

# 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

EQUIPEMENTS DE SÉCURITÉ – IMPIANTI DI SICUREZZA  
GÉNÉRALITÉS – GENERALE  
GÉNÉRALITÉS – ELABORATI GENERALI

### CARACTÉRISTIQUES DES DÉTECTEURS DE DÉRAILLEMENT – RELAZIONE TECNICA CARATTERISTICHE DI RIVELATORI DI DERAGLIAMENTO

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

CODE DOC	P	D	2	C	2	B	T	S	3	1	5	9	3	B
	Phase / Fase		Sigle étude / Sigla			Émetteur / Emittente			Numero			Indice		

A	P	N	O	T
Statut / Stato		Type / Tipo		

ADRESSE GED	C2B	//	//	50	00	00	10	03
INDIRIZZO GED								

ECHELLE / SCALA
-

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



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

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



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



## SOMMAIRE / INDICE

RESUME/RIASSUNTO .....	5
1. INTRODUCTION .....	6
2. GLOSSAIRE .....	7
3. PRESENTATION DU SYSTEME DE DETECTION DE DERAILLEMENT .....	7
3.1 Généralités .....	7
3.2 Objectifs du système .....	7
3.3 Topologie et géométrie des ouvrages .....	8
3.4 Cadre réglementaire .....	8
3.4.1 Directives européennes et normes STI .....	8
3.4.2 Règles CIG .....	9
3.4.3 Autres normes .....	9
3.5 Recensement des contraintes et performances .....	9
3.5.1 Contraintes .....	9
3.5.1.1 Contraintes de sécurité .....	9
3.5.1.2 Contraintes d'environnement .....	10
3.5.1.3 Contraintes d'exploitation et de maintenance .....	10
3.5.1.4 Contraintes de réalisation .....	11
3.5.1.5 Contraintes d'évolutivité .....	13
3.5.2 Performances .....	13
3.5.2.1 Généralités .....	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. ANALYSE DES TECHNOLOGIES .....	14
4.1 Technologie télémètre laser .....	14
4.1.1 Description .....	14
4.1.2 Avantages .....	16
4.1.3 Inconvénients .....	16
4.2 Technologie par détecteurs d'essieux magnétiques .....	16
4.2.1 Description .....	16
4.3 Avantages .....	16
4.4 Inconvénients .....	17
4.5 Technologie à boucle de métal friable .....	17
4.5.1 Description .....	17
4.5.2 Avantages .....	18
4.5.3 Inconvénients .....	18
4.6 Technologie à barre de métal friable .....	18
4.6.1 Description .....	18
4.6.2 Avantages .....	19
4.6.3 Inconvénients .....	20
4.7 Technologie par capteur de force .....	20
4.7.1 Description .....	20

4.7.2	Avantages.....	21
4.7.3	Inconvénients .....	21
4.8	Synthèse.....	21
5.	ETUDE DE L'ARCHITECTURE ET ANALYSE FONCTIONNELLE.....	22
5.1	Architecture .....	22
5.1.1	Architecture générale .....	22
5.1.2	Capteurs .....	23
5.1.3	Câble de transmission et d'alimentation électrique .....	23
5.1.4	Poste local .....	24
5.1.5	Interfaces.....	24
5.2	Analyse fonctionnelle .....	25
5.2.1	Fonctionnement du système.....	26
5.2.2	Exploitation du système .....	26
5.2.3	Equipement de terrain .....	26
5.2.4	Traitement local .....	26
5.2.5	Système de supervision.....	26
6.	SYNOPTIQUE D'IMPLANTATION DES DETECTEURS, PLAN DE DETAILS .....	27
6.1	Synoptique d'implantation .....	28
6.2	Coupe type au droit des capteurs .....	28
7.	PRESCRIPTIONS TECHNIQUES.....	28
7.1.1	Détecteur de déraillement .....	28
7.2	Armoires .....	29
7.2.1	Poste local en intérieur.....	29
7.2.2	Poste local en extérieur .....	30
8.	ELEMENTS DE MISE EN ŒUVRE ET DE MAINTENANCE .....	31
8.1	Mise en œuvre.....	31
8.1.1	Description .....	31
8.1.1.1	Détecteurs de déraillement.....	31
8.1.1.2	Poste local en intérieur .....	31
8.1.1.3	Poste local en extérieur .....	32
8.2	Maintenance.....	32
8.2.1	Préventive .....	32
8.2.2	Corrective.....	32
8.2.3	Rénovation ou maintenance extraordinaire .....	33
9.	BILAN DE PUISSANCE.....	33
10.	ANNEXES.....	34
10.1	Annexe 1 .....	34
10.2	Annexe 2.....	36

## LISTE DES FIGURES / INDICE DELLE FIGURE

<b>Figure 1</b> - Coupe type en tunnel. Zoom niveau bas.....	12
<b>Figure 2</b> - Schéma de fonctionnement d'un télémètre .....	15
<b>Figure 3</b> - Hypothèse retenue sur les essieux => essieu + roues = 1 pièce monolithique.....	16
<b>Figure 4</b> - Représentation du système de détection de déraillement .....	17
<b>Figure 5</b> - Représentation du système de détection de déraillement par barres de métal friables.....	19
<b>Figure 6</b> - Système de fixation des barres au rail .....	19
<b>Figure 7</b> – Système de 4 capteurs fixés sur le traverses .....	20
<b>Figure 8</b> – Ensemble de capteur de détection équipés de leur protection .....	21
<b>Figure 9</b> - Schéma d'architecture générale du système de Détection de Déraillement.....	23
<b>Figure 10</b> – Interface avec le système de signalisation .....	25
<b>Figure 11</b> : Coupe type en tunnel au lieu d'implantation d'un capteur de détection de déraillement.....	28

## LISTE DES TABLEAUX / INDICE DELLE TABELLE

<b>Tableau 1</b> - Bilan de puissance.....	33
<b>Tableau 2</b> – Influences externes .....	35
<b>Tableau 3</b> – Conditions d'environnement .....	36

## RESUME/RIASSUNTO

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

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

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

L'objectif du système de détection de déraillement est de détecter le déraillement d'une roue sur tout type de train afin de pouvoir l'arrêter automatiquement avant son arrivée sur un appareil de voie.

Les détecteurs sont constitués de capteurs de force placés de part et d'autre des rails.

Ils sont positionnés sur les voies (ligne nouvelle et ligne historique) permettant l'accès aux tunnels de la zone LTF, ainsi que de part et d'autre de la station souterraine de Modane.

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.

Al fine di dare l'allarme alla PCC affinché misure di esercizio e/o di sicurezza siano adottate nei più brevi termini, vari sistemi sorvegliano le parti ferroviarie e non ferroviarie di questa zona.

L'obiettivo del sistema di rilevazione di deragliament è di rilevare il deragliament di una ruota su qualsiasi tipo di treno per potere automaticamente fermarlo prima del suo arrivo su un apparecchio di deviazione.

I rivelatori sono costituiti da sensori di forza collocati su ambo i lati delle rotaie.

Essi sono collocati su i binari (linea nuova e linea storica) consentendo l'accesso alle gallerie della zona LTF, nonché da ambo i lati della stazione sotterranea di Modane.

## 1. Introduction

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

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

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

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

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

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

## 2. Glossaire

C2	Câble non propagateur de flammes
CIG	Commission InterGouvernementale franco-italienne
CR1/C1	Câble résistant au feu et non propagateur de l'incendie
GTF	Gestion Technique Ferroviaire
IK	Indice de résistance au chocs mécaniques
IP	Indice de Protection
LTF	Lyon Turin Ferroviaire
PCC	Poste de Commande Centralisé
RFF	Réseau Ferré de France
RFI	Rete Ferroviaria Italiana
STI	Spécifications Techniques d'Interopérabilité
TGBT	Tableau Général Basse Tension
UIC	Union Internationale de Chemins de fer

## 3. Présentation du système de détection de déraillement

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

### 3.1 Généralités

Les appareils de voies, plus communément appelés "aiguillages", sont des appareils conséquents utilisant des technologies de précision pour leur manœuvre. Il est important qu'ils assurent une sécurité optimale lors de l'aiguillage des trains. Ces contraintes font de ces appareils de voies des pièces très onéreuses.

Parce qu'un simple déraillement d'une roue de train est susceptible d'endommager gravement ces appareils, il est important de détecter, en amont de chaque aiguillage à protéger, que les trains qui s'y dirigent soient en parfaite condition pour les franchir sans complication.

L'utilisation de détection de déraillement sur les réseaux ferrés prévient des accidents qui pourraient résulter, au niveau des aiguillages, du déraillement des trains.

### 3.2 Objectifs du système

La détection de déraillement sera mise en place pour protéger les aiguillages de la ligne nouvelle, à l'intérieur comme à l'extérieur des tunnels, sur la zone LTF, gares comprises.

La détection de déraillement devra être réalisée sur les deux voies de la ligne nouvelle et de la ligne historique afin de protéger l'accès à un aiguillage de la ligne nouvelle du corridor projet, quel que soit le sens de circulation des trains.

La détection de déraillement doit être faite sur tous les types de trains.



Le dispositif de détection de déraillement doit être en mesure de détecter le déraillement d'une roue d'un train.

### 3.3 Topologie et géométrie des ouvrages

Le choix d'architecture du système de détection de déraillement dépendra :

- Du tracé des voies ferroviaires,
- Des coupes types,
- De la position des locaux techniques.

### 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 détection de déraillement.

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.

- Spécifications Techniques d'Interopérabilité reprises par les décisions suivantes du Conseil Européen : 2002/730/CE, 2002/731/CE, 2002/732/CE, 2002/733/CE, 2002/734/CE, et 2002/735/CE,
- Directive du Conseil Européen 96/48/CE (relative à l'interopérabilité ferroviaire grande vitesse en matière de sécurité),
- Directive du Conseil Européen n° 73/23/EEC : "Directive basse tension",
- NF EN 61587-1 : "essais climatiques, mécaniques et aspects de sécurité des baies, bâtis, bacs à cartes et châssis".
- NF EN 61587-3 : "essais de fonctionnement du blindage électromagnétique pour les baies, bâtis, bacs à cartes et châssis".

