013	Emissione a seguito commenti LTF / CCF	B. PAQUET (SETEC) R. DESCLODURE	M. PIHOUEE C. OGNIBENE	M. FORESTA M. PANTALEO

COD E DOC	P	D	2	C	2	B	T	S	3	1	6	3	1	B	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	26	10	02
------------------------------	-----	----	----	----	----	----	----	----

ECHELLE / SCALA
-


Dott. Ing. Aldo Marcarella
Ordine Ingegneri Prov. TO n. 627




LYON TURIN FERROVIAIRE

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

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



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

SOMMAIRE / INDICE

<i>RESUME/RIASSUNTO</i>	6
1. <i>INTRODUCTION</i>	7
2. <i>GLOSSAIRE</i>	8
3. <i>PRESENTATION DU SYSTEME DE SIGNALISATION DANS LES RAMEAUX</i>	8
3.1 <i>Généralités</i>	8
3.2 <i>Objectifs du système</i>	9
3.3 <i>Topologie et géométrie des ouvrages</i>	9
3.4 <i>Cadre réglementaire</i>	9
3.4.1 Directives européennes et normes STI.....	9
3.4.2 Règles CIG	10
3.4.3 Règles CIG.....	10
3.5 <i>Recensement des contraintes et performances</i>	10
3.5.1 Contraintes	10
3.5.1.1 Contraintes de sécurité	10
3.5.1.2 Contraintes d'environnement.....	11
3.5.1.3 Contraintes d'exploitation et de maintenance.....	11
3.5.1.4 Contraintes de réalisation.....	13
3.5.1.5 Contraintes d'évolutivité	13
3.5.2 Performances.....	13
3.5.2.1 Générales.....	13
3.5.2.2 Temps de réaction	13
3.5.2.3 Fiabilité	13
3.5.2.4 Maintenance	13
3.5.2.5 Disponibilité.....	14
4. <i>ANALYSE DES TECHNOLOGIES</i>	14
4.1 <i>Technologie à ampoules à incandescence</i>	14
4.1.1 Description	14
4.1.2 Description	15
4.1.3 Inconvénients	15
4.2 <i>Technologie à LEDs</i>	15
4.2.1 Description	15
4.2.2 Avantages.....	15
4.2.3 Inconvénients	15
4.3 <i>Technologie à feu flash</i>	15
4.3.1 Description	15
4.3.2 Avantages.....	16
4.3.3 Inconvénients	16
4.4 <i>Technologie à feu fixe</i>	16
4.4.1 Description	16
4.4.2 Avantages.....	16
4.4.3 Inconvénients	17
4.5 <i>Technologie à feu clignotant</i>	17
4.5.1 Description	17

4.5.2 Avantages.....	17
4.5.3 Inconvénients	17
4.6 Synthèse	17
5. <i>ETUDE DE L'ARCHITECTURE ET ANALYSE FONCTIONNELLE</i>	17
5.1 <i>Architecture</i>	17
5.1.1 Sécurité	18
5.1.2 Architecture générale	18
5.1.3 Signalisation.....	18
5.1.4 Automate.....	19
5.1.5 Câble de transmission et d'alimentation électrique	19
5.1.6 Interfaces	20
5.2 <i>Analyse fonctionnelle</i>	20
5.2.1 Fonctionnement du système.....	20
5.2.2 Exploitation du système	20
5.2.3 Equipements de terrain	21
5.2.4 Automate.....	21
5.2.5 Système de supervision.....	21
6. <i>SYNOPTIQUE D'IMPLANTATION DES DETECTEURS, PLAN DE DETAILS</i>	22
6.1 <i>Synoptique d'implantation</i>	22
6.2 <i>Coupe type au droit des capteurs</i>	22
7. <i>PRESCRIPTIONS TECHNIQUES</i>	23
7.1.1 Feux rouge/vert de sécurité.....	23
7.1.2 Automate.....	24
8. <i>ELEMENTS DE MISE EN ŒUVRE ET DE MAINTENANCE</i>	24
8.1 <i>Mise en œuvre</i>	24
8.1.1 Description.....	25
8.1.1.1 Feux de signalisation.....	25
8.1.1.2 Automates	25
8.2 <i>Maintenance</i>	25
8.2.1 Préventive	25
9. <i>BILAN DE PUISSANCE</i>	25
10. <i>ANNEXES</i>	27
10.1 <i>Annexe 1</i>	27
10.2 <i>Annexe 2</i>	30
<i>RESUME/RIASSUNTO</i>	35
1. <i>INTRODUZIONE</i>	36
2. <i>GLOSSARIO</i>	37
3. <i>PRESENTAZIONE DEL SISTEMA DI SEGNALAZIONE NEI RAMI</i>	37
3.1 <i>Generalità</i>	37
3.2 <i>Obiettivi del sistema</i>	38
3.3 <i>Topologia e geometria delle opere</i>	38
3.4 <i>Quadro regolamentare</i>	38
3.4.1 <i>Direttive europee e norme STI</i>	38
3.4.2 <i>Regole CIG</i>	39
3.4.3 <i>Regole CIG</i>	39

3.5	<i>Recensione dei vincoli e delle prestazioni</i>	39
3.5.1	Vincoli.....	39
3.5.1.1	Vincoli di sicurezza.....	39
3.5.1.2	Vincoli ambientali.....	40
3.5.1.3	Vincoli di esercizio e manutenzione	40
3.5.1.4	Vincoli di realizzazione	41
3.5.1.5	Vincoli di evolutività	42
3.5.2	Prestazioni.....	42
3.5.2.1	Generali.....	42
3.5.2.2	Tempo di reazione.....	42
3.5.2.3	Affidabilità.....	42
3.5.2.4	Manutenzione.....	42
3.5.2.5	Disponibilità.....	42
4.	ANALISI DELLE TECNOLOGIE	42
4.1	<i>Tecnologia con lampade a incandescenza</i>	43
4.1.1	Descrizione	43
4.1.2	Descrizione	43
4.1.3	Inconvenienti.....	44
4.2	<i>Tecnologia a LED</i>	44
4.2.1	Descrizione	44
4.2.2	Vantaggi.....	44
4.2.3	Inconvenienti.....	44
4.3	<i>Tecnologia con semaforo a flash</i>	44
4.3.1	Descrizione	44
4.3.2	Vantaggi.....	45
4.3.3	Inconvenienti.....	45
4.4	<i>Tecnologia a semaforo fisso</i>	45
4.4.1	Descrizione	45
4.4.2	Vantaggi.....	45
4.4.3	Inconvenienti.....	45
4.5	<i>Tecnologia a semaforo intermittente</i>	45
4.5.1	Descrizione	45
4.5.2	Vantaggi.....	46
4.5.3	Inconvenienti.....	46
4.6	<i>Sintesi</i>	46
5.	STUDIO DELL'ARCHITETTURA E ANALISI FUNZIONALE	46
5.1	<i>Architettura</i>	46
5.1.1	Sicurezza	46
5.1.2	Architettura generale.....	47
5.1.3	Segnalazione	47
5.1.4	Automa.....	47
5.1.5	Cavo di trasmissione e di alimentazione elettrica.....	48
5.1.6	Interfacce.....	48
5.2	<i>Analisi funzionale</i>	49
5.2.1	Funzionamento del sistema.....	49
5.2.2	Utilizzo del sistema.....	49
5.2.3	Impianti terrestri.....	49
5.2.4	Automa.....	49

5.2.5 Sistema di supervisione.....	50
6. <i>QUADRO SINOTTICO DELL'INSTALLAZIONE – SCHEMA DEI DETTAGLI</i>	50
6.1 <i>Quadro sinottico dell'installazione</i>	50
6.2 <i>Sezione trasversale a destra dei sensori</i>	51
7. <i>REQUISITI TECNICI</i>	51
7.1.1 Semaforo rosso/verde di sicurezza.....	51
7.1.2 Automa.....	52
8. <i>ELEMENTI DI MESSA IN OPERA E DI MANUTENZIONE</i>	53
8.1 <i>Messa in opera</i>	53
8.1.1 Descrizione	53
8.1.1.1 Semafori di segnalazione	53
8.1.1.2 Automi	54
8.2 <i>Manutenzione</i>	54
8.2.1 Preventiva	54
9. <i>BILANCIO DI POTENZA</i>	54
10. <i>ALLEGATI</i>	56
10.1 <i>Allegato 1</i>	56
10.2 <i>Allegato 2</i>	59

LISTE DES FIGURES / INDICE DELLE FIGURE

[Figure 1 - Schéma d'architecture générale du système de signalisation des rameaux](#) .Erreur ! Signet non défini.

[Figure 2 - Implantation des signaux lumineux en rameaux](#) Erreur ! Signet non défini.

LISTE DES TABLEAUX / INDICE DELLE TABELLE

[Tableau 1 – Influences externes](#)..... Erreur ! Signet non défini.

[Tableau 2 – Conditions d'environnement](#)..... Erreur ! Signet non défini.

RESUME/RIASSUNTO

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

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

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

L'objectif du dispositif de signalisation dans les rameaux est d'indiquer aux personnes présentes dans les rameaux si l'ouverture des portes donnant accès au tunnel est sans danger.

Des leds produisent un signal lumineux vert fixe ou rouge clignotant à l'intérieur du rameau, en fonction des conditions dans le tube ferroviaire.

Toutes les portes de chacun des rameaux en tunnel, des galeries, descenderies ou autres, donnant accès à l'une des deux voies seront équipées en signalisation.

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

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

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

L'obiettivo del dispositivo di segnalamento nei rami è di segnalare alle persone presenti nei rami se l'apertura delle porte che danno accesso al tunnel è senza pericolo.

Leds producono un segnale luminoso verde fisso o rosso intermittente all'interno del ramo, in funzione delle condizioni nel tubo ferroviario.

Tutte le porte di ogni ramo in tunnel, delle gallerie, descenderie o altre, che dà accesso all'una delle due binari saranno fornite in segnalamento.

1. *Introduction*

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

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

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

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

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

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

2. *Glossaire*

C2	Câble non propagateur de flammes
CEM	Compatibilité ElectroMagnétique
CIG	Commission InterGouvernementale franco-italienne
CR1/C1	Câble résistant au feu et non propagateur de l'incendie
GTF	Gestion Technique Ferroviaire
IK	Indice de résistance au chocs mécaniques
IP	Indice de Protection
LED	<i>Light-Emitting Diode</i>
LTF	Lyon Turin Ferroviaire
PCC	Poste de Commande Centralisé
SIL	Security Integrity Level
STI	Spécifications Techniques d'Interopérabilité
TGBT	Tableau Général Basse Tension
UIC	Union Internationale de Chemins de fer

3. *Présentation du système de signalisation dans les rameaux*

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

3.1 *Généralités*

Le tunnel est constitué de 2 tubes. Ceux-ci sont reliés ensemble par des rameaux de communication espacés au maximum de 333m en section courante. D'autres rameaux, situés au niveau des sites de sécurité de Modane, La Praz et Clarea, 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.