### **3.4.2 Règles CIG**

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

### **3.4.3 Autres normes**

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

- UIC 779-9 : "Sécurité dans les tunnels ferroviaires",
- IEC 60812 : "Techniques d'analyse de la fiabilité des systèmes - Procédure d'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE)",
- 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 détection de déraillement 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  
Les installations mises en œuvre pour le système devront être conçues et réalisées en parfaite conformité avec les réglementations et normes relatives à la sécurité des biens et des personnes.

Tous les câbles électriques, tuyaux et autres éléments constitutifs du système en tunnel ne devront pas contenir de matériaux :

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

### **3.5.1.2 Contraintes d'environnement**

Les conditions d'environnement minimales à l'intérieur et à l'extérieur du tunnel sont disponibles dans l'annexe 4.

Cela dit, pour ce qui est de l'extérieur, les conditions d'environnement sont celles d'une vallée alpine avec des têtes de tunnel à 600m d'altitude environ.

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

Au niveau des sites d'intervention, un système d'aspersion d'eau est prévu sur 750 m.

Le passage du train produit un effet de piston et génère une surpression à l'avant de celui-ci et une dépression à l'arrière en tunnel. La variation maximale de pression due au passage des trains est estimée à 10kPa.

L'usure de la caténaire provoque de la poussière de cuivre source d'encrassement possible des capteurs.

Dû aux poids des convois, les rails ont un taux d'usure important, ce qui a pour effet de générer des poussières d'acier (à titre d'exemple, les rails du tunnel sous la Manche ont été changés une fois en 10 ans d'exploitation).

La construction des tunnels produira de la poussière de béton. La quantité sera importante en début d'exploitation et réduira au fur et à mesure de l'exploitation.

D'après l'expérience du tunnel sous la Manche, de nombreuses graisses et autres substances parasites seront susceptibles de se répandre sur les matériels.

Le passage des trains dans les tubes générera de fortes vibrations.

### **3.5.1.3 Contraintes d'exploitation et de maintenance**

- Exploitation
  - Les trains seront susceptibles de circuler dans les deux sens sur chacune des voies.
  - La vitesse des trains en tunnel sera comprise entre 100 et 220 km/h.
- Maintenance
  - La maintenance sera prévue 4 heures par nuit sur tout ou partie de l'une des deux voies, pour la ligne nouvelle.
  - La maintenance sera prévue 2h par voie, successivement sur chacune des voies, en période de jour, pour la ligne historique.
  - Les interventions de maintenance sur les équipements à proximité des descenderies et en dehors de la plate-forme ferroviaire pourront se faire pendant l'exploitation ferroviaire.
  - Le nettoyage du tunnel se fera par projection d'eau. D'autres produits de nettoyage sont à prévoir mais ne sont pas connus à ce jour.

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'emplacement disponible pour implanter les équipements dans le tube sera contraint par la coupe type en section courante, niveau bas.

Caractéristiques des détecteurs de déraillement / Relazione Tecnica Caratteristiche di rivelatori di Deragliamento

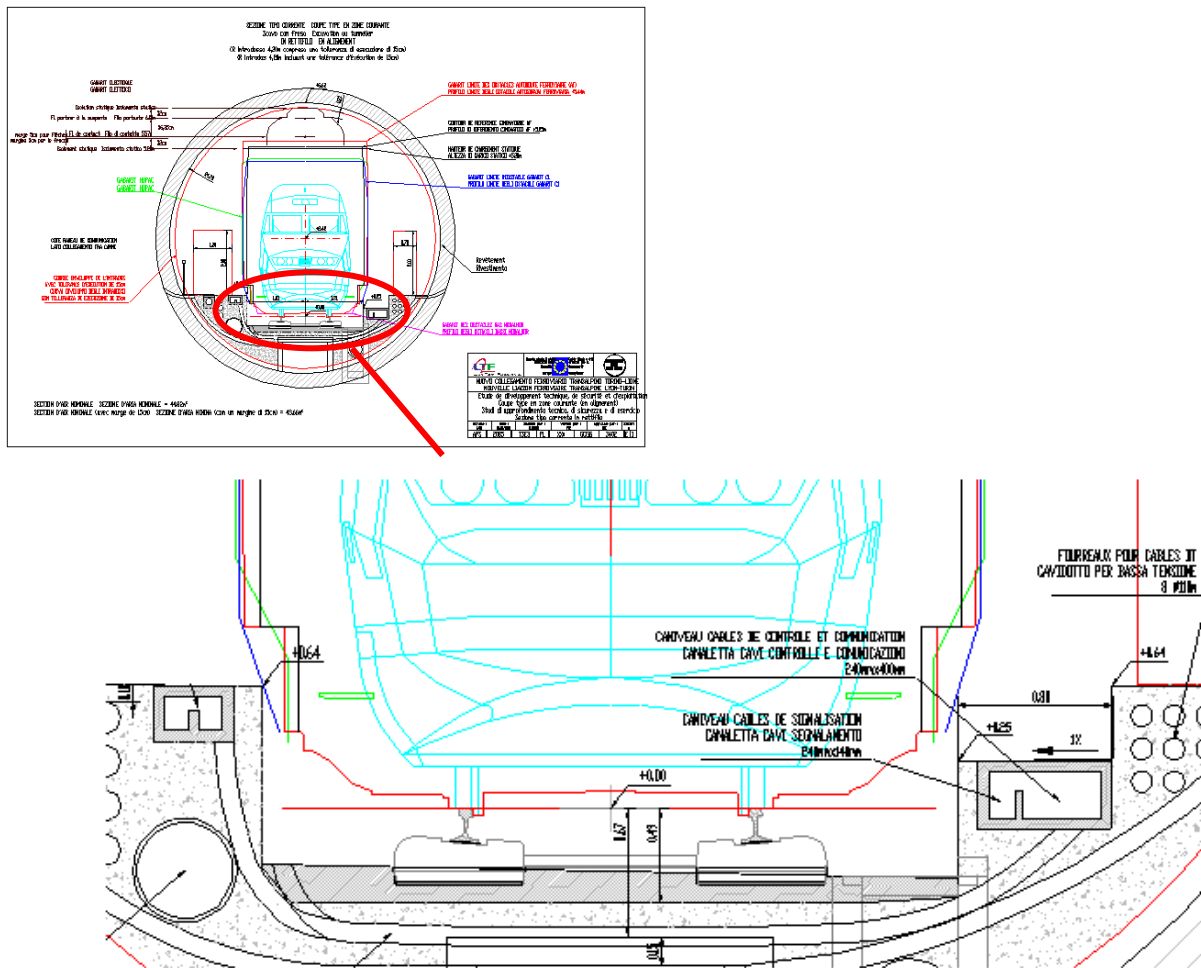


Figure 1 - Coupe type en tunnel. Zoom niveau bas

### **3.5.1.5 Contraintes d'évolutivité**

Les unités de traitement des informations issues des détecteurs de déraillements côté Saint Jean de Maurienne et Bussoleno seront dimensionnées en prenant en compte les diverses évolutions des besoins liés au phasage des gares.

Les nouveaux équipements installés après la mise en service de la zone LTF devront pouvoir s'interfacer avec les équipements déjà mis en œuvre.

### **3.5.2 Performances**

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

Nous verrons d'abord les performances générales puis celles liées au temps de réaction du système, à la fiabilité, à la maintenance, et enfin à la disponibilité.

#### **3.5.2.1 Généralités**

Le système devra pouvoir respecter l'ensemble de contraintes spécifiées ci-avant.

#### **3.5.2.2 Temps de réaction**

Le temps de traitement général des alarmes d'exploitation depuis la détection d'une anomalie jusqu'à la prise en compte au PCC ne devra pas dépasser 2 secondes.

#### **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, à l'intérieur comme à l'extérieur des tunnels.
- Corrective  
Le temps entre deux maintenances correctives sur une même pièce d'un équipement ne saura être inférieur à 12 mois.
- Exceptionnelle  
Sans objet.

### **3.5.2.5 Disponibilité**

Les équipements du système de détection de déraillement situés sur la ligne nouvelle seront au plus indisponibles 4h la nuit tous les deux jours.

Les équipements du système de détection de déraillement situés sur la ligne historique seront au plus indisponibles 2h par jour tous les jours.

## **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, qui sont une technologie par télémètre laser, une technologie par détecteurs d'essieux magnétique, une par boucle de métal friable, la quatrième à barre de métal friable et la cinquième par capteurs de force.

Toutes les analyses seront réalisées selon la même architecture : une description de la technologie considérée, l'étude de ses avantages puis ses inconvénients.

Une synthèse sera réalisée en fin de partie afin de préciser la technologie retenue.

### **4.1 Technologie télémètre laser**

Beaucoup de domaines font aujourd'hui appel aux lasers, en particulier lorsqu'il s'agit de mettre en place des solutions optiques de mesure de précision ou de sécurité.

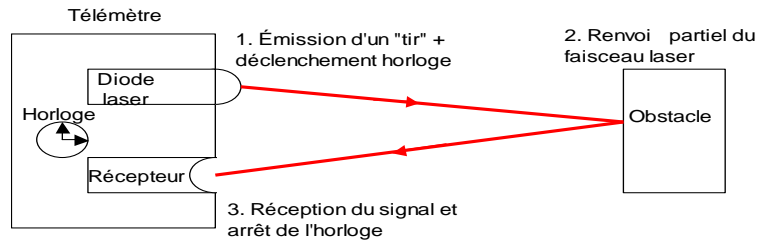
L'utilisation de télémètres est ainsi très répandue, que ce soit dans le civil ou le militaire. Nous avons souhaité réaliser une étude sur cette solution pour notre application de détection de déraillement et la comparer aux solutions que nous qualifierons de plus traditionnelles.

#### **4.1.1 Description**

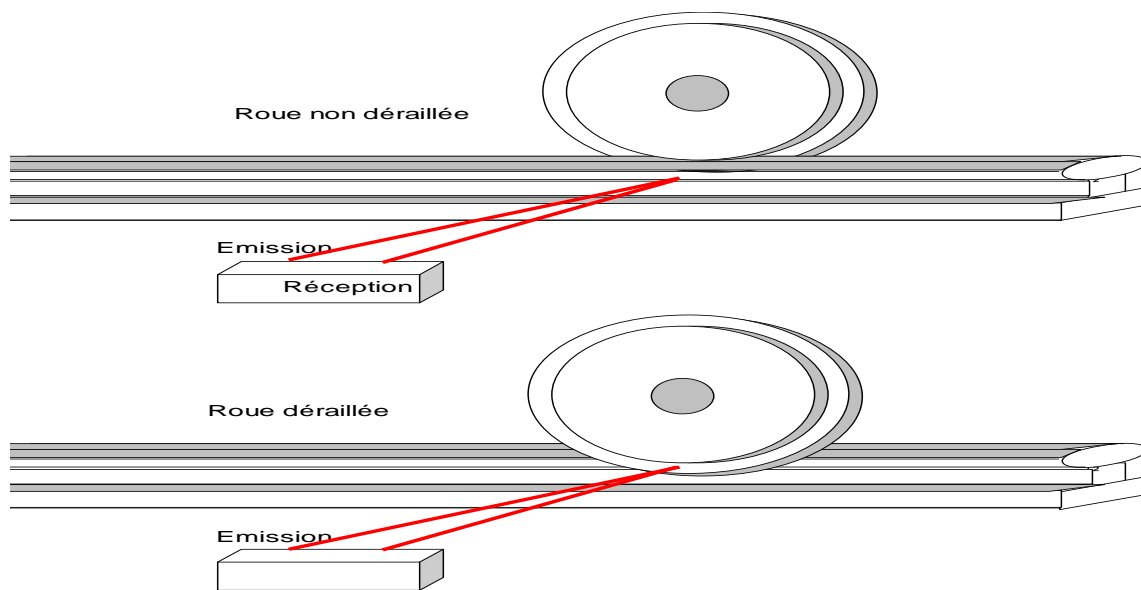
Une impulsion lumineuse très courte (un tir) est émise par la diode laser. Simultanément, une horloge est démarrée. Cette impulsion lumineuse est renvoyée partiellement par le premier obstacle rencontré sur son chemin et arrive sur un récepteur.

Le signal de réception arrête l'horloge.

La distance entre le capteur et l'objet-cible est directement proportionnelle au temps mis par l'impulsion lumineuse à parcourir la distance capteur/objet puis objet/capteur.



$d=v.t$ ,  
 connaissant la vitesse de propagation de l'onde laser et le temps qu'elle met pour faire l'aller/retour jusqu'à un obstacle, il est possible de connaître la distance entre le télémètre et l'obstacle.



*Figure 2 - Schéma de fonctionnement d'un télémètre*

En pointant deux lasers sur le champignon du rail sur chacun des deux côtés extérieurs des voies à partir de télémètres fixes, la distance mesurée entre les télémètres et les rails sera constante.

Si un essieu déraile, en se basant sur l'hypothèse que les essieux et roues sont monolithiques, l'une des deux roues va venir se placer devant le rayon laser.





**Figure 3** - *Hypothèse retenue sur les essieux => essieu + roues = 1 pièce monolithique*

La distance entre le capteur télémétrique et l'obstacle sera ainsi différente de la valeur initiale. On pourra ainsi en conclure que le train a déraillé, ou bien qu'une pièce est traînante sur l'un des côtés du matériel roulant.

#### **4.1.2 Avantages**

- Ce type de laser est simple à mettre en œuvre. Il est largement utilisé en industrie et est donc fiable et de prix raisonnable,
- Le type de mesure réalisé est rapide et précis,
- Les télémètres à base de technologie laser permettent une grande directivité du faisceau optique,
- Une détection partielle de pièces traînantes est réalisée en même temps que la détection de déraillement,
- Les capteurs ont peu de risques d'être endommagés par le déraillement du train ou les pièces traînantes compte tenu de l'éloignement possible des capteurs à la voie.

#### **4.1.3 Inconvénients**

- Le système possédant des contraintes de visée, la mise en œuvre et la maintenance nécessiteront des opérations de réglage afin que le faisceau soit toujours dirigé sur le champignon du rail et que l'étalonnage de référence soit fiable,
- Ce type de système optique est sensible aux conditions d'environnement ( grêle, neige, feuilles, graisse, etc.),
- Le positionnement de ces capteurs au sol intensifie les problèmes liés à l'encrassement du capteur. Une solution consisterait à éloigner les capteurs des voies. En contre partie, cela diminuerait la précision sur la visée.

### **4.2 Technologie par détecteurs d'essieux magnétiques**

Nous présentons ici une technologie employée dans la détection de déraillement pour le comptage des essieux de trains.

#### **4.2.1 Description**

Deux détecteurs d'essieux sont placés au niveau des aiguillages : un avant, et un après. Les causes de déraillement étant souvent liées au passage d'un aiguillage par le matériel roulant, on va compter le nombre d'essieux du train avant son passage sur l'appareil de voie, et on le recomptera après. Si ce nombre est identique, on peut alors supposer que le train n'a pas déraillé. Si le nombre est différent, on sait qu'il a déraillé, et on protège ainsi l'aiguillage suivant en arrêtant le train avant que celui-ci n'y parvienne.

#### **4.3 Avantages**

- La mise en œuvre des détecteurs est simple. Il suffit de les fixer à même le rail une fois que celui-ci est en place,

- Les détecteurs d'essieux ont largement été éprouvés à ce jour, et sont considérés comme fiables.

#### 4.4 Inconvénients

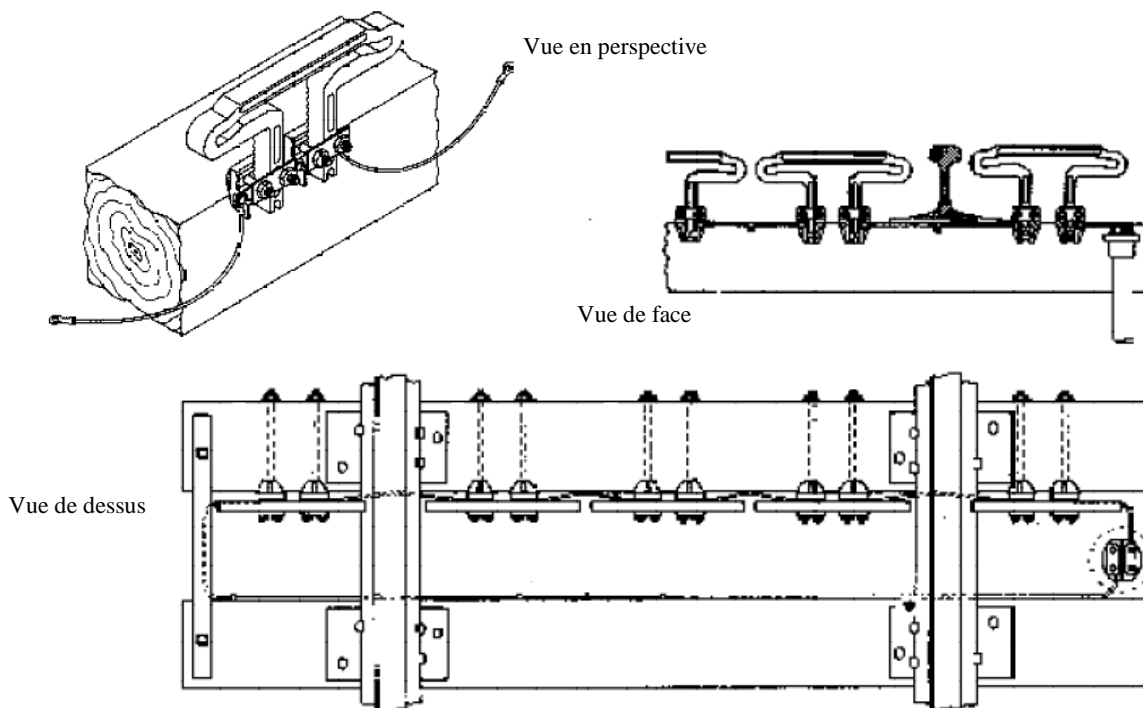
- Le système de traitement de l'information nécessite un ordinateur,
- Pour protéger un aiguillage correctement, il faut connaître le nombre d'essieux du train. Cela impose que le système puisse avoir un suivi du trafic en temps réel.

#### 4.5 Technologie à boucle de métal friable

Nous présenterons ensuite une solution mécanique utilisant des boucles de métal friable.

##### 4.5.1 Description

Il s'agit de boucles de métal conductrices et friables. Ces boucles sont disposées de part et d'autre des rails, sur une traverse. Elles sont reliées en série les unes aux autres par des connecteurs permettant d'obtenir une seule boucle électrique.



*Figure 4 - Représentation du système de détection de déraillement  
par boucles de métal friables*

Au passage d'un train, si une roue est dérailée ou qu'une pièce est traînante, cet élément va venir percuter une ou plusieurs des boucles métalliques, provoquant alors la rupture de la partie constituée de métal friable. Le circuit ne sera ainsi plus fermé. La détection de

l'ouverture de ce circuit permet de détecter le déraillement du train ou la présence de pièces traînantes sur le matériel roulant.

#### **4.5.2 Avantages**

- Ce type de capteur ne nécessite que très peu d'opérations de maintenance préventives, puisque les capteurs sont passifs et que le montage complet ne représente qu'une boucle de courant dont tous les éléments sont fixes,
- La méthode de détection est simple et efficace. Elle se fait par bris d'une boucle, ce qui correspond à l'ouverture du circuit électrique,
- Une détection de pièces traînantes est réalisée en même temps que la détection de déraillement,
- Ce type de système de détection est peu sensible aux conditions d'environnement (grêle, neige, feuilles, graisse, etc.).