3.2 *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.

3.3 *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.

3.4 *Cadre réglementaire*

Le présent paragraphe recense les différentes réglementations, normes et standards en Europe, en Italie, en France et à l'international ayant un impact sur l'étude du système de signalisation des rameaux.

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

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

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

3.4.1 *Directives européennes et normes STI*

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

- Directive du Conseil Européen n° 73/23/EEC : "Directive basse tension".
- 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.
- NF EN 50121-4 : CEM, applications ferroviaires. Emission et immunité des appareils de signalisation et de télécommunication.

- NF EN 61587-3 : "essais de fonctionnement du blindage électromagnétique pour les baies, bâtis, bacs à cartes et châssis".
- NF EN 50 129 : "Applications ferroviaires. Systèmes de signalisation, de télécommunications et de traitement. Systèmes électroniques de sécurité pour la signalisation".

3.4.2 Règles CIG

Après avoir listé les règlements européens, qui sont prépondérants sur les autres, nous recensons les critères dictés par la CIG et applicables au système de signalisation des rameaux.

- Soumission 37 paragraphe 2.1.1 sur les constituants des câbles.

3.4.3 Règles CIG

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

- UIC 779-9 : "Sécurité dans les tunnels ferroviaires".
- CEI 61508 sur les classes de sécurité
- CEI 364-3 : "Installations électriques des bâtiments – détermination des caractéristiques générales"
- Codes du travail français et italien.

3.5 Recensement des contraintes et performances

Après avoir énoncé les généralités sur le système de signalisation des rameaux et considéré les ouvrages et règlements le contraignant, nous recensons les contraintes physiques auxquelles celui-ci est soumis puis nous listons les performances à atteindre.

3.5.1 Contraintes

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

3.5.1.1 Contraintes de sécurité

- Contraintes fonctionnelles

Sans objet.

- Sécurité des biens et des personnes

o 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.

o 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.

3.5.1.2 Contraintes d'environnement

Les conditions d'environnement minimales à l'intérieur du tunnel, dans les rameaux et en local technique, sont accessibles dans l'annexe 1.

La roche dans laquelle est taillée le tunnel est une roche chaude. La température dans le tunnel y compris dans les rameaux peut atteindre jusqu'à 32°C.

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.

3.5.1.3 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.

A des fins de clarification, nous précisons les notions suivantes :

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

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

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

- Préventive :

Sans objet

- 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.

3.5.1.4 Contraintes de réalisation

- 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.

3.5.1.5 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.

3.5.2 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.

3.5.2.1 Générales

Le système devra pouvoir résister aux contraintes d'environnement énoncées ci-avant.

3.5.2.2 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.

3.5.2.3 Fiabilité

En phase d'exploitation normale du système, la production de fausses alarmes ne devra pas être supérieure à 1 pour 1000 alarmes générées.

3.5.2.4 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.
- Exceptionnelle :
Sans objet.

3.5.2.5 Disponibilité

Le système devra toujours être disponible hors horaires de maintenance.

4. Analyse des technologies

Le présent paragraphe établit une analyse comparative des technologies actuellement présentes sur le marché et, dans la mesure du possible, celles qui seront développées à court et moyen terme.

L'objectif de cette analyse est double :

- Proposer, au jour d'aujourd'hui, la technologie la plus appropriée aux contraintes, objectifs et performances énoncées précédemment.
- Déceler dès maintenant les technologies, qui bien que considérées comme fiables à l'heure actuelle, seront obsolètes à moyen terme et donc à proscrire lors de la réalisation de l'ouvrage.

La suite de ce document propose l'étude de cinq technologies différentes, trois étant liées à la source lumineuse elle-même, et deux à leur mode d'utilisation, c'est à dire en continu ou en clignotement.

4.1 Technologie à ampoules à incandescence

4.1.1 Description

Le principe de fonctionnement de ce type de lampe utilise le phénomène d'incandescence. Un filament conducteur est porté à haute température par le passage d'un courant électrique ; comme tout corps chauffé, le filament émet alors de la lumière.

Si une ampoule était remplie d'air, le dioxygène oxyderait rapidement le filament porté à haute température. On peut évaluer la durée de vie d'une telle ampoule à quelques dixièmes de secondes.

Les premières lampes utilisaient donc des ampoules dans lesquelles on avait fait le vide, cette solution, la plus évidente, est encore employée aujourd'hui. Dans ce type de lampes, le filament, s'il n'est plus oxydé, a tendance à se sublimer, ce qui signifie que porté à haute température il perd des atomes qui se retrouvent sous forme gazeuse dans l'ampoule.

Ceci a deux conséquences :

- le filament perd des atomes et s'amincit, un claquage se produit ensuite,
- les atomes sublimés se déposent sur le verre de l'ampoule qui s'opacifie.

De manière à améliorer la durée de vie, on remplit donc l'ampoule avec des gaz inertes, il peut s'agir d'azote, d'argon, de krypton ou de xénon. Le gaz le plus efficace est le xénon. C'est aussi le plus cher. Le gaz de remplissage limite dans une certaine mesure la sublimation du tungstène et permet ainsi de porter le filament à des températures plus élevées sans diminuer son espérance de vie.

Le flux lumineux des ampoules à incandescences est de quelques centaines de lumens.

4.1.2 Description

Cette technologie a été largement éprouvée à ce jour et est considérée comme fiable et efficace. La majorité des ampoules dans le monde sont équipées de cette technologie qui assure parfaitement les fonctions recherchées pour notre application.

4.1.3 Inconvénients

La durée de vie de ces ampoules reste limitée pour les modèles à vide. Pour celles comprenant des gaz de remplissage, le prix devient alors plus élevé.

Durée de vie moyenne : de l'ordre de 1 000 heures pour les lampes à vide jusqu'à 10 000 heures pour les lampes au xénon.

4.2 Technologie à LEDs

4.2.1 Description

L'élément servant à produire la lumière est un matériau *semi-conducteur* d'environ 1 mm². La technique utilisée pour fabriquer les leds est similaire à celle des transistors et des microprocesseurs. Contrairement aux ampoules à filament, il s'agit d'un élément solide qui est, de ce fait, presque insensible aux chocs et aux vibrations. Cet élément est collé sur un support qui sert à la fois à sa fixation mécanique, à sa connexion électrique et de réflecteur. Il est ensuite connecté aux électrodes de la led via des fils très fins en or ou en aluminium appelés fils de *bonding*. Le tout est enrobé dans une résine transparente qui sert à la fois de protection et d'optique car une lentille convergente est formée par la surface bombée de la led.

L'élément semi-conducteur transforme l'énergie électrique en radiations lumineuses. Le principe physique fait que la lumière produite est *monochromatique*, c'est à dire d'une seule couleur.

4.2.2 Avantages

- La durée de vie moyenne d'une LED est d'environ 100 000 heures,
- Les leds sont résistantes aux chocs et aux vibrations.

4.2.3 Inconvénients

- Les leds à bas prix sont souvent de mauvaise qualité.

4.3 Technologie à feu flash

4.3.1 Description

Un tube à éclairs, ampoule à décharge en forme de U, est monté en parallèle avec un condensateur de grande capacité. Ce condensateur est chargé environ à 310 V à travers un circuit électronique de réglage. Un générateur électronique envoie par intervalles réguliers, à

travers un inducteur, une impulsion à haute fréquence qui ionise le gaz rare dans le tube et le rend conducteur.

Le condensateur décharge alors son énergie dans un éclair. Pendant l'intervalle entre deux impulsions, le circuit électronique recharge le condensateur.

Les ampoules sont remplies d'un mélange de gaz, par exemple à 90 % de Xénon. Lors de la décharge du condensateur, un arc électrique se forme entre les électrodes. Bien que le métal utilisé soit très dur, comme le Tungstène, l'éclair produit chaque seconde emporte chaque fois une partie infinitésimale de ce métal et le vaporise. Ce métal se dépose à la longue sur les parois de l'ampoule. On estime la longévité du tube terminée lorsque l'émission de lumière est réduite de 30 %. Ceci se produit au bout d'environ 8 millions d'éclairs.

L'ampoule en fin de cycle de vie n'est cependant pas défectueuse, mais son aspect est noirci.

4.3.2 Avantages

- Fiabilité du système et possibilité de fonctionnement permanent,
- Longévité importante de l'ampoule au Xénon (de l'ordre de 10 000 heures),
- Forte puissance lumineuse ; éclairs omnidirectionnels, visibles sous tout angle. Le contrôle électronique des impulsions lumineuses permet une très faible consommation en courant de l'équipement,
- La fabrication étant automatisée, la fréquence des défauts est extrêmement réduite,
- Les informations de type "alarmes" et les signaux d'interdictions sont plus compréhensibles par le public lorsque présentés sous forme de flash lumineux plutôt que de lumière continue, l'œil humain réagissant mieux aux mouvements.

4.3.3 Inconvénients

- L'usure de l'électrode par son utilisation provoque le noircissement du verre de l'ampoule en fin de vie, l'ampoule étant toujours en état de fonctionnement,
- Aveuglement possible des personnes en lieu restreint.

4.4 Technologie à feu fixe

4.4.1 Description

La lumière d'éclairage des signaux lumineux restera constamment allumée, fixe ou rotative.

4.4.2 Avantages

Le fonctionnement en continu évite une usure accélérée par les opérations "allumer/éteindre" trop fréquentes.

Si on choisit l'option rotative, l'impact sur la visibilité sera amélioré.

4.4.3 Inconvénients

L'aspect lumineux continu ne favorise pas une visibilité maximale du signal, surtout en présence d'une luminosité importante du local recevant le système.

L'option rotation amène une contrainte supplémentaire en terme de maintenance, le moteur devant faire l'objet de vérifications et de maintenance.

4.5 Technologie à feu clignotant

4.5.1 Description

La lumière d'éclairage des signaux lumineux sera clignotante.

4.5.2 Avantages

Les informations de type "alarmes" et les signaux d'interdictions sont plus compréhensibles par le public lorsque présentés sous forme clignotante plutôt que continue, l'œil humain réagissant mieux aux mouvements.

4.5.3 Inconvénients

Le clignotement imposé aux leds risque de diminuer leur durée de vie.

4.6 Synthèse

La technologie par feu flash, qui présentait l'avantage d'être plus visible qu'une solution à feu fixe, n'a donc pas d'intérêt particulier ici. Elle présente un risque d'éblouissement des personnes dû à son fonctionnement par impulsion et à l'important flux lumineux généré. Nous choisissons par contre de conserver l'idée du clignotement afin d'attirer au maximum l'attention des individus présents dans les locaux en cas d'interdiction d'accès sur la voie.