#### **4.5.3 Inconvénients**

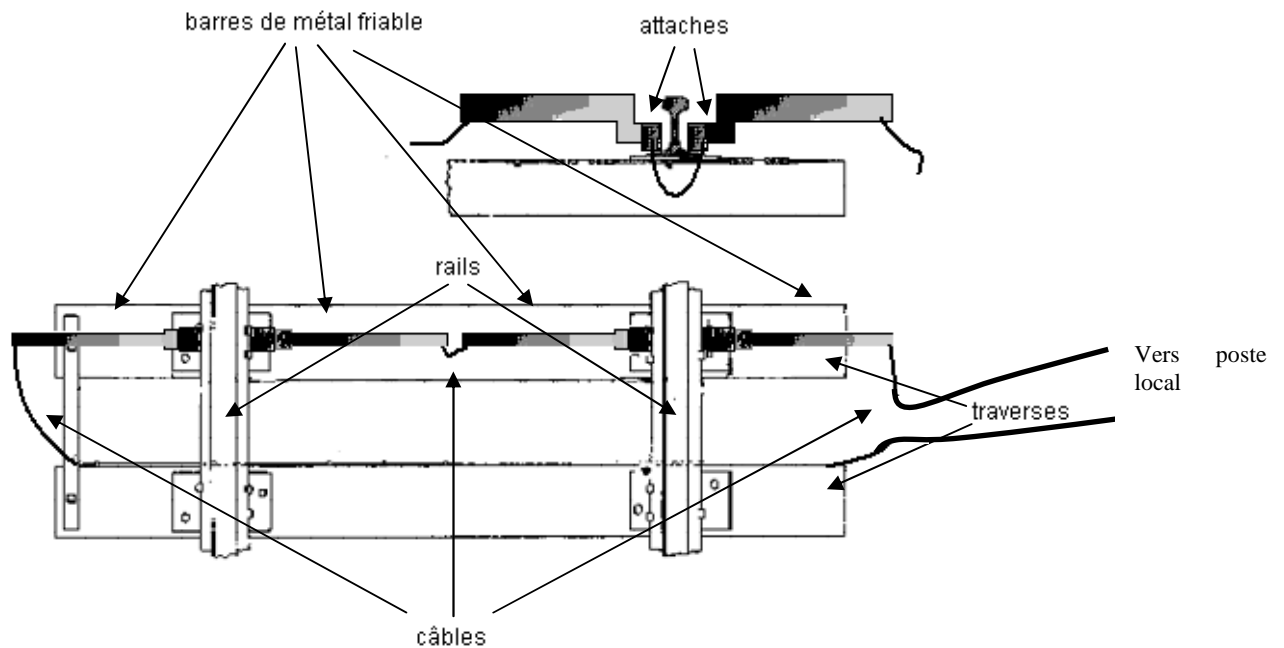
- Le déraillement d'un train ou la présence de pièces traînantes entraîne la détérioration des capteurs lors de la détection. Une opération de maintenance exceptionnelle sera à mettre en place après chaque détection. Celle-ci consistera à changer la ou les boucles détériorées en les détachant de la traverse ou elles sont vissées,
- L'installation de ce type de système nécessite la mise en place de traverses spéciales,
- Aucune différenciation ne pourra être faite entre la présence d'une roue déraillée ou d'une pièce traînante. Dans les deux cas, au passage du matériel roulant, le capteur sera brisé.

### **4.6 Technologie à barre de métal friable**

La prochaine technologie présentée est semblable à la précédente. Il s'agit de conserver le même principe de fonctionnement en changeant la forme des capteurs par des barres de métal.

#### **4.6.1 Description**

Il s'agit de barres de métal friables et conductrices. Ces barres sont disposées de part et d'autre des rails. Elles sont reliées en série les unes aux autres par des connecteurs permettant d'obtenir une seule boucle électrique.



*Figure 5 - Représentation du système de détection de déraillement par barres de métal friables*

Au passage d'un train, si une roue est déraillée ou qu'une pièce est traînante, cet élément va venir percuter une ou plusieurs des barres métalliques, provoquant alors la rupture d'une des barres. Le circuit ne sera ainsi plus fermé. La détection de l'ouverture de ce circuit permet de détecter le déraillement ou la présence de pièces traînantes sur le matériel roulant.



*Figure 6 - Système de fixation des barres au rail*

#### 4.6.2 Avantages

- Ce type de capteur ne nécessite que très peu d'opérations de maintenance préventive, puisque les capteurs sont passifs et que le montage complet ne représente qu'une boucle de courant dont tous les éléments sont fixes,

- La méthode de détection est simple et efficace. Elle se fait par bris d'une barre, ce qui correspond à l'ouverture du circuit électrique,
- Une détection de pièces traînantes est réalisée en même temps que la détection de déraillement,
- Ce type de système de détection est peu sensible aux conditions d'environnement (grêle, neige, feuilles, graisse, etc.),
- Le changement d'une barre de métal se fait simplement ; il suffit d'enlever la goupille d'attache du rail et de remplacer la barre ayant subi une dégradation par une barre en état de fonctionnement.

#### 4.6.3 Inconvénients

- Le déraillement d'un train ou la présence de pièces traînantes entraîne la détérioration des capteurs lors de la détection. Une opération de maintenance exceptionnelle sera à mettre en place après chaque détection. Celle-ci consistera à changer le ou les capteurs de forces détériorés en les détachant de la traverse.

### 4.7 Technologie par capteur de force

Nous présenterons ensuite une solution mécanique utilisant des capteurs de force.

#### 4.7.1 Description

Ce système enregistre les véhicules ayant déraillé et transmet l'information au dispositif de signalisation.

Il est capable de contrôler tout l'espace compris entre les deux rails. Cela implique qu'un déraillement peut être identifié même si une roue ne roule que très peu hors du rail, sur les éléments de fixation. Le système est typiquement constitué de quatre capteurs en série, fixés sur les traverses qui identifient même les essieux sortant du rail par à-coups (cas notamment pour les grandes vitesses).



*Figure 7 – Système de 4 capteurs fixés sur le traverses*

Des tests approfondis ont montré que ce système fonctionne à des vitesses de plus de 300 km/h. Il peut être mis en oeuvre sur traverses bois, béton, acier ainsi que sur voie fixe. Le

capteur est constitué de détecteurs de force qui ont fait leur preuve au niveau industriel, reliés par des plaques de métal de forme spéciale.



*Figure 8 – Ensemble de capteur de détection équipés de leur protection*

#### **4.7.2 Avantages**

- Ce système offre l'avantage d'un entretien extrêmement allégé. Tous les éléments de fixation des voies peuvent être examinés et réparés sans démontage du capteur,
- La méthode de détection est simple et efficace. Elle se fait par bris d'une barre, ce qui correspond à un delta de mesure en Newton, ne générant aucune fausse alarme,
- Facilité de mise en œuvre du fait de l'adaptation de ce système sur n'importe quel type de traverses,
- Une détection de pièces traînantes est réalisée en même temps que la détection de déraillement,
- Ce type de système de détection est peu sensible aux conditions d'environnement (grêle, neige, feuilles, graisse, etc.).

#### **4.7.3 Inconvénients**

- Le déraillement d'un train ou la présence de pièces traînantes entraîne la détérioration des capteurs lors de la détection. Une opération de maintenance exceptionnelle sera à mettre en place après chaque détection. Celle-ci consistera à changer le ou les capteurs de forces détériorées en les détachant de la traverse.

#### **4.8 Synthèse**

Compte tenu des inconvénients de la détection par laser liés à sa fiabilité (à cause des besoins de visée et de calibrage des capteurs) et à sa sensibilité aux conditions extérieures (à la fois d'encrassement et d'obstruction possible de la mesure), nous choisissons de ne pas retenir cette solution pour la réalisation de notre système.

La technologie par compteurs d'essieux présente des désavantages majeurs, notamment liés au traitement de l'information et au besoin d'interaction temps réel avec la GTF pour pouvoir suivre les trains. Ces inconvénients ne sont pas présents sur les autres technologies. Nous ne retiendrons donc pas ces capteurs d'essieux pour la réalisation de notre système.

Pour ce qui est des deux technologies par métal friable, leur fonctionnement et leurs performances sont très proches.

La différenciation des deux méthodes se fera pour des questions de maintenance. Les attaches du système de barres de métal se font de manière simple avec goupilles, tandis que les anneaux doivent être vissés directement sur la traverse. Le temps de maintenance sur les barres sera donc plus court et plus simple que celui sur les anneaux.

L'inconvénient issu de l'impossibilité de différencier une roue déraillée d'une pièce traînante peut être interprété positivement dans la mesure où les pièces traînantes peuvent causer de sérieux dégâts à la fois sur les équipements de voies et sur le matériel roulant. Les détecter représente en réalité un atout supplémentaire.

Par ailleurs, grâce à la technologie par capteur de force, son mode de construction est simple et mécaniquement robuste ainsi qu'à la combinaison logique de tous les éléments de capteur, toute fausse alarme est pratiquement exclue. C'est un système simple, économique et de fonctionnement sûr qui garantit une détection fiable des essieux ayant déraillé avant que ne soient atteintes des zones à risque, tels que les aiguillages.

Nous choisirons donc la technologie à base de **capteur de force** pour la réalisation de notre système.

## 5. Etude de l'architecture et analyse fonctionnelle

Nous réalisons dans ce paragraphe une description de l'architecture globale et fonctionnelle du système de détection de déraillement. 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 pour réaliser la détection de déraillement, nous allons nous intéresser à l'architecture générale du système.

Un détail sera présenté sur chaque organe du système, qui sont les capteurs, les câbles de transmission et d'alimentation électrique, les centrales et les interfaces entre chacun d'eux.

#### 5.1.1 Architecture générale

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

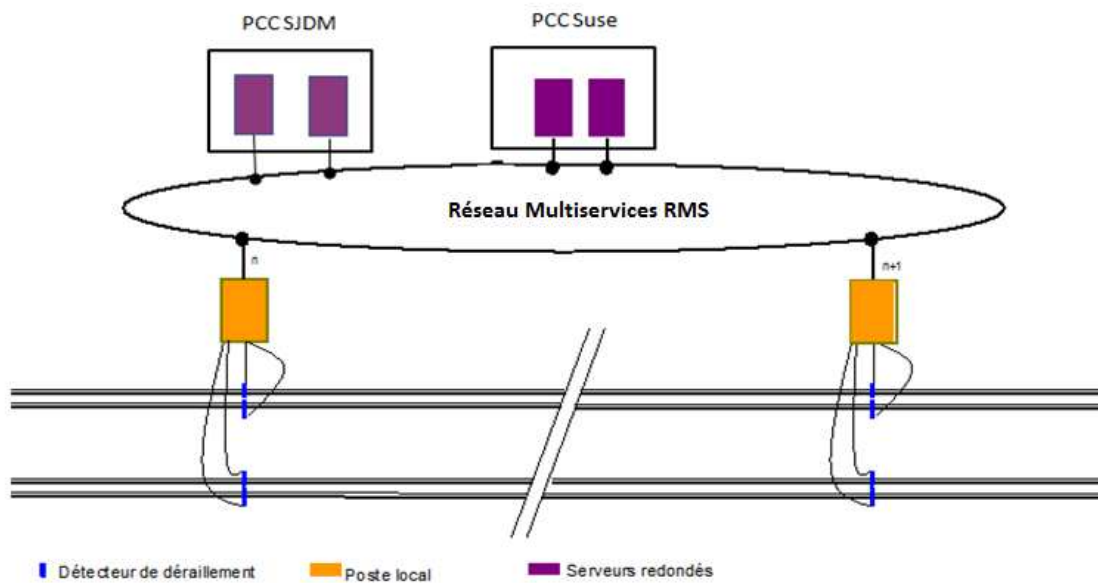


Figure 9 - Schéma d'architecture générale du système de Détection de Déraillement

### 5.1.2 Capteurs

Nous commençons par présenter l'architecture des différents capteurs à installer.

Les détecteurs de déraillement seront installés au niveau d'une traverse, aux lieux d'implantation définis dans la partie 5 "Synoptique d'implantation" de ce document. Ils seront destinés à couvrir la largeur totale d'une traverse. On comptera donc quatre barres (voir figure 7, au paragraphe 3.7.1).

Chaque barre constitutive du système de détection sera indépendante des trois autres (si une barre casse, elle n'entraînera pas forcément le changement des autres). Toutes les barres seront reliées les unes aux autres en série.

Les capteurs de voie seront reliés directement au poste local par une alimentation secourue sans coupure en 24Vcc

### 5.1.3 Câble de transmission et d'alimentation électrique

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

Des câbles assurant une liaison électrique entre les quatre barres constitutives d'un capteur de détection de déraillement et le poste local seront mis en place.

Les câbles mis en place, qu'ils soient entre les capteurs et le poste local ou entre le poste local et le point de concentration du réseau de télétransmission ou le départ électrique, devront respecter à la fois les contraintes imposées aux câbles en tunnel, c'est à dire ne pas contenir de matériaux :

- Halogènes,



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

Et être :

- CR1/C1 s'ils sont installés en tunnel de manière apparente,
- C2 sinon.

Les câbles en extérieur devront pouvoir résister à une exposition permanente aux radiations solaires, aux intempéries et à des projections d'eau.

#### **5.1.4 Poste local**

Après l'étude des détecteurs, des câbles électriques et de transmissions, nous décrivons ici l'architecture des postes locaux.

Un poste local sera installé à proximité de la voie pour les équipements installés en extérieur, et dans un rameau technique pour les équipements installés en tunnel.

Tous les postes devront être installés à proximité de chaque emplacement destiné à recevoir une détection de déraillement.

Ils seront notamment constitués de centres de mesures destinés au traitement de l'information électrique traversant les capteurs et d'un système d'alimentation et de communication. Le système d'alimentation, en plus des transformateurs, disjoncteurs et autres, sera constitué d'une batterie et de son chargeur pour assurer au système une alimentation secourue sans coupure.

Un poste local sera suffisant pour traiter les informations de deux détecteurs de déraillement. Compte tenu de l'espacement entre les différents lieux d'implantation des équipements de détection de déraillement, les postes locaux n'auront pas à traiter les signaux de plus de deux détecteurs.

#### **5.1.5 Interfaces**

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

Comme les besoins en communication varient en fonction des organes du système qui échangent de l'information, les interfaces sont subdivisées en fonction des organes qui interagissent.

- Alimentation électrique

L'alimentation du poste local sera assurée par une alimentation secourue sans coupure sur onduleur en 230Vac 50/60Hz. Le poste local se chargera d'alimenter les capteurs de voies, en fonction de leurs besoins.

L'entreprise responsable des équipements d'alimentation électrique devra assurer la fourniture du matériel pour le raccordement du système de détection de déraillement au réseau d'alimentation.

- Systèmes échangeant avec le système de supervision sur le réseau de télétransmission.

Tous les postes locaux communiquent avec les serveurs de sécurité en charge du système de détection de déraillement via le réseau de télétransmission de la GTF. Le protocole de communication et les interfaces seront définis dans les études sur le PCC et celles sur les réseaux de communication, sachant que les postes locaux devront pouvoir communiquer avec tous les protocoles standards moyennant la mise en place d'une carte de communication adéquate.

L'entreprise responsable des équipements de communication devra assurer la fourniture du matériel pour le raccordement du système de détection de déraillement au réseau de télétransmission.

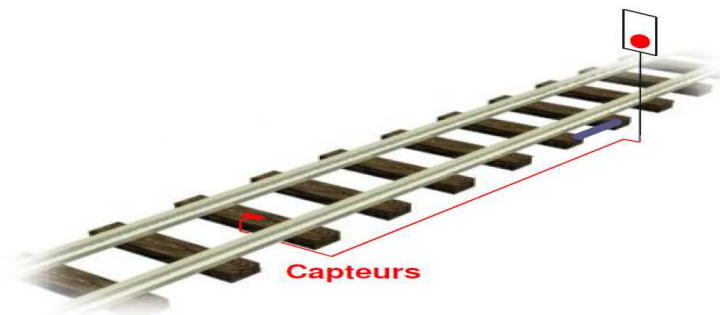
- Génie Civil

La mise en œuvre des équipements liés à la détection de déraillement des trains devra être coordonnée avec les opérations de Génie Civil. Les réservations pour les câbles et les massifs bétons devront être disponibles avant la mise en œuvre sur site des capteurs et des postes locaux.

- Signalisation ferroviaire sur ligne historique

Le système sera relié à la signalisation ferroviaire avec pour but d'informer automatiquement le conducteur de la présence du déraillement du train. Le signal devra être positionné à une certaine distance en prenant en compte les paramètres suivants :

- La vitesse maximale du train,
- La longueur totale maximale du train (la totalité du train devant franchir intégralement le système de détection de déraillement),
- Un temps de réaction du capteur de moins de 5s.



*Figure 10 – Interface avec le système de signalisation*

Sur la ligne nouvelle, la signalisation sera virtuelle (ERTMS niveau 2), il ne sera donc pas nécessaire de mettre en œuvre un signal. Le système devra néanmoins interagir avec le système ERTMS.

## 5.2 Analyse fonctionnelle

Après avoir décrit l'architecture nous effectuons une analyse fonctionnelle du système de détection de déraillement, 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**

Au passage d'un train, si une pièce est traînante ou une roue déraillée, elle va venir percuter une ou plusieurs des barres. Un delta en Newton (Force) engendrera une alarme qui allumera un feu pour signaler au conducteur le déraillement du train.

L'alarme remontée au système de supervision comprendra la date et l'heure de l'incident, ainsi que l'identificateur du capteur ayant engendré la détection.

### **5.2.2 Exploitation du système**

Les postes locaux devront être capables de détecter une anomalie sur les équipements de voies et de générer une alarme le cas échéant.

### **5.2.3 Equipement de terrain**

Les fonctions des détecteurs de déraillement seront :

D'être brisés par le contact avec un élément du matériel roulant.

### **5.2.4 Traitement local**

Les fonctions du poste local seront :

- De traiter les signaux issus de la mesure des détecteurs de déraillement (voir le paragraphe suivant pour le traitement des informations),
- De détecter une panne sur l'un des éléments constitutifs du poste local et de générer une alarme technique (ouverture du circuit électrique),
- D'assurer les échanges d'informations avec le système de supervision conformément au protocole qui sera mis en œuvre,
- D'assurer les échanges d'informations avec le PC de maintenance lorsque celui-ci sera connecté au poste local afin de pouvoir réaliser les simulations de fonctionnement et de détecter les anomalies,
- De contrôler la charge de la batterie d'alimentation.

Le traitement des signaux issus des capteurs par le poste local sera :

- De déterminer l'état du circuit. Lors de la présence d'un delta de mesure en Newton (Force), le poste local génère une alarme aux systèmes de signalisation ferroviaire et de supervision.

### **5.2.5 Système de supervision**

Les fonctions du système de supervision seront :

- D'afficher au PCC les informations liées aux alarmes en vue de l'information des équipes de sécurité et de maintenance afin de prévenir de la nécessité de réaliser des actions prévues,
- D'ajouter la date et l'heure ainsi que l'identifiant du capteur lors de la réception d'un signal d'alarme issu du système de détection de déraillement. Toute alarme générée sera stockée dans les serveurs de sécurité en charge du système de détection de déraillement. Les alarmes d'exploitation devront être traitées en moins de 2 secondes.

Les alarmes et les informations qui seront transmises au PCC seront traitées de telle sorte que les alarmes d'exploitation soient prioritaires sur les alarmes techniques.

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

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

### Calcul de la distance d'implantation des détecteurs de déraillement par rapport aux aiguillages

∴

Pour notre calcul, nous nous baserons sur les mêmes hypothèses que sur le corridor projet concernant les vitesses de déplacement du matériel roulant. La vitesse maximale considérée sera donc 220km/h.

La distance maximale de freinage des trains est celle du TGV. Celui-ci freine en **3000m** à plat pour des vitesses inférieures à 220km/h (voir soumission 43, paragraphe 2.3.15).

A l'extérieur du tunnel, d'après les informations dont nous disposons à ce jour, nous nous baserons sur l'hypothèse que la pente est montante des réseaux encadrants vers le tunnel. Cette valeur de freinage ne sera donc pas majorée.

Aux autres emplacements, selon les spécifications apportées dans la soumission 43, nous ajouterons 1% à la distance de freinage par mm/m supplémentaire de la descente. La pente maximale pour la ligne nouvelle sur le corridor projet est de 13mm/m.

La distance maximale d'arrêt des trains est donc de  $3000 + 13\% = \mathbf{3400m}$ .

Le temps de réaction de tout le système a été estimé à 5 secondes. Nous nous basons sur l'hypothèse que 50 secondes sont suffisantes pour déclencher le freinage du train à partir de la réception d'une alarme. Nous arrondissons à 1 minute le temps entre la détection de l'anomalie et le déclenchement du freinage du train. A 220km/h, cela correspond à une distance parcourue de **3700m**.

La longueur des trains maximale admise sur le corridor projet est de **750m**.

Les détecteurs de déraillement devront donc être installés en extérieur à au moins  $3000+3700+750 = \mathbf{7450m}$  avant les aiguillages pour les voies en provenance des réseaux encadrants.