Nous choisirons la technologie par feu fixe pour l'éclairage de la lumière verte et par feu clignotant pour l'éclairage de la lumière rouge.

Dans un souci de réduction de la maintenance par l'augmentation de la longévité du système, la technologie qui sera utilisée pour l'éclairage sera à base de leds. La réduction du temps de vie des leds comparée à leur durée de vie de 100 000 heures ne nous paraît pas être un argument suffisant pour ne pas faire clignoter le signal lumineux.

5. Etude de l'architecture et analyse fonctionnelle

Nous réalisons dans ce paragraphe une description de l'architecture globale et fonctionnelle du système de signalisation des rameaux. Ceci permet d'en décrire précisément les constituants et les lieux où est située l'intelligence du système.

5.1 Architecture

Maintenant que le choix de la technologie a été fait, nous allons nous intéresser à l'architecture du système.

Nous commençons par d'écrire l'architecture en nous penchant sur les contraintes de sécurité, une présentation générale de l'architecture sous forme graphique, puis les études sur les capteurs, sur les automates, les câbles et les différentes interfaces.

5.1.1 Sécurité

Selon la norme CEI 61508 sur la sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables (E/E/PE) relatifs à la sécurité, nous avons établi que notre système devra être homologué SIL 3. Nous préconisons donc que les fonctions de sécurité des équipements mis en place pour la gestion de la signalisation des locaux soient de capacité de SIL 3.

5.1.2 Architecture générale

Le schéma suivant présente un résumé de l'architecture du système.

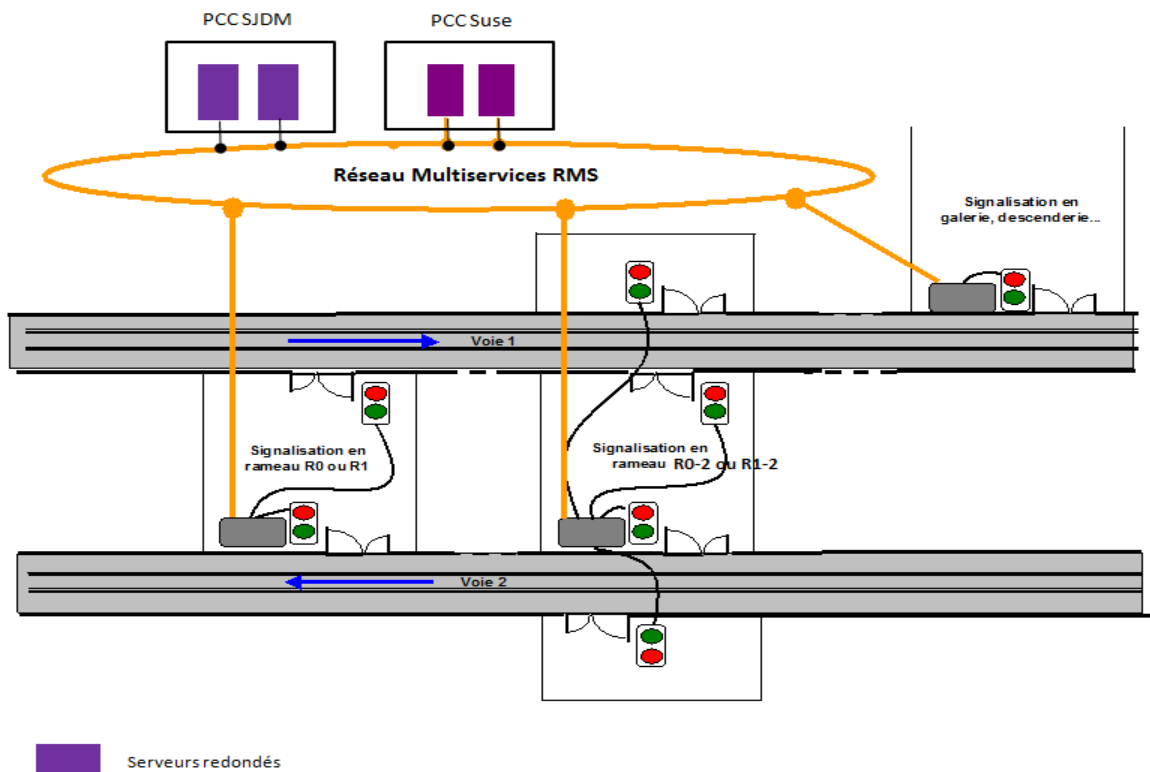


Figure 1 - Schéma d'architecture générale du système de signalisation des rameaux

5.1.3 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.

5.1.4 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 (voir figure 1).

En rameaux R0-2 et R1-2, les automates devront pouvoir traiter les informations de 4 blocs de signalisation lumineuse (voir figure 1).

En station de sécurité de Modane et sur les autres sites où il n'y aura qu'une seule porte à équiper, l'automate mis en place n'aura à gérer les informations que pour 1 seul bloc de signalisation lumineuse. (En station de sécurité de Modane, nous préconisons que les rameaux de connexion entre les tubes et la salle d'accueil soient équipés de signalisation lumineuse près des portes menant aux voies afin de prévenir d'incidents lors des opérations de maintenance).

5.1.5 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.

5.1.6 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.

5.2 Analyse fonctionnelle

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

5.2.1 Fonctionnement du système

Le système de supervision, en connaissance de toutes les conditions de sécurité en tunnel notamment quant au passage des trains (déterminées par le lot A2), va pouvoir envoyer des signaux de commande de la signalisation en rameaux pour l'accès aux voies.

Ainsi, si toutes les conditions de sécurité sont réunies pour qu'un individu présent dans un rameau puisse accéder à l'une des voies, le signal lumineux de la porte donnant à cette voie sera commandé comme "vert" par le système de supervision.

Au contraire, lorsqu'au moins une condition de sécurité n'est pas réalisée, le signal lumineux sera commandé comme "rouge clignotant" par le système de supervision.

Si les signaux lumineux ne reçoivent pas d'information du poste local ou bien si le poste local ne reçoit pas d'information du système de supervision, les signaux lumineux seront rouges non clignotants.

5.2.2 Exploitation du système

L'automate devra être capable de générer une alarme en cas de présence d'une avarie sur les signaux lumineux ou un organe de l'automate.

5.2.3 Equipements de terrain

Les fonctions des feux de signalisation seront :

- D'allumer le signal lumineux vert ou rouge en fonction de la commande reçue

Les informations transférées vers l'automate par les feux de signalisation seront :

- Les informations sur le bon fonctionnement du circuit d'éclairage et l'état des sources lumineuses. Ces informations seront transmises par mesure de la résistance du circuit réalisée par l'automate.

5.2.4 Automate

Les fonctions de l'automate seront :

- D'assurer la détection d'anomalie de fonctionnement sur les feux de signalisation et sur les organes constitutifs de l'automate et de générer les alarmes correspondantes au système de supervision (alarme avec identifiant de l'élément en panne),
- D'assurer le traitement des signaux issus des feux (voir le paragraphe suivant pour le traitement des informations),
- D'assurer la communication avec le système de supervision,
- De gérer la fonction de clignotement du signal lumineux lors de la commande d'allumage de la lumière rouge,
- D'assurer la communication avec un ordinateur de maintenance afin de permettre la réalisation de simulations de fonctionnement et de détecter les anomalies du système.

Le traitement des signaux issus des feux par l'automate sera :

- De détecter le bon fonctionnement des signaux lumineux rouges et verts des feux de signalisation d'un même rameau de communication par mesure de la résistance ou du courant dans le circuit,
- De vérifier qu'un seul des signaux lumineux est allumé à la fois sur un même feu de signalisation,
- De vérifier qu'il y a bien toujours un feu allumé,
- De vérifier que le feu allumé correspond bien à la commande donnée par le système de supervision.

Les informations transférées sur le réseau de télétransmission par l'automate seront :

- Les alarmes techniques en différenciant la source de l'alarme (feu de signalisation 1, feu de signalisation 1 ou 2, feu de signalisation 1, 2, 3 ou 4 selon les cas, signal rouge ou vert, automate. Se référer à la figure 1). Les alarmes techniques devront être traitées de telle sorte que le PCC en soit informé dans la minute.

5.2.5 Système de supervision

Les fonctions du système de supervision seront :

- D'assurer la communication avec la GTF afin d'obtenir les informations sur le trafic des trains,

7. *Prescriptions techniques*

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

7.1.1 *Feux rouge/vert de sécurité*

- Généralités

- o Normes à respecter

- Sans objet

- o Spécifications fonctionnelles

- Les signaux lumineux rouges et verts doivent être visibles de n'importe quel point du rameau lorsque la porte correspondant au signal lumineux est fermée.
- Ils devront être conçus avec des matériaux non-propagateurs d'incendies, non-halogènes et non émetteurs de fumées toxiques, ou intégrés dans un boîtier étanche et résistant au feu répondant à ces critères.

- Conception électrique

- o Alimentation en 24Vcc.

- Entrées / Sorties

- o 2 entrées de commande des signaux avec retours.

- Conception mécanique

- o Encombrement : L=300mm,

- l=200mm,

- P=300mm.

- o Poids : 5kg maximum.

- Contraintes de fonctionnement (Température / Humidité)

- o Températures : comprises entre 0°C et +60°C

- o Taux d'humidité : inférieur à 90%

- Divers

- o Degré de protection

- IP 55

- o Garantie

- 3 ans minimum

7.1.2 Automate

- Généralités

- o Normes à respecter

- DIN V 19250 sur les classes de conformité
 - CEI 61508 sur les classes de sécurité
 - NF EN 50121-4 : CEM, applications ferroviaires. Emission et immunité des appareils de signalisation et de télécommunication.
 - NF EN 61587-3 : "essais de fonctionnement du blindage électromagnétique".

- o Spécifications fonctionnelles

- SIL 3 (niveau d'intégrité de sécurité)

- Conception électrique

- L'automate sera alimenté en 24Vcc.

- Conception mécanique

- o Les automates seront intégrés dans un coffret.

- o Encombrement : 200mm de long, 100mm de large, 100 mm de profondeur.

- o Poids : 10kg maximum.

- Contraintes de fonctionnement (Température / Humidité)

- o Températures : entre 0°C et 60°C

- o Taux d'humidité toujours inférieur à 90%

- Divers

- o Degré de protection

- IP55

- o Garantie

- 3 ans minimum

8. *Eléments de mise en œuvre et de maintenance*

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

8.1 *Mise en œuvre*

Pour la mise en oeuvre nous commencerons à décrire les opérations sur la maintenance du système.

8.1.1 Description

Cette partie décrit la mise en œuvre du système de signalisation des rameaux du point de vue des feux et des automates.