Pour le reste des équipements, ils devront être installés à au moins  $3400+3700+750 = 7850m$  arrondi à **7900m** avant les aiguillages.

## 6.1 Synoptique d'implantation

Le synoptique général où seront implantés des détecteurs de déraillement est fourni sur le plan “Synoptique d'implantation des détecteurs”.

Le plan d'implantation détaillé des détecteurs de déraillement est fourni sur le plan “Plans d'implantation des détecteurs sur voie en tunnel”.

## 6.2 Coupe type au droit des capteurs

La figure suivante est une coupe type en tunnel au lieu d'implantation d'un capteur de détection de déraillement.

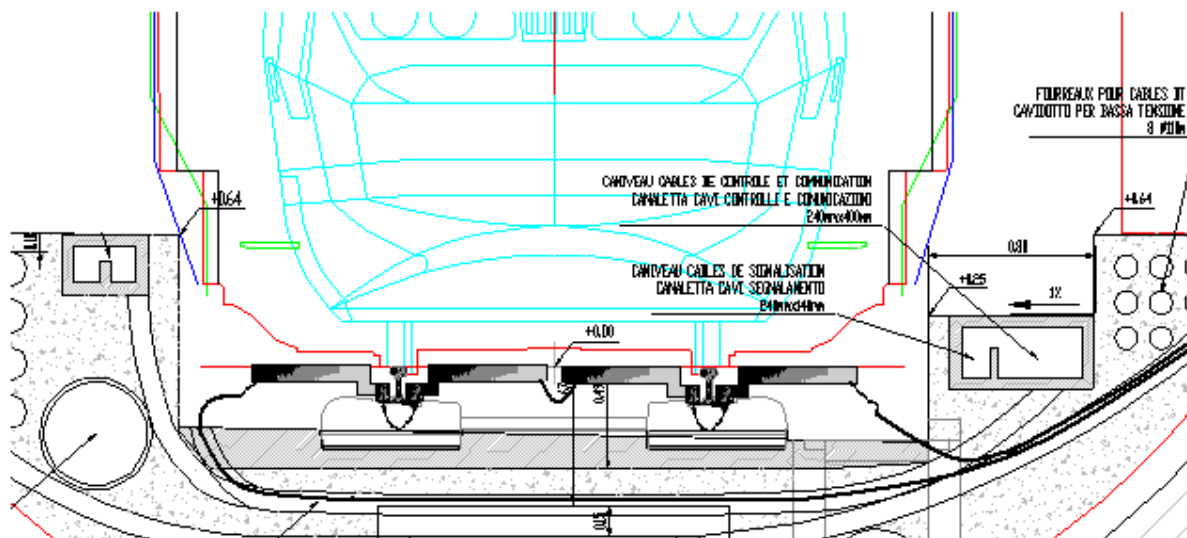


Figure 11 : Coupe type en tunnel au lieu d'implantation d'un capteur de détection de déraillement

## 7. Prescriptions techniques

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

### 7.1.1 Détecteur de déraillement

- Généralités
  - Normes à respecter :
    - UIC 779-9 : "Sécurité dans les tunnels ferroviaires".
  - Spécifications fonctionnelles :
    - Détecter le déraillement d'au moins une roue des trains.
  
- Conception électrique
  - Alimentation générale du capteur : 24Vcc.

- Entrées / Sorties
  - 1 contact sec.

- Conception mécanique

Les 4 barres et leur support d'attache au rail qui constituent un détecteur de déraillement devront pouvoir être contenues dans un parallélépipède rectangle aux dimensions suivantes :

- Longueur : 3400 mm,
- Largeur : 200 mm,
- Hauteur : 250 mm,
- Poids maximal : 10kg.

Ces dimensions ont été établies afin de permettre le positionnement des capteurs en tunnel compte tenu des contraintes de GC.

- Contraintes de fonctionnement (Température / Humidité)
  - Température : -40° à +60°C,
  - Taux d'hygrométrie relatif inférieure à 90%,
  - Les détecteurs de déraillement doivent être insensibles aux vibrations.
- Divers
  - Degré de protection :
    - IP 55.
  - Garantie :

3 ans minimum

## 7.2 Armoires

### 7.2.1 Poste local en intérieur

- Généralités
  - Normes à respecter :
    - NF EN 61587-1 (essais climatiques, mécaniques et aspects de sécurité),
    - NF EN 61587-3 (essais de fonctionnement du blindage électromagnétique),
  - Spécifications fonctionnelles :
    - Les équipements du poste local seront installés dans une armoire, posées au sol.
- Conception électrique
  - Dans l'armoire, des alimentations spécifiques seront prévues pour fournir l'énergie nécessaire aux capteurs de voie.
  - L'alimentation de chaque armoire sera faite en 230Vac, 50Hz secouru sans coupure.

- Conception thermique
  - Nous ne prévoyons pas de besoin de ventilation ou de chauffage autre que la ventilation naturelle assurée dans les locaux techniques sur l'hypothèse que les températures dans les locaux seront toujours acceptables.
  
- Conception mécanique
  - Encombrement : 800 mm maximum de large, 800 mm maximum de profondeur, 2100 mm maximum de haut.
  
- Contraintes de fonctionnement (Température / Humidité)
  - Températures : entre 5°C et 50°C,
  - Taux d'humidité toujours inférieur à 90%.
  
- Divers
  - Degré de protection :
    - IP55.
  
- Garantie :
  - 3 ans minimum

### 7.2.2 Poste local en extérieur

- Généralités
  - Normes à respecter
    - NF EN 61587-1 (essais climatiques, mécaniques et aspects de sécurité),
    - NF EN 61587-3 (essais de fonctionnement du blindage électromagnétique),
  
  - Spécifications fonctionnelles :
    - Les équipements du poste local seront installés dans une armoire. Ces armoires seront équipées d'une étagère à hauteur raisonnable pour la mise en place du PC portable de maintenance lors des opérations de maintenance.
  
- Conception électrique
  - Dans l'armoire, des alimentations spécifiques seront prévues pour fournir l'énergie nécessaire aux capteurs de voie.
  - L'alimentation de chaque armoire sera faite en 230Vac, 50Hz secouru. Le secouru des équipements sera assuré par un ensemble chargeur + batterie.
  
- Conception thermique
  - Le conditionnement thermique de l'armoire sera assuré par une résistance chauffante thermostatée.

- Conception mécanique
  - Encombrement : 800 mm maximum de large, 800 mm maximum de profondeur, 2100 mm de haut,
  - Poids : 150kg.
  
- Contraintes de fonctionnement (Température / Humidité)
  - Températures : entre -30°C et 50°C,
  - Taux d'humidité toujours inférieur à 90%.
  
- Divers
  - Degré de protection.
    - IP54
  - Garantie
    - 3 ans minimum.

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

Après avoir décrit le système de détection de déraillement 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 par décrire les opérations sur la maintenance du système.

#### 8.1.1 Description

Cette partie décrit la mise en œuvre du système de détection de déraillement, du point de vu détecteurs et postes locaux en intérieur et extérieur.

##### 8.1.1.1 Détecteurs de déraillement

Chacun des capteurs de forces devra être fixé à l'aide d'un système de vis écrou.

Les câbles utilisés pour faire la liaison entre les capteurs de voie et le poste local correspondant seront installés en caniveau ou directement dans le ballast sous gaine de protection.

##### 8.1.1.2 Poste local en intérieur

Le poste local sera placé dans une armoire.

Cette armoire sera installée dans un local technique en rameau R1 ou R1- 2.



Pour le placement du poste local, on prendra soin de vérifier que la distance entre le poste et les capteurs permette d'avoir deux équipements de détections sur les deux voies connectés à un même poste local

### ***8.1.1.3 Poste local en extérieur***

Le poste local sera placé dans une armoire. Cette armoire sera installée en bordure de voie sur un socle en béton prévu à cet effet avec une chambre de tirage.

Pour le placement du poste local, on prendra soin de vérifier que la distance entre le poste et les capteurs permette d'avoir deux équipements de détections sur les deux voies connectés à un même poste local.

## **8.2 Maintenance**

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

La période des opérations de maintenance pourra être étalonnée en fonction de l'analyse du comportement du matériel lors de la première année d'exploitation.

Etant donné la constitution des équipements de voies et leurs méthodes de pose, toute opération de maintenance des équipements de voies présentant une anomalie (barre de détecteur cassée, ...) ainsi que les racks électroniques des armoires sur site sera faite par prélèvement et remplacement de l'équipement.

Pour les détecteurs de déraillement, s'il ne s'agit que d'une connexion électrique à rétablir, celle-ci sera faite sans obligation de changement de matériel. Les délais de maintenance seront donc réduits au temps de changement d'un capteur ou au rétablissement d'une connexion électrique.

Pour les détecteurs de déraillement préconisés, les opérations de maintenance seront liées à la détection d'un delta de force appliquée à la barre de métal. En pratique, cela correspondra à la détérioration du capteur par le matériel roulant ou d'autres phénomènes extérieurs (usure naturelle, malveillance, etc.).

### ***8.2.1 Préventive***

Les opérations de maintenance préventives consisteront à réaliser une vérification annuelle du matériel sur site.

### ***8.2.2 Corrective***

Valeurs estimées de la fréquence des opérations de maintenance nécessaires :

- Détecteurs de déraillement : > 6 mois
- Détecteur d'essieux : > 12 mois
- Poste local : > 12 mois

### 8.2.3 Rénovation ou maintenance extraordinaire

Les opérations de maintenance extraordinaires sur les équipements de voies seront le plus souvent liés à la détérioration du matériel par le matériel roulant. Pièces traînantes, déraillement des trains, malveillance, etc. Il est donc difficile de donner une estimation sur la fréquence de la maintenance extraordinaire.

## 9. Bilan de puissance

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

Considérant l'architecture de la détection de déraillement où l'implantation des capteurs se fait ponctuellement, nous émettons l'hypothèse que chaque poste local sera alimenté par un TGBT distinct. Le bilan de puissance se fera donc en considérant le fonctionnement des équipements d'un poste local.

Ce bilan de puissance a été établi en considérant que tous les équipements fonctionnent simultanément. Nous rappelons que les capteurs de voie sont alimentés par les postes.

Désignation	Puissance unitaire (VA)	Quantité par site	Consommation nominale par site (VA)
Capteur de voie	150	4	600
Poste local	1500	1	1500
Réserve	20%		420
<b>Total par site</b>			<b>2520</b>
Poste central*	1500	2	3000
Réserve	20%		350
<b>Total</b>			<b>3350</b>

*Tableau 1 - Bilan de puissance*

\* Les postes centraux sont situés un à Saint Jean de Maurienne et un à Suse.

Pour chaque TGBT alimentant un poste local sur un site d'implantation de détection de déraillement, les besoins en énergie sont donc de **2.5kW**.

Nous estimons que la totalité du système de détection de déraillement, compte tenu des 9 sites d'implantation des capteurs, consommera 9\*2.5kW soit **22,5kW**.

## 10. Annexes

### 10.1 Annexe 1

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

Caractéristiques des détecteurs de déraillement / Relazione Tecnica Caratteristiche di rivelatori di Deragliamento

		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 2 – 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.

Caractéristiques des détecteurs de déraillement / Relazione Tecnica Caratteristiche di rivelatori di Deragliamento

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 3 – Conditions d'environnement

---

Caractéristiques des détecteurs de déraillement /Caratteristiche dei rilevatori di deragliamento

---

## SOMMAIRE / INDICE

RESUME/RIASSUNTO .....	5
1. INTRODUCTION/INTRODUZIONE.....	6
2. GLOSSAIRE/GLOSSARIO.....	7
3. PRÉSENTATION DU SYSTÈME DE DÉTECTION DE DÉRAILLEMENT/PRESENTAZIONE DEL SISTEMA DI RILEVAMENTO DI DERAGLIAMENTO .....	7
3.1 Généralités/Aspetti generali.....	7
3.2 Objectifs du système/Obiettivi del sistema.....	7
3.3 Topologie et géométrie des ouvrages/Topologia e geometria delle strutture.....	8
3.4 Cadre réglementaire/Quadro normativo .....	8
3.4.1 Directives européennes et normes STI/Direttive europee e norme STI.....	8
3.4.2 Règles CIG/Regole CIG .....	9
3.4.3 Autres normes/Altre norme.....	9
3.5 Recensement des contraintes et performances/Elenco dei vincoli e prestazioni.....	9
3.5.1 Contraintes/Vincoli .....	9
3.5.1.1 Contraintes de sécurité/Vincoli di sicurezza.....	9
3.5.1.2 Contraintes d'environnement/Vincoli ambientali.....	10
3.5.1.3 Contraintes d'exploitation et de maintenance/Vincoli d'uso e manutenzione.....	10
3.5.1.4 Contraintes de réalisation/Vincoli realizzativi.....	11
3.5.1.5 Contraintes d'évolutivité/Vincoli evolutivi .....	13
3.5.2 Performances/Prestazioni.....	13
3.5.2.1 Généralités/Aspetti generali.....	13
3.5.2.2 Temps de réaction/Tempo di reazione .....	13
3.5.2.3 Fiabilité/Affidabilità.....	13
3.5.2.4 Maintenance/Manutenzione .....	13
3.5.2.5 Disponibilité/Disponibilità.....	14
4. ANALYSE DES TECHNOLOGIES/ANALISI DELLE TECNOLOGIE .....	14
4.1 Technologie télémètre laser/Tecnologia a telemetria laser .....	14
4.1.1 Description/Descrizione.....	14
4.1.2 Avantages/Vantaggi .....	16
4.1.3 Inconvénients/Inconvenienti .....	16
4.2 Technologie par détecteurs d'essieux magnétiques/Tecnologia tramite rilevamenti d'interassi magnetici .....	16
4.2.1 Description/Descrizione.....	16
4.3 Avantages/Vantaggi.....	16
4.4 Inconvénients/Inconvenienti.....	17
4.5 Technologie à boucle de métal friable/Tecnologie ad anello metallico friabile.....	17
4.5.1 Description/Descrizione.....	17
4.5.2 Avantages/Vantaggi.....	18
4.5.3 Inconvénients/Inconvenienti .....	18

Caractéristiques des détecteurs de déraillement /Caratteristiche dei rilevatori di deragliament

4.6	Technologie à barre de métal friable/Tecnologie a barra metallica friabile.....	18
4.6.1	Description/Descrizione.....	18
4.6.2	Avantages/Vantaggi.....	19
4.6.3	Inconvénients/Inconvenienti.....	20
4.7	Technologie par capteur de force/Tecnologia con sensore di forza.....	20
4.7.1	Description/Descizioni.....	20
4.7.2	Avantages/Vantaggi.....	21
4.7.3	Inconvénients/Inconvenienti.....	21
4.8	Synthèse/Sintesi.....	21
5.	ETUDE DE L'ARCHITECTURE ET ANALYSE FONCTIONNELLE/STUDIO DELL'ARCHITETTURA E ANALISI FUNZIONALE.....	22
5.1	Architecture/Architettura.....	22
5.1.1	Architecture générale/Architettura generale.....	22
5.1.2	Capteurs/Sensori.....	23
5.1.3	Câble de transmission et d'alimentation électrique/Cavo di trasmissione e d'alimentazione elettrica.....	23
5.1.4	Poste local/Postazione locale.....	24
5.1.5	Interfaces/Interfacce.....	24
5.2	Analyse fonctionnelle/Analisi funzionale.....	25
5.2.1	Fonctionnement du système/Funzionamento del sistema.....	26
5.2.2	Exploitation du système/Usò del sistema.....	26
5.2.3	Equipement de terrain/Apparecchiatura di sito.....	26
5.2.4	Traitement local/Trattamento locale.....	26
5.2.5	Système de supervision/Sistema di supervisione.....	26
6.	SYNOPTIQUE D'IMPLANTATION DES DÉTECTEURS, PLAN DE DÉTAILS/SINOTTICA DELL'IMPIANTO DEI SENSORI RILEVATORI, DISEGNO DI DETTAGLIO.....	27
6.1	Synoptique d'implantation/Sinottica d'impianto.....	28
6.2	Coupe type au droit des capteurs/Sezione tipo dei sensori.....	28
7.	PRESCRIPTIONS TECHNIQUES/REQUISITI TECNICI.....	28
7.1.1	Détecteur de déraillement/Rilevatore di deragliament.....	28
7.2	Armoires/Armadi.....	29
7.2.1	Poste local en intérieur/Postazione locale interna.....	29
7.2.2	Poste local en extérieur/Postazione locale esterna.....	30
8.	ELÉMENTS DE MISE EN ŒUVRE ET DE MAINTENANCE/ELEMENTI DI ESECUZIONE E MANUTENZIONE.....	31
8.1	Mise en œuvre/Esecuzione.....	31
8.1.1	Description/Descrizione.....	31
8.1.1.1	Détecteurs de déraillement/Rilevatori di deragliament.....	31
8.1.1.2	Poste local en intérieur/Postazione locale interna.....	31
8.1.1.3	Poste local en extérieur/Postazione locale esterna.....	32
8.2	Maintenance/Manutenzione.....	32
8.2.1	Préventive/Preventiva.....	32
8.2.2	Corrective/Correttiva.....	32
8.2.3	Rénovation ou maintenance extraordinaire/Modernizzazione o manutenzione straordinaria.....	33



9. BILAN DE PUISSANCE/BILANCIO DI POTENZA .....	33
10. ANNEXES/ALLEGATI.....	34
10.1 Annexe 1/Allegato 1 .....	34
10.2 Annexe 2/Allegato 2 .....	36

## LISTE DES FIGURES / LISTA DELLE FIGURE

<b>Figure 1/Figura 1</b> - Coupe type en tunnel. Zoom niveau bas/Sezione tipo in galleria. Zoom livello basso.....	12
<b>Figure 2/Figura 2</b> - Schéma de fonctionnement d'un télémètre/Schema di funzionamento di un telemetro.....	15
<b>Figure 3/Figura 3</b> - Hypothèse retenue sur les essieux => essieu + roues = 1 pièce monolithique/Ipotesi avanzata sugli assi => asse + ruote = 1 pezzo monolitico .....	16
<b>Figure 4/Figura 4</b> - Représentation du système de détection de déraillement/Rappresentazione del sistema di rilevamento di deragliamento .....	17
<b>Figure 5/Figura 5</b> - Représentation du système de détection de déraillement par barres de métal friables/Rappresentazione del sistema di rilevamento di deragliamento tramite barre metalliche friabili .....	19
<b>Figure 6/Figura 6</b> - Système de fixation des barres au rail/Sistema di fissaggio delle barre al binario.....	19
<b>Figure 7/Figura 7</b> – Système de 4 capteurs fixés sur le traverses/Sistema di 4 sensori fissati sulla trave .....	20
<b>Figure 8/Figura 8</b> – Ensemble de capteur de détection équipés de leur protection/Gruppo sensore di rilevamento con protezione .....	21
<b>Figure 9/Figura 9</b> - Schéma d'architecture générale du système de Détection de Déraillement/Schema dell'architettura generale del sistema di rilevamento di deragliamento.....	23
<b>Figure 10/Figura 10</b> – Interface avec le système de signalisation/Interfaccia con il sistema di segnaletica .....	25
<b>Figure 11/Figura 11</b> : Coupe type en tunnel au lieu d'implantation d'un capteur de détection de déraillement/Sezione tipo in galleria nel luogo di collocamento di un sensore di rilevamento di deragliamento.....	28

## LISTE DES TABLEAUX / LISTA DELLE TABELLE

<b>Tableau 1/Tabella 1</b> - Bilan de puissance/Bilancio di potenza .....	33
<b>Tableau 2/Tabella 2</b> – Influences externes/Influenze esterne .....	35
<b>Tableau 3/Tabella 3</b> – Conditions d'environnement/Condizioni ambientali .....	36

## RESUME/RIASSUNTO

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

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

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

L'objectif du système de détection de déraillement est de détecter le déraillement d'une roue sur tout type de train afin de pouvoir l'arrêter automatiquement avant son arrivée sur un appareil de voie.

Les détecteurs sont constitués de capteurs de force placés de part et d'autre des rails.

Ils sont positionnés sur les voies (ligne nouvelle et ligne historique) permettant l'accès aux tunnels de la zone LTF, ainsi que de part et d'autre de la station souterraine de Modane.