8.1.1.1 Feux de signalisation

Les boîtiers constitutifs des feux de signalisation seront solidement fixés au mur, en haut à droite des portes donnant accès à la voie. Des caoutchoucs amortisseurs de vibrations seront utilisés pour les fixations afin de limiter les effets du passage des trains.

Les boîtiers de signalisation, une fois mis en place, ne devront pas gêner l'ouverture des portes des rameaux, ni l'évacuation des personnes qui sont présentes dans le rameau ou l'entrée des personnes dans le rameau.

8.1.1.2 Automates

Les automates de sécurité en charge de la gestion des feux de signalisation seront solidement fixés au mur, en haut à droite des portes donnant accès à la voie, sous un feu de signalisation. Des caoutchoucs amortisseurs de vibrations seront utilisés pour les fixations afin de limiter les effets du passage des trains.

Le raccordement de l'automate aux feux de signalisation se fera en fonction des besoins du rameau ou du local, certains automates étant à relier, ainsi qu'il l'a été précisé ci-avant, avec un, deux ou quatre feux de signalisation selon le nombre de portes donnant accès aux voies.

Lors de la mise en œuvre de chaque signal lumineux du système de signalisation des abris, le personnel en charge devra vérifier le bon fonctionnement du système, et que la commande d'allumage d'un signal allume bien la couleur correspondante.

8.2 Maintenance

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

Les fonctionnalités préconisées pour l'automate permettront de connaître l'état du système à tout moment et de savoir dans la minute quel équipement est en dysfonctionnement. La fréquence des maintenances correctives et exceptionnelles sera donc dictée par le taux d'alarme généré par les automates.

8.2.1 Préventive

Nous préconisons une vérification systématique annuelle des organes de sécurité par une personne habilitée.

9. Bilan de puissance

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

Considérant l'hypothèse que l'architecture électrique Basse Tension s'appuiera sur des TGBT placés dans les locaux techniques des rameaux de communication (de type R1 ou R1-2), ce bilan présente un besoin en terme de puissance par rameau technique type.

Nous estimons que 500 W sont suffisants pour l'alimentation d'un automate et de 4 feux de signalisations bicolores, la plupart de cette énergie servant à l'alimentation de l'automate lui-même.

Par rameau technique R1 ou R1-2, et donc par TGBT, il faudra compter sur l'alimentation de 4 automates et feux associés. En considérant 20% de marge, **la consommation pour chaque TGBT du tunnel en rameau technique R1 ou R1-2 pour l'alimentation du système de signalisation des rameaux est de 2.5kW.**

Nous avons compté 44 rameaux R1 et R1-2 dans les tunnels. Nous estimons donc que la totalité du système de signalisation des rameaux consommera $44 \times 2.5\text{kW}$, soit **110KW.**

10.ANNEXXES

10.1Annexe 1

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

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

Tableau 1 – Influences externes

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

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

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

10.2 Annexe 2

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

Tableau 2 – Conditions d'environnement

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

SOMMAIRE / INDICE

<i>RESUME/RIASSUNTO</i>	35
1. <i>INTRODUZIONE</i>	36
2. <i>GLOSSARIO</i>	37
3. <i>PRESENTAZIONE DEL SISTEMA DI SEGNALAZIONE NEI RAMI</i>	37
3.1 <i>Generalità</i>	37
3.2 <i>Obiettivi del sistema</i>	38
3.3 <i>Topologia e geometria delle opere</i>	38
3.4 <i>Quadro normativo</i>	38
3.4.1 <i>Direttive europee e norme STI</i>	38
3.4.2 <i>Regole CIG</i>	39
3.4.3 <i>Regole CIG</i>	39
3.5 <i>Censimento dei limiti e delle prestazioni</i>	39
3.5.1 <i>Vincoli</i>	39
3.5.1.1 <i>Vincoli di sicurezza</i>	39
3.5.1.2 <i>Vincoli ambientali</i>	40
3.5.1.3 <i>Vincoli di sfruttamento e manutenzione</i>	40
3.5.1.4 <i>Vincoli di realizzazione</i>	41
3.5.1.5 <i>Vincoli di evolutività</i>	42
3.5.2 <i>Prestazioni</i>	42
3.5.2.1 <i>Generali</i>	42
3.5.2.2 <i>Tempo di reazione</i>	42
3.5.2.3 <i>Affidabilità</i>	42
3.5.2.4 <i>Manutenzione</i>	42
3.5.2.5 <i>Disponibilità</i>	42
4. <i>ANALISI DELLE TECNOLOGIE</i>	42
4.1 <i>Tecnologia con lampade a incandescenza</i>	43
4.1.1 <i>Descrizione</i>	43
4.1.2 <i>Descrizione</i>	43
4.1.3 <i>Inconvenienti</i>	44
4.2 <i>Tecnologia a LED</i>	44
4.2.1 <i>Descrizione</i>	44
4.2.2 <i>Vantaggi</i>	44
4.2.3 <i>Inconvenienti</i>	44
4.3 <i>Tecnologia con semaforo a flash</i>	44
4.3.1 <i>Descrizione</i>	44
4.3.2 <i>Vantaggi</i>	45
4.3.3 <i>Inconvenienti</i>	45
4.4 <i>Tecnologia a semaforo fisso</i>	45
4.4.1 <i>Descrizione</i>	45
4.4.2 <i>Vantaggi</i>	45
4.4.3 <i>Inconvenienti</i>	45
4.5 <i>Tecnologia a semaforo lampeggiante</i>	45

4.5.1	Descrizione	45
4.5.2	Vantaggi	46
4.5.3	Inconvenienti.....	46
4.6	<i>Sintesi</i>	46
5.	STUDIO DELL'ARCHITETTURA E ANALISI FUNZIONALE	46
5.1	<i>Architettura</i>	46
5.1.1	Sicurezza	46
5.1.2	Architettura generale.....	47
5.1.3	Segnaletica	Erreur ! Signet non défini.
5.1.4	Automa.....	47
5.1.5	Cavo di trasmissione e di alimentazione elettrica.....	48
5.1.6	Interfacce.....	48
5.2	<i>Analisi funzionale</i>	49
5.2.1	Funzionamento del sistema.....	49
5.2.2	Utilizzo del sistema.....	49
5.2.3	Impianti terrestri.....	49
5.2.4	Automa.....	49
5.2.5	Sistema di supervisione.....	50
6.	SINOSSI DELL'IMPIANTO DEI SENSORI, PIANO DEI DETTAGLI	50
6.1	<i>Sinossi dell'impianto</i>	50
6.2	<i>Taglio tipo frontale dei sensori</i>	51
7.	REQUISITI TECNICI	51
7.1.1	Semaforo rosso/verde di sicurezza.....	51
7.1.2	Automa.....	52
8.	ELEMENTI DI MESSA IN OPERA E DI MANUTENZIONE	53
8.1	<i>Messa in opera</i>	53
8.1.1	Descrizione	53
8.1.1.1	Semafori di segnalazione	53
8.1.1.2	Automi	54
8.2	<i>Manutenzione</i>	54
8.2.1	Preventiva	54
9.	BILANCIO DI POTENZA	54
10.	ALLEGATI	56
10.1	<i>Allegato 1</i>	56
10.2	<i>Allegato 2</i>	59

LISTE DES FIGURES / INDICE DELLE FIGURE

Figura 1	- Schema dell'architettura generale del sistema di segnaletica dei rami	47
Figura 2	- Impianto dei segnali luminosi nella via di fuga	51

LISTE DES TABLEAUX / INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1	– Influenze esterne.....	57
------------------	--------------------------	----

Tabella 2 – Condizioni ambientali 59

RESUME/RIASSUNTO

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

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

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

L'objectif du dispositif de signalisation dans les rameaux est d'indiquer aux personnes présentes dans les rameaux si l'ouverture des portes donnant accès au tunnel est sans danger.

Des leds produisent un signal lumineux vert fixe ou rouge clignotant à l'intérieur du rameau, en fonction des conditions dans le tube ferroviaire.

Toutes les portes de chacun des rameaux en tunnel, des galeries, descenderies ou autres, donnant accès à l'une des deux voies seront équipées en signalisation.

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

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

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

L'obiettivo del dispositivo di segnalazione nei rami è di segnalare alle persone presenti nei rami se l'apertura delle porte che danno accesso al tunnel è senza pericolo.

Leds producono un segnale luminoso verde fisso o rosso intermittente all'interno del ramo, in funzione delle condizioni nel tubo ferroviario.

Tutte le porte di ogni ramo in tunnel, delle gallerie, descenderie o altre, che danno accesso all'uno dei due binari saranno fornite di dispositivi di segnalazione.

1. *Introduzione*

I governi italiano e francese hanno deciso di effettuare la realizzazione di una nuova linea ferroviaria tra Lione e Torino. Questo progetto consiste in primo luogo nell'allestimento di un itinerario efficiente per attraversare le Alpi, destinato in particolar modo a ridurre il traffico stradale che transita in tali zone ecologicamente sensibili.

Questo nuovo collegamento comporterà un notevole vantaggio per i viaggiatori, dal momento in cui collegherà le grandi reti ad alta velocità francesi e italiane garantendo in tal modo dei tempi di percorrenza ridotti tra due regioni frontaliere attraenti quali il Piemonte e la Savoia.

Benché costituita da tre sezioni distinte, di cui due nazionali, soltanto la parte comune franco-italiana detta "internazionale" tra Saint-Jean de Maurienne e Bussoleno è oggetto del nostro studio.

La sezione così considerata avrà una lunghezza totale di circa 67km ed i principali lavori che la costituiscono sono i seguenti:

- I raccordi alla linea storica di Saint Jean de Maurienne,
- La stazione internazionale di Saint Jean de Maurienne,
- Il sito di sicurezza e di manutenzione di Saint Jean de Maurienne,
- La galleria di base di 57km, che comprende:
 - La discesa di Saint Martin la Porte,
 - La discesa di La Praz,
 - Il sito sotterraneo di sicurezza di La Praz,
 - I pozzi di ventilazione di Avrieux,
 - La discesa di Modane,
 - Il sito sotterraneo di sicurezza di Modane,
 - I pozzi di ventilazione di Clarea,
 - Il sito sotterraneo di sicurezza di Clarea,
 - La galleria di Maddalena,
- La stazione internazionale di Susa,
- Il sito di sicurezza e manutenzione di Susa,
- La galleria d'interconnessione per una lunghezza di 2km,
- I raccordi alla linea storica di Bussoleno.

L'uso della sezione internazionale sarà realizzato per mezzo di due Postazioni di Comando Centralizzate (PCC): 1 PCC a Saint Jean de Maurienne e 1 PCC a Susa. Una delle due è attiva, l'altra è in stand-by.

2. Glossario

C2	Cavo non propagatore di fiamme
CEM	Compatibilità Elettromagnetica
CIG	Commissione Intergovernamentale franco-italiano
CR1/C1	Cavo resistente al fuoco e non propagatore d'incendio
GTF	Gestione Tecnica Ferroviaria
IK	Indice di resistenza agli urti meccanici
IP	Indice di Protezione
LED	<i>Diodo a emissione luminosa</i>
LTF	Linea ferroviaria Lione Torino
PCC	Postazione di Comando Centralizzato
SIL	Livello di Sicurezza Integrata
STI	Specifiche tecniche d'interoperabilità
TGBT	Quadro Generale Bassa Tensione
UIC	Unione Internazionale delle Ferrovie

3. Presentazione del sistema di segnalazione nei rami

In questa sezione presenteremo il sistema di segnalazione dei rami installato in qualità di dispositivi di sicurezza. A tale scopo, dopo aver riposizionato il sistema nel suo contesto, e formulato i suoi obiettivi, concentreremo la nostra attenzione sulle opere e sui quadri regolamentari che lo influenzano. Infine, elencheremo i vincoli cui è sottoposto e le prestazioni da conseguire.

3.1 Generalità

Il tunnel è composto da 2 canne. Esse sono collegate da rami di comunicazione intervallati da uno spazio massimo di 333 m in sezione normale. Altri rami, posti al livello delle aree di sicurezza di Modane, La Praz e Clarea, consentono alle persone di raggiungere la stazione di sicurezza in caso di incidente. Tali rami sono intervallati da uno spazio di 50 m su una lunghezza di 400 m.

Il passaggio dei treni nelle canne genera delle variazioni di pressione molto importanti. Se un soggetto si trovasse in uno dei rami quando la porta che si affaccia sui binari di passaggio del treno è aperta, sarebbe proiettato a terra o contro l'altra porta del ramo nella fase di sovrappressione generata dal treno, oppure afferrato dal treno nella fase di depressione successiva al suo passaggio.

È importante che le persone presenti nei rami siano consapevoli delle condizioni di sicurezza nelle quali si trovano prima di decidere di aprire una porta di accesso a un binario.

L'utilizzo della segnalazione di sicurezza nelle vie di fuga riduce la probabilità di apertura di una porta del ramo al passaggio di un treno.

3.2 *Obiettivi del sistema*

Il dispositivo di segnalazione dei rami sarà destinato ad evitare che le persone ivi presenti corrano il rischio che le porte di accesso ai binari si aprano in galleria.

Tutte le porte di ciascun ramo nel tunnel, delle gallerie, discenderie o altri percorsi, che danno accesso a uno dei due binari dovranno essere dotate di segnaletica.

3.3 *Topologia e geometria delle opere*

La scelta dell'architettura del sistema di segnaletica dei locali dipenderà:

- Dalla costituzione dei rami e dai loro locali se ne sono dotati.
- Dalla costituzione delle discenderie, delle gallerie e altro che necessitino di questo tipo di attrezzature.

3.4 Quadro regolamentare

Il presente paragrafo descrive i diversi regolamenti, norme e standard in Europa, in Italia, in Francia nonché in ambito internazionale, che influenzano lo studio sulla segnaletica dei rami.

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

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

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

3.4.1 *Direttive europee e norme STI*

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

- Direttiva del Consiglio Europeo n° 73/23/EEC: "Direttiva bassa tensione".
- Specifiche tecniche d'interoperabilità riprese dalle seguenti decisioni del Consiglio Europeo: 2002/730/CE, 2002/731/CE, 2002/732/CE, 2002/733/CE, 2002/734/CE, e 2002/735/CE.
- NF EN 50121-4: CEM, applicazioni ferroviarie. Emissione e immunità delle apparecchiature di segnalazione e di telecomunicazione.

- NF EN 61587-3: "prove di funzionamento della schermatura elettromagnetica per gli armadi, i telai, i contenitori per schede elettroniche e i i subtelai".
- NF EN 50 129: "Applicazioni ferroviarie. Sistema di segnalazione, di telecomunicazioni e di elaborazione. Sistemi elettronici di sicurezza per la segnalazione".

3.4.2 Regole CIG

Dopo aver elencato i regolamenti europei, che prevalgono sugli altri, descriviamo i criteri dettati dalla CIG e applicabili al sistema di segnalazione dei rami.-{-}

- Documento 37 paragrafo 2.1.1 sulle componenti dei cavi.

3.4.3 Regole CIG

Infine, dopo i regolamenti europei e quelli della CIG, elenchiamo di seguito i regolamenti nazionali e internazionali che non rientrano nelle prime due categorie.

- UIC 779-9: "Sicurezza nei tunnel ferroviari".
- CEI 61508 sulle classi di sicurezza
- CEI 364-3: "Installazioni elettriche degli edifici – determinazione delle caratteristiche generali"
- Codici del lavoro francese e italiano.

3.5 Recensione dei vincoli e delle prestazioni

Dopo aver descritto le generalità del sistema di segnalazione dei rami e considerato le opere e i regolamenti che lo vincolano, descriviamo i vincoli fisici ai quali è sottoposto e successivamente elenchiamo le prestazioni da conseguire.

3.5.1 Vincoli

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

3.5.1.1 Vincoli di sicurezza

- Vincoli funzionali

Senza oggetto.

- Sicurezza di cose e persone

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

O qualsiasi porta con accesso ad uno dei due binari in galleria dovrà essere munita di un sistema di segnalazione luminosa al fine di garantire che siano soddisfatte tutte le condizioni di sicurezza per l'accesso ai binari.

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

- alogeni,
- propaganti l'incendio,
- esalatori di fumi tossici.

3.5.1.2 Vincoli ambientali

Le condizioni ambientali minime all'interno del tunnel, nei rami e nel locale tecnico, sono riportate nell'allegato 1.

La roccia in cui è scavato il tunnel è una roccia calda. La temperatura nel tunnel, compresi i rami, può raggiungere i 32°C.

L'usura della catenaria produce polvere di rame che può incrostare i sensori.

A causa del peso dei convogli, le rotaie hanno un tasso di usura importante, di conseguenza vengono generate delle polveri d'acciaio (ad esempio, i binari del tunnel sotto la Manica sono stati cambiati una volta in 10 anni di utilizzo).

La costruzione dei tunnel produrrà della polvere di cemento. La quantità sarà considerevole all'inizio dell'esercizio e si ridurrà man mano che l'esercizio prosegue.

Il passaggio del treno produce un effetto pistone generando una sovrappressione anteriore e una depressione posteriore. Questo fenomeno avrà effetto sul sistema esclusivamente in caso di apertura delle porte del ramo. La variazione massima di pressione è stimata a 10kPa.

Il passaggio dei treni nelle canne genera delle forti vibrazioni.

3.5.1.3 Vincoli di esercizio e manutenzione

- Esercizio

I segnali luminosi di sicurezza dovranno essere visibili e comprensibili per chiunque si trovi in un ramo di comunicazione, sia che si tratti di persona esperta o inesperta.

Le apparecchiature di segnalazione dei rami dovranno essere poste all'interno dei rami di comunicazione, in prossimità di ogni porta con accesso a uno dei binari delle due canne, nonché nelle altre aree di utilizzo con una porta che consenta l'accesso a una delle due canne.

Un segnale luminoso di colore verde indicherà che sono state messe insieme tutte le condizioni di sicurezza tali per cui gli utenti possono aprire la porta del ramo che consente l'accesso al binario corrispondente.

Un segnale luminoso di colore rosso indicherà che almeno una condizione di sicurezza non è sufficiente da garantire la sicurezza delle persone presenti nel ramo di comunicazione nella canna ferroviaria corrispondente.

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

- **Manutenzione**

In 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 dei dispositivi nei rami.

La pulizia del tunnel sarà effettuata mediante getto d'acqua. Altri prodotti di pulizia dovranno essere previsti, ma non sono a tutt'oggi noti.

Per maggiore chiarezza, precisiamo le seguenti nozioni:

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

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

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

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

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

3.5.1.4 Vincoli di realizzazione

- **Installazione**

L'installazione dei segnali luminosi dovrà essere effettuata in maniera da rendere visibile e comprensibile il segnale a chiunque sia presente nel ramo di comunicazione. Il vincolo d'installazione è quindi lo spazio disponibile intorno alle porte d'accesso ai binari.

3.5.1.5 Vincoli di evolutività

I nuovi dispositivi installati dopo la messa in servizio del tunnel dovranno essere in grado di interagire con i dispositivi preesistenti.

3.5.2 Prestazioni

Dopo aver esaminato i diversi vincoli ai quali è sottoposto il sistema di segnalazione dei rami, definiamo di seguito le prestazioni che devono essere conseguite. Tali prestazioni sono state suddivise in cinque punti. Esamineremo per prime le prestazioni generali, successivamente quelle legate ai tempi di reazione del sistema, all'affidabilità, alla manutenzione e alla disponibilità.

3.5.2.1 Generali

Il sistema dovrà essere resistente ai vincoli ambientali descritti sopra.

3.5.2.2 Tempo di reazione

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

3.5.2.3 Affidabilità

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

3.5.2.4 Manutenzione

- Preventiva:

L'intervallo di tempo tra due manutenzioni preventive non dovrà essere inferiore a 6 mesi.

- Correttiva:

L'intervallo di tempo tra due manutenzioni correttive sullo stesso componente di un dispositivo non dovrà essere inferiore a 12 mesi.

- Straordinaria:

Senza oggetto.

3.5.2.5 Disponibilità

Il sistema dovrà sempre essere disponibile ad eccezione degli orari di manutenzione.

4. Analisi delle tecnologie

Il presente paragrafo presenta un'analisi comparativa delle tecnologie attualmente presenti sul mercato e, per quanto possibile, di quelle che saranno sviluppate a breve e medio termine.

L'obiettivo di questa analisi è duplice:

- Proporre la tecnologia attualmente più appropriata ai vincoli, agli obiettivi e alle prestazioni descritti sopra.
- Scoprire, a partire da ora, le tecnologie che, sebbene considerate affidabili attualmente, saranno obsolete a medio termine e quindi da bandire al momento della realizzazione dell'opera.

La parte seguente del presente documento propone lo studio di cinque tecnologie diverse, tre legate alla fonte luminosa stessa, e due alla modalità di utilizzo, cioè in continuo o a intermittenza.

4.1 *Tecnologia con lampade a incandescenza*

4.1.1 *Descrizione*

Il principio di funzionamento di questo tipo di lampada utilizza il fenomeno dell'incandescenza. Un filamento conduttore è portato ad alta temperatura mediante il passaggio di corrente elettrica; come ogni corpo riscaldato, il filamento emette di conseguenza della luce.

Se una lampadina fosse piena d'aria, l'ossigeno biatomico ossiderebbe rapidamente il filamento portato ad alta temperatura. È possibile valutare la durata di una simile lampadina in qualche decimo di secondo.

Le prime lampadine utilizzavano quindi delle ampole in cui era stato generato il vuoto, questa soluzione, evidentemente, è ancora utilizzata oggi. In questo tipo di lampade, il filamento, se non è più ossidato, tende a sublimarsi, ciò significa che portato ad alta temperatura perde degli atomi che si ritrovano sotto forma di gas nell'ampolla.

Questo comporta due conseguenze:

- il filamento perde atomi e si assottiglia, di seguito si produce una perforazione,
- gli atomi sublimati si depositano sul vetro dell'ampolla che diviene opaca.

Al fine di migliorarne la vita utile, si riempie quindi l'ampolla di gas inerti, come ad esempio azoto, argon, cripton o xeno. Il gas più efficace è lo xeno. E anche il più costoso. Il gas di riempimento limita abbastanza la sublimazione del tungsteno e consente di portare il filamento a temperature più elevate senza diminuire la vita utile attesa della lampada.

Il flusso luminoso delle lampadine ad incandescenza è di alcune centinaia di lumen.

4.1.2 *Descrizione*

Questa tecnologia è stata ampiamente sperimentata fino ad oggi ed è considerata affidabile ed efficace. La maggioranza delle lampadine nel mondo sono dotate di questa tecnologia che garantisce perfettamente le funzioni richieste dalla nostra applicazione.

4.1.3 Inconvenienti

La vita utile di queste lampadine resta limitata per i modelli a vuoto. Per quelli che prevedono del gas di riempimento, il prezzo diventa allora più alto.

Vita utile media: da circa 1000 ore per le lampadine a vuoto fino a 10000 ore per le lampadine con xeno.

4.2 Tecnologia a LED

4.2.1 Descrizione

L'elemento che serve per produrre la luce è un materiale *semi-conduttore* di circa 1 mm². La tecnica utilizzata per fabbricare led è simile a quella dei transistor e dei microprocessori. Contrariamente alle lampadine con filamento, si tratta di un elemento solido che, in questo modo, è quasi insensibile agli urti e alle vibrazioni. Questo elemento è incollato su un supporto che serve per il fissaggio meccanico, come connessione elettrica e come riflettore. Successivamente viene collegato agli elettrodi del led mediante dei fili molto sottili in oro o alluminio chiamati fili di *bonding*. Il tutto è avvolto in una resina trasparente che serve sia come protezione che come fibra ottica perché si forma una lente convergente sulla superficie bombata del led.

L'elemento semi-conduttore trasforma l'energia elettrica in radiazioni luminose. Il principio fisico fa in modo che la luce prodotta sia *monocromatica*, cioè di un solo colore.

4.2.2 Vantaggi

- La vita utile media di un LED è di circa 100000 ore,
- I led sono resistenti agli urti e alle vibrazioni.

4.2.3 Inconvenienti

- I led economici sono spesso di cattiva qualità.

4.3 Tecnologia con semaforo a flash

4.3.1 Descrizione

Un tubo flash, costituito da un'ampolla a scarica a forma di U, è montato in parallelo con un condensatore di grande capacità. Questo condensatore è caricato a circa 310 V attraverso un circuito elettronico di regolazione. Un generatore elettronico invia a intervalli regolari, attraverso un induttore, un impulso ad alta frequenza che ionizza il gas raro nel tubo e lo rende conduttore.

Il condensatore scarica allora la sua energia in un flash. Durante l'intervallo tra i due impulsi, il circuito elettronico ricarica il condensatore.

Le ampolle sono riempite con una miscela di gas, ad esempio con 90% di xeno. Al momento della scarica del condensatore, un arco elettrico si forma tra i due elettrodi. Nonostante il metallo utilizzato sia molto duro, come il tungsteno, il flash prodotto ogni secondo preleva

ogni volta una parte infinitesimale del metallo e lo vaporizza. Questo metallo si deposita a lungo andare sulle pareti dell'ampolla. Si stima che la vita utile del tubo al termine dell'emissione della luce sia ridotta del 30%. In questo modo si producono circa 8 milioni di flash.

L'ampolla, alla fine del ciclo di vita, non appare tuttavia difettosa, ma annerita.

4.3.2 Vantaggi

- Affidabilità del sistema e possibilità di funzionamento permanente,
- Longevità considerevole dell'ampolla a xeno (nell'ordine di 10000 ore),
- Forte potenza luminosa; flash multi direzionali, visibili da ogni angolazione. Il controllo elettronico degli impulsi luminosi consente un consumo molto lieve dell'attrezzatura,
- Poiché la produzione è automatizzata, la frequenza dei difetti di fabbrica è molto ridotta,
- Le informazioni di tipo "allarme" e i segnali di divieto sono più comprensibili al pubblico se presentati sotto forma di flash luminosi piuttosto che di luce continua, in quanto l'occhio umano reagisce meglio ai movimenti.

4.3.3 Inconvenienti

- L'usura dell'elettrodo derivante dall'utilizzo provoca l'annerimento del vetro dell'ampolla al termine del ciclo di vita, mentre la lampadina continua a funzionare,
- È possibile l'abbagliamento delle persone in luoghi angusti.

4.4 Tecnologia a semaforo fisso

4.4.1 Descrizione

La luce che illumina i segnali luminosi resterà costantemente accesa, fissa o a rotazione.

4.4.2 Vantaggi

Il funzionamento continuo evita un'usura accelerata dovuta alle operazioni di "accensione/spegnimento" troppo frequenti.

Se si sceglie l'opzione a rotazione, l'impatto sulla visibilità ne risulta migliorato.

4.4.3 Inconvenienti

L'aspetto luminoso continuo non favorisce una visibilità massima del segnale, soprattutto in presenza di una luminosità importante del locale in cui si trova il sistema.

L'opzione a rotazione comporta un vincolo aggiuntivo in termini di manutenzione, poiché il motore deve essere sottoposto a verifiche e manutenzione.

4.5 Tecnologia a semaforo intermittente

4.5.1 Descrizione

La luce che illumina i segnali luminosi sarà intermittente.

4.5.2 Vantaggi

Le informazioni di tipo “allarme” e i segnali di divieto sono più comprensibili al pubblico se presentati sotto forma intermittente piuttosto che di luce continua, in quanto l'occhio umano reagisce meglio ai movimenti.

4.5.3 Inconvenienti

L'intermittenza imposta ai led rischia di diminuire la loro vita utile.

4.6 Sintesi

La tecnologia con semaforo a flash, che aveva il vantaggio di essere più visibile rispetto a una soluzione con semaforo fisso, non è quindi particolarmente interessante in questa sede. Presenta un rischio di stordimento per le persone a causa del funzionamento ad impulsi e all'importante flusso luminoso generato. Scegliamo quindi di conservare l'idea dell'intermittenza per attirare al massimo l'attenzione dei soggetti presenti nei locali in caso di divieto di accesso al binario.

Sceghieremo la tecnologia a semaforo fisso per la luce verde e la tecnologia a luce intermittente per la luce rossa.

Allo scopo di ridurre la manutenzione dovuta all'aumento della vita utile del sistema, la tecnologia che sarà utilizzata per l'illuminazione sarà basata sui led. La riduzione della vita utile dei led rispetto alla loro durata di 100000 ore non sembra essere un argomento sufficiente per escludere l'intermittenza del segnale luminoso.

5. Studio dell'architettura e analisi funzionale

In questo paragrafo si descrive l'architettura globale e funzionale del sistema di segnalazione dei rami. Ciò consente di descriverne precisamente i componenti e i luoghi in cui è collocata l'intelligenza del sistema.

5.1 Architettura

Una volta scelta la tecnologia, spostiamo la nostra attenzione sull'architettura del sistema.

Iniziamo a descrivere l'architettura soffermandoci sui vincoli di sicurezza, su una presentazione generale dell'architettura in forma grafica, successivamente sugli studi riguardanti sensori, automatismi, cavi e le diverse interfacce.

5.1.1 Sicurezza

Secondo la norma CEI 61508 sulla sicurezza funzionale dei sistemi elettrici/elettronici/elettrici programmabili (E/E/PE) relativamente alla sicurezza, abbiamo stabilito che il nostro sistema dovrà essere omologato SIL 3. Raccomandiamo quindi che le funzioni di sicurezza dei dispositivi installati per la gestione della segnalazione dei locali siano di capacità SIL 3.

5.1.2 Architettura generale

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

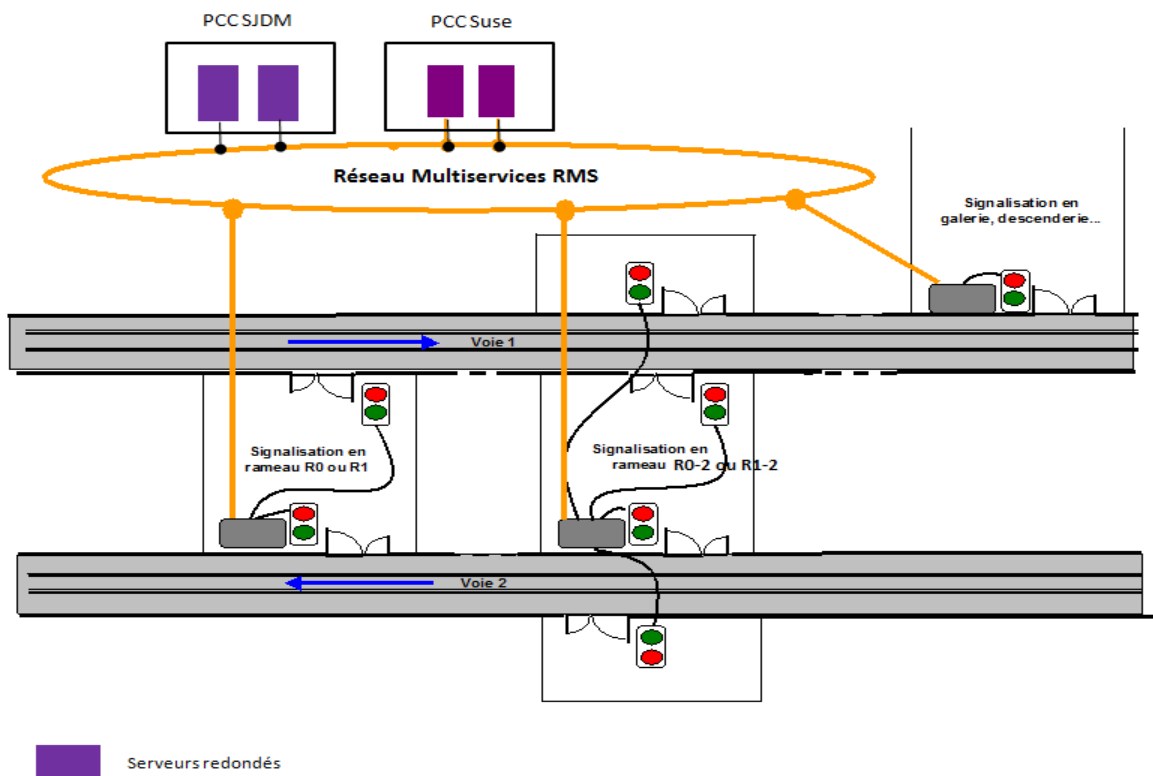


Figura 3 - Schema dell'architettura generale del sistema di segnalazione dei rami

5.1.3 Segnalazione

I segnali luminosi rosso e verde saranno disposti l'uno accanto all'altro, nello stesso contenitore, in alto a destra rispetto alle porte all'interno dei rami.

I segnali luminosi saranno costituiti da led di potenza sufficiente per consentirne una buona visibilità per chiunque si trovi sul posto in qualsiasi punto del ramo.

5.1.4 Automa

Un automa di sicurezza con capacità SIL 3 sarà installato in ogni ramo di comunicazione e in ogni locale che dispone di accesso a uno dei binari all'interno dei tunnel. Esso dovrà essere di piccole dimensioni, tenuto conto dell'importanza di non ingombrare i rami di comunicazione.

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

Ogni automa sarà predisposto per individuare il buon funzionamento di ogni sorgente luminosa dei semafori di segnalazione che sono ad essa collegati tramite il controllo della resistenza del circuito.

Ogni automa dovrà essere costantemente in grado di verificare che i due segnali luminosi rosso e verde dei semafori di segnalazione a suo carico non si accendano

contemporaneamente, che uno dei due segnali sia costantemente acceso, e che il segnale acceso corrisponda esattamente al comando dato dal sistema di supervisione.

Un automa sarà sufficiente per elaborare le informazioni dei due blocchi di segnalazione luminosa sui binari R0 e R1, poiché tali rami hanno al massimo due accessi ai binari (vedere figura 1).

Sui rami R0-2 e R1-2, gli automi dovranno essere in grado di elaborare le informazioni di 4 blocchi di segnalazione luminosa (vedere figura 1).

Alla stazione di sicurezza di Modane e sugli altri siti dove sarà disponibile solo una porta da equipaggiare, l'automa installato dovrà gestire esclusivamente le informazioni relative a un solo blocco di segnaletica luminosa. (Alla stazione di sicurezza di Modane, raccomandiamo che i rami di collegamento tra le canne e la sala di accoglienza siano muniti di segnaletica luminosa in prossimità delle porte che conducono ai binari al fine di evitare incidenti al momento delle operazioni di manutenzione).

5.1.5 Cavo di trasmissione e di alimentazione elettrica

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

I cavi installati, sia che si trovino tra i semafori e l'automa o tra l'automa e il punto di concentrazione della rete di teletrasmissione o l'avviamento elettrico, dovranno rispettare anche i vincoli imposti ai cavi nel tunnel, cioè non contenere materiali:

- alogeni,
- propaganti l'incendio,
- esalatori di fumi tossici,

ed essere:

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

5.1.6 Interfacce

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

- Alimentazione elettrica

L'alimentazione dei segnali luminosi e dell'automa sarà realizzata attraverso un'alimentazione di continuità senza interruzioni a 24Vcc.

La società responsabile dei dispositivi di alimentazione elettrica dovrà assicurare la fornitura di materiale per il raccordo alla rete di alimentazione fino alla base di ogni automa del sistema.

- Comunicazione con il sistema di supervisione sulla rete di teletrasmissione.

Ogni automa di segnalazione comunicherà con il server di sicurezza incaricato del sistema di segnalazione dei rami 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,

presumendo che i posti di comando locali dovranno essere in grado di comunicare con tutti i protocolli standard mediante l'attivazione di una scheda di comunicazione adeguata.

La società responsabile dei dispositivi di comunicazione dovrà assicurare la fornitura di materiale per il raccordo alla rete di alimentazione fino alla base di ogni automa del sistema.

5.2 Analisi funzionale

Dopo aver descritto l'architettura effettuiamo un'analisi funzionale del sistema di segnalazione dei rami al fine di esaminare la suddivisione dell'intelligenza tra i dispositivi terrestri, le unità di elaborazione locali e il sistema di supervisione.

5.2.1 Funzionamento del sistema

Il sistema di supervisione, in base a tutte le condizioni di sicurezza nel tunnel, con particolare riguardo al passaggio dei treni (determinati dal lotto A2), sarà in grado di inviare dei segnali di comando della segnalazione nei rami per l'accesso ai binari.

Perciò, se sussistono tutte le condizioni di sicurezza per le quali un individuo presente in un ramo può accedere a uno dei binari, il sistema di supervisione invierà il comando di segnale luminoso verde alla porta con accesso a tale binario .

Al contrario, fino a quando anche solo una delle condizioni di sicurezza non è soddisfatta, il sistema di supervisione invierà il segnale luminoso "rosso intermittente".

Se i segnali luminosi non ricevono informazioni dalla postazione locale o se quest'ultima non riceve informazioni dal sistema di supervisione, i segnali luminosi saranno rossi non intermittenti.

5.2.2 Utilizzo del sistema

L'automa dovrà essere in grado di generare un allarme in caso di presenza di un'avaria sui segnali luminosi o su un proprio componente.

5.2.3 Impianti terrestri

Le funzioni dei semafori di segnalazione saranno:

- Di accendere il segnale luminoso verde o rosso in funzione del comando ricevuto

Le informazioni trasferite verso l'automa dai semafori di segnalazione saranno:

- Le informazioni sul buon funzionamento del circuito di illuminazione e sullo stato delle fonti luminose. Queste informazioni saranno trasmesse misurando la resistenza del circuito attraverso l'automa.

5.2.4 Automa

Le funzioni dell'automa saranno:

- Di assicurare il rilevamento di anomalie di funzionamento sui semafori di segnalazione e sugli organi costitutivi dell'automa e di generare gli allarmi corrispondenti al sistema di supervisione (allarme con identificatore dell'elemento guasto),

- Di garantire l'elaborazione dei segnali emessi dai semafori (vedere il paragrafo seguente per il trattamento delle informazioni),
- Di garantire la comunicazione con il sistema di supervisione,
- Di gestire la funzione di intermittenza del segnale luminoso al momento del comando di accensione della luce rossa,
- Di assicurare la comunicazione con un computer di manutenzione al fine di permettere la realizzazione di simulazioni di funzionamento e di individuare anomalie del sistema.

L'elaborazione dei segnali emessi dai semafori dall'automa consisterà nel:

- Individuare il buon funzionamento dei segnali luminosi rossi e verdi dei semafori di segnalazione di uno stesso ramo di comunicazione attraverso la misura della resistenza o della corrente nel circuito,
- Verificare che uno solo per volta dei segnali luminosi sia acceso su uno stesso semaforo di segnalazione,
- Verificare che ci sia sempre un semaforo acceso,
- Verificare che il semaforo acceso corrisponda al comando dato dal sistema di supervisione.

Le informazioni trasferite sulla rete di teletrasmissione dall'automa saranno:

- Gli allarmi tecnici differenziati per fonte dell'allarme (semaforo di segnalazione 1, semaforo di segnalazione 1 o 2, semaforo di segnalazione 1, 2, 3 o 4 secondo i casi, segnale rosso o verde, automa. Fare riferimento alla figura 1). Gli allarmi tecnici dovranno essere elaborati in maniera tale che il PCC ne sia informato entro un minuto.

5.2.5 Sistema di supervisione

Le funzioni del sistema di supervisione saranno:

- Di garantire la comunicazione con la GTF al fine di ottenere le informazioni sul traffico dei treni,
- Di garantire la comunicazione con tutti gli automi per fornire loro le informazioni sull'accensione dei semafori e ricevere gli allarmi corrispondenti,
- Di comunicare al PCC le informazioni legate agli allarmi in considerazione delle informazioni delle squadre di sicurezza e di manutenzione al fine di intervenire in anticipo sulla necessità di eseguire le azioni previste.

6. Quadro sinottico dell'installazione – Schema dei dettagli

Secondo le mappe di base del genio civile, il paragrafo che segue definisce gli schemi di installazione dei sistemi.

6.1 Quadro sinottico dell'installazione

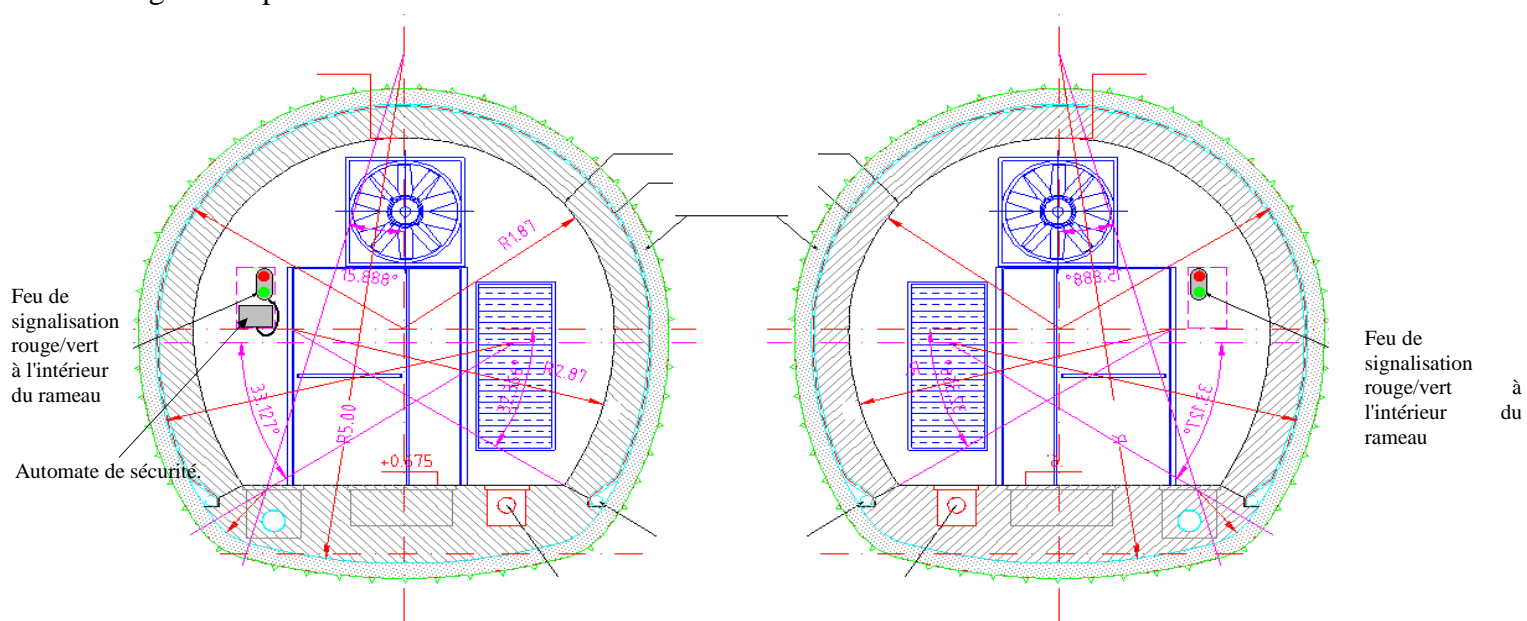
L'installazione dei segnali di sicurezza sarà eseguita in ogni ramo, in prossimità di ogni porta con accesso a uno dei binari di circolazione dei treni, o dei binari di stazionamento (rami R0 e R1-2 nella zona corrente come sul sito d'intervento), nonché di ogni altro accesso ai binari

sulle aree d'intervento che necessiterebbero di una segnalazione specifica (discenderie, gallerie,...)

Lo schema dettagliato dell'installazione dei dispositivi di segnalazione dei rami è fornito nello schema "Piano di installazione dei sensori antincendio nel tunnel".

6.2 Sezione trasversale a destra dei sensori

Forniamo qui una rappresentazione del posizionamento dei segnali luminosi e dell'automa di sicurezza prendendo ad esempio un ramo R0. Questo principio deve essere conservato per ogni altra porta con accesso a uno dei binari.



L'installazione dei segnali lato nord

L'installazione dei segnali lato sud

Figura 4 - L'installazione dei segnali luminosi nella via di fuga

7. Requisiti tecnici

A partire dai vincoli, dalle prestazioni da conseguire e dall'architettura, il presente paragrafo descrive le specifiche tecniche di diversi materiali che costituiscono il sistema di segnalazione delle protezioni.

7.1.1 Semaforo rosso/verde di sicurezza

- Generalità
 - o Norme da rispettare
 - Senza oggetto
 - o Specifiche funzionali

- I segnali luminosi rossi e verdi devono essere visibili in tutti i punti del ramo quando la porta corrispondente al segnale luminoso è chiusa.
- Dovranno essere realizzati con materiali non propaganti l'incendio, non alogeni che non emettono fumi tossici, o integrati nella scatola a tenuta stagna e resistente al fuoco che soddisfa tali criteri.

- Progettazione elettrica
 - o Alimentazione a 24Vcc.

- Ingressi/Uscite
 - o 2 ingressi di comando dei segnali con ritorni.

- Progettazione meccanica
 - o Ingombro: L=300mm,
l=200mm,
P=300mm.
 - o Peso: 5kg massimo.

- Vincoli di funzionamento (Temperatura/Umidità)
 - o Temperature: comprese tra 0°C e +60°C
 - o Tasso d'umidità: inferiore a 90%

- Vari
 - o Grado di protezione
IP 55

 - o Garanzia
3 anni minimo

7.1.2 Automa

- Generalità
 - o Norme da rispettare
 - DIN V 19250 sulle classi di conformità
 - CEI 61508 sulle classi di sicurezza
 - NF EN 50121-4: CEM, applicazioni ferroviarie. Emissione e immunità delle apparecchiature di segnalazione e di telecomunicazione.
 - NF EN 61587-3: “test di funzionamento della schermatura elettromagnetica”.

 - o Specifiche funzionali
 - SIL 3 (livello d'integrità di sicurezza)

- Progettazione elettrica
 - o L'automata sarà alimentato con una potenza di 24Vcc.

- Progettazione meccanica
 - o Gli automi saranno integrati in un bauletto.
 - o Ingombro: 200 mm di lunghezza, 100 mm di larghezza, 100 mm di profondità.
 - o Peso: 10kg massimo.

- Vincoli di funzionamento (Temperatura/Umidità)
 - o Temperature: tra 0°C e 60°C
 - o Tasso d'umidità sempre inferiore a 90%

- Vari
 - o Grado di protezione
IP55

 - o Garanzia
3 anni minimo

8. Elementi di messa in opera e di manutenzione

Dopo aver descritto il sistema di segnalazione delle protezioni in base alla sua progettazione, esaminiamo qui gli elementi della sua messa in opera e della manutenzione.

8.1 Messa in opera

Per la messa in opera cominceremo a descrivere le operazioni sulla manutenzione del sistema.

8.1.1 Descrizione

Questa parte descrive la messa in opera del sistema di segnalazione dei rami dal punto di vista dei semafori e degli automi.

8.1.1.1 Semafori di segnalazione

I bauletti che costituiscono i semafori di segnalazione saranno solidamente fissati al muro, in alto a destra delle porte con accesso al binario. Al fine di limitare gli effetti del passaggio dei treni saranno utilizzati degli ammortizzatori di caucciù per il fissaggio.

I bauletti di segnalazione, una volta fissati, non dovranno impedire l'apertura delle porte dei rami, né l'evacuazione delle persone che sono presenti nel ramo o l'entrata delle persone nello stesso.

8.1.1.2 Automi

Gli automi di sicurezza incaricati della gestione dei semafori di segnalazione saranno saldamente fissati al muro, in alto a destra rispetto porte con accesso al binario, sotto un semaforo di segnalazione. Al fine di limitare gli effetti del passaggio dei treni saranno utilizzati degli ammortizzatori di caucciù per il fissaggio.

Il raccordo dell'automa con i semafori di segnaletica sarà eseguito in funzione delle necessità del ramo o del locale, poiché alcuni automi devono essere collegati, come è stato precisato qui sopra, con uno, due o quattro semafori di segnalazione secondo il numero delle porte con accesso ai binari.

Al momento della messa in opera di ogni segnale luminoso del sistema di segnalazione delle protezioni, il personale incaricato dovrà verificare il buon funzionamento del sistema, e che il comando di accensione di un segnale accenda il colore giusto corrispondente.

8.2 Manutenzione

A partire degli elementi disponibili, stabiliamo qui, per il sistema di segnalazione delle protezioni, le operazioni da effettuare e la loro periodicità in termini di manutenzione preventiva, correttiva ed straordinaria.

Le funzionalità previste per l'automa consentiranno di conoscere lo stato del sistema in qualsiasi momento e di conoscere all'istante quale attrezzatura non funziona. La frequenza delle manutenzioni correttive e straordinarie sarà dunque dettata dal grado di allarme generato dagli automi.

8.2.1 Preventiva

Prevediamo una verifica sistematica annuale degli organi di sicurezza da parte di una persona abilitata.

9. Bilancio di potenza

Il presente paragrafo presenta un bilancio di potenza proprio del sistema.

Considerando l'ipotesi che l'architettura elettrica Bassa Tensione si appoggerà su dei TGBT posti nei locali tecnici dei rami (di tipo R1 o R1-2), questo bilancio presenta un'esigenza in termini di potenza secondo il tipo di ramo tecnico.

Stimiamo che 500 W sono sufficienti per l'alimentazione di un automa e di 4 semafori di segnalazione bicolore, con la maggior parte di questa energia viene alimentato l'automa stesso.

Per la via di fuga tecnica R1 o R1-2, e dunque mediante TGBT, bisognerà contare sull'alimentazione di 4 automi e dei semafori associati. Considerando il margine del 20%, **il consumo per ogni TGBT del tunnel nel ramo tecnico R1 o R1-2 per l'alimentazione del sistema di segnalazione dei rami è di 2.5kW.**

Abbiamo conteggiato 44 rami R1 e R1-2 nei tunnel. Riteniamo quindi che il totale del consumo per il sistema di segnalazione dei rami di comunicazione sarà $44 \cdot 2.5 \text{ kW}$, cioè **110KW**.

10. ALLEGATI

10.1 Allegato 1

COD ICE	DENOMINAZIONE	CLASSE INFLUENZA ESTERNA	CARATTERISTICHE
AA	Temperatura ambiente	1	-60° + 5°
		2	-40° + 5°
		3	-25° + 5°
		4	- 5° + 40°
		5	+ 5° + 40°
		6	+ 5° + 60°
AB	Umidità *		
AC	Altitudine (m)	1	≤2000
		2	>2000
AD	Presenza d'acqua	1	Trascurabile
		2	Caduta di gocce d'acqua
		3	Nebulizzazione d'acqua
		4	Proiezione d'acqua
		5	Getti d'acqua
		6	Pacchetti d'acqua
		7	Immersione
		8	Summersione
AE	Presenza di corpi solidi estranei	1	Trascurabile
		2	Piccoli oggetti (2,5 mm)
		3	Piccolissimi oggetti (1mm)
		4	Polveri
AF	Presenza di sostanze corrosive o inquinanti	1	Trascurabile
		2	Agenti atmosferici
		3	Intermittente o accidentale
		4	Permanente
AG	Vincoli meccanici, urti	1	Deboli
		2	Medi
		3	Importanti
AH	Vibrazioni	1	Deboli
		2	Medie
		3	Importanti
AJ	Altra pressione meccanica *		
AK	Flora	1	Trascurabile
		2	Rischio
AL	Fauna	1	Trascurabile
		2	Rischio
AM	Influenze elettromagnetiche	1	Trascurabili
		2	Correnti vaganti
		3	Elettromagnetiche
		4	Ionizzanti

		5	Elettostatiche
		6	Induzione
AN	Sole	1	Trascurabile
		2	Notevole
AP	Sismico	1	Trascurabile
		2	Debole
		3	Medio
		4	Forte
AQ	Fulmini	1	Trascurabile
		2	Indiretti
AR	Vento *		
BA	Competenza	1	Ordinari
		2	Bambini
		3	Disabili
		4	Abili
		5	Qualificati
BB	Resistenza *		
BC	Contatto con il potenziale di terra	1	Assenti
		2	Deboli
		3	Frequenti
		4	Continui
BD	Evacuazione	1	Normali
		2	Difficili
		3	Intasate
		4	Lunghe e intasate
BE	Materie	1	Rischi trascurabili
		2	Rischi di incendio
		3	Rischio di esplosione
		4	Rischio di contaminazione
CA	Materiali	1	Non combustibili
		2	Combustibili
CB	Struttura	1	Rischio trascurabile
		2	Propagazione d'incendio
		3	Movimenti
		4	Flessibile

Tabella 3 – Influenze esterne

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

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

A partire dalle diverse denominazioni, riportiamo la seguente tabella per la definizione dei fattori d'influenza esterni

10.2 *Allegato 2*

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

Tabella 4 – Condizioni ambientali

* : per le attrezzature poste tra 0 e 2 m dal suolo