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 sicurezza e manutenzione di Saint Jean de Maurienne
- La galleria di base
- La stazione internazionale di Susa
- Il sito di sicurezza e manutenzione di Susa
- La galleria d'interconnessione
- I raccordi alla linea storica di Bussoleno.

Al fine di dare l'allarme alla PCC affinché misure di esercizio e/o di sicurezza siano adottate nei più brevi termini, vari sistemi sorvegliano le parti ferroviarie e non ferroviarie di questa zona.

L'obiettivo del sistema di rilevazione di deragliamento è di rilevare il deragliamento di una ruota su qualsiasi tipo di treno per potere automaticamente fermarlo prima del suo arrivo su un apparecchio di deviazione.

I rivelatori sono costituiti da sensori di forza collocati su ambo i lati dei binari.

Essi sono collocati su i binari (linea nuova e linea storica) consentendo l'accesso alle gallerie della zona LTF, nonché da ambo i lati della stazione sotterranea di Modane.

## 11.Introduzione

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

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

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

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

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

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

## 12. Glossario

C2	Cavo non propagatore di fiamme
CIG	Commissione Intergovernamentale franco-italiano
CR1/C1	Cavi resistenti all'incendio e non propagatore di fiamme
GTF	Gestione Tecnica Ferroviaria
IK	Indice di resistenza agli urti meccanici
IP	Indice di Protezione
LTF	Lione Torino Ferroviario
PCC	Postazione di Comando Centralizzato
RFF	Rete Ferroviaria Francese
RFI	Rete Ferroviaria Italiana
STI	Specifiche Tecniche d'Interoperabilità
TGBT	Quadro Generale Bassa Tensione
UIC	Unione Internazionale delle Ferrovie

## 13. Presentazione del sistema di rilevamento di deragliamento

Qui di seguito presentiamo il sistema di rilevamento di deragliamento installato a titolo di impianti di sicurezza. A tal fine, dopo aver restituito il sistema nel suo contesto e enunciato gli obiettivi, presteremo attenzione ai lavori e alle norme regolamentari che lo riguardano. Infine, elencheremo i vincoli ai quali è sottoposto e le prestazioni da raggiungere.

### 13.1 Aspetti generali

I dispositivi di incrocio di rotaie, più comunemente noti come "scambi", sono dei dispositivi che usano delle tecnologie di precisione per il loro funzionamento. È fondamentale che questi garantiscano una sicurezza ottimale al momento dello scambio per i treni. Tali vincoli fanno sì che questi dispositivi di rotaie siano pezzi molto costosi.

Poiché il semplice deragliamento di una ruota può danneggiare gravemente tali dispositivi, è importante di rilevare a monte di ogni scambio da proteggere, che i treni che vi si dirigono siano in perfette condizioni per varcarli senza complicazione.

L'uso di dispositivi di rilevamento sulle reti previene gli incidenti che potrebbero risultare, al livello degli scambi, dal deragliamento dei treni.

### 13.2 Obiettivi del sistema

Il sistema di rilevamento di deragliamento sarà messo in atto per proteggere gli scambi della nuova linea, sia all'interno che all'esterno delle gallerie, sulla zona LTF, stazioni incluse.

Il sistema di rilevamento di deragliamento dovrà essere realizzato sulle due vie della nuova linea e della linea storica al fine di proteggere l'accesso ad uno scambio della nuova linea del progetto, a prescindere dal senso di marcia dei treni.

Il sistema di rilevamento di deragliamento deve essere eseguito su tutti i tipi di treni.

Il dispositivo di rivelamento di deragliamento deve essere in grado di rilevare il deragliamento di una ruota di un treno.

### 13.3 Topologia e geometria delle strutture

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

- Dal tracciato delle vie ferroviarie,
- Dai tipi di tracciati,
- Dalla posizione dei locali tecnici.

### 13.4 Norme regolamentari

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

La priorità d'applicazione delle regole prese in considerazione per questo progetto sarà conforme alla Consegna

37 relativa ai principi della norma regolamentare di sicurezza (§2.5 Gerarchia delle norme):

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

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

#### 13.4.1 Direttive europee e norme STI

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

- Specifiche tecniche d'interoperabilità riprese dalle seguenti decisioni del Consiglio Europeo: 2002/730/CE, 2002/731/CE, 2002/732/CE, 2002/733/CE, 2002/734/CE, e 2002/735/CE,
- Direttive del Consiglio Europeo 96/48/CE (relative all'interoperabilità ferroviaria ad alta velocità in materia di sicurezza),
- Direttive del Consiglio Europeo n. 73/23/EEC: "Direttive bassa tensione",
- NF EN 61587-1: "Test climatici, meccanici e aspetti di sicurezza per armadi, telai di montaggio e telai".

- NF EN 61587-3: "Test di funzionamento della protezione elettromagnetica per armadi, telai di montaggio e telai".

### **13.4.2 Regole CIG**

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

### **13.4.3 Altre norme**

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

- UIC 779-9: "Sicurezza nelle gallerie ferroviarie",
- IEC 60812: "Tecniche d'analisi dell'affidabilità dei sistemi – Procedura d'analisi dei modelli di problemi e loro effetti (AMDE)",
- CEI 364-3: "Impianti elettrici degli stabili – valutazione delle caratteristiche generali".
- Codici del lavoro francese e italiano.

## **13.5 Elenco dei vincoli e prestazioni**

Dopo aver enunciato gli aspetti generali del sistema di rilevamento e di deragliamento ed aver considerato i lavori ed i regolamenti a cui sono sottoposti, elenchiamo i vincoli fisici ai quali quest'ultimo è sottoposto e successivamente elenchiamo le prestazioni da raggiungere.

### **13.5.1 Vincoli**

Al fine di essere chiari, i vincoli sono stati suddivisi in vari punti.

Per iniziare, analizziamo i vincoli stabiliti per ragioni di sicurezza, seguiti dall'ambiente nel quale è installato il sistema, e successivamente i vincoli legati all'uso e alla manutenzione del lavoro ed infine i vincoli di realizzazione e di evoluzione.

#### **13.5.1.1 Vincoli di sicurezza**

- Vincoli funzionali  
Senza oggetto
- Sicurezza dei beni e delle persone  
Gli impianti installati per il sistema dovranno essere progettati e realizzati in modo perfettamente conforme alle regolamentazioni e norme relative alla sicurezza dei beni e delle persone.

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

---

Caractéristiques des détecteurs de déraillement /Caratteristiche dei rilevatori di deragliamento

---

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

### **13.5.1.2 Vincoli ambientali**

Le condizioni ambientali minime all'interno e all'esterno della galleria sono disponibili nell'alegato 4.

Detto questo, per quanto riguarda l'esterno, le condizioni ambientali sono quelle di una valle alpina con delle parti superiori di galleria ad un'altitudine di circa 600m.

La roccia nella quale è scavata la galleria è una roccia calda. La temperatura nella galleria è nelle diramazioni può raggiungere 32°C.

Al livello dei siti d'intervento, è previsto un sistema di getto d'acqua per 750m.

Il transito del treno produce un effetto di pistone e genera una sovrappressione nella parte anteriore di quest'ultimo e una depressione nella parte posteriore in galleria. La variazione massima di pressione dovuta al transito dei treni è stimata a 10kPa.

L'usura della catenaria provoca polvere di rame che è possibile fonte d'intasamento dei sensori.

Dato il peso dei convogli, i binari hanno un tasso di usura notevole il che genera delle polveri di acciaio (a titolo di esempio, i binari della galleria sotto la Manica sono stati sostituiti una volta in 10 anni di funzionamento).

La costruzione delle gallerie produrrà polvere di cemento. La quantità sarà notevole all'inizio dell'uso e diminuirà progressivamente con l'uso.

Stando all'esperienza della galleria sotto la Manica, diverse sostanze grasse e altre sostanze parassiti si accumuleranno sui materiali.

Il transito dei treni nei tubi ferroviari genererà forti vibrazioni.

### **13.5.1.3 Vincoli d'uso e manutenzione**

- Uso
  - I treni potranno circolare nei due sensi di marcia su ognuna delle rotaie.
  - La velocità dei treni nelle gallerie sarà compresa tra 100 e 220 km/h.
- Manutenzione
  - La manutenzione sarà prevista 4 ore a notte su tutta o parte di una delle due vie, per la nuova linea.
  - La manutenzione sarà prevista 2 ore per vie, e successivamente su ognuna delle vie, in periodo diurno, per la linea storica.



- Gli interventi di manutenzione sulle apparecchiature in prossimità delle discese e al di fuori della piattaforma ferroviaria potranno essere eseguiti durante l'uso della linea ferroviaria.
- La pulizia della galleria avverrà per mezzo di spruzzi d'acqua. Altri prodotti di pulizia vanno presi in considerazione benché non ancora noti al giorno d'oggi.

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.

#### ***13.5.1.4 Vincoli realizzativi***

- **Installazione**

Il posto disponibile per collocare le apparecchiature nel tubo sarà vincolato dal tipo di sezione corrente, livello basso.



### ***13.5.1.5 Vincoli evolutivi***

Le unità di trattamento delle informazioni ottenute dai rilevatori di deragliamento lato Saint Jean de Maurienne e Bussoleno saranno dimensionate prendendo in considerazione le varie evoluzioni delle esigenze legate alla fasatura delle stazioni.

Le nuove apparecchiature installate dopo la messa in servizio della zona LTF dovranno poter interfacciarsi con le apparecchiature già installate.

### ***13.5.2 Prestazioni***

Dopo aver analizzato i vari vincoli ai quali è sottoposto il sistema di rilevamento, stabiliamo qui di seguito le prestazioni che il sistema deve raggiungere. Le prestazioni sono state suddivise in cinque punti.

Esamineremo innanzi tutto le prestazioni generali e poi quelle inerenti al tempo di reazione del sistema, all'affidabilità e infine alla disponibilità.

#### ***13.5.2.1 Aspetti generali***

Il sistema dovrà poter rispettare l'insieme dei vincoli sopra indicati.

#### ***13.5.2.2 Tempo di reazione***

Il tempo di trattamento generale degli allarmi di funzionamento dal momento del rilevamento di un'anomalia sino alla presa in considerazione alla PCC non dovrà superare 2 secondi.

#### ***13.5.2.3 Affidabilità***

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

#### ***13.5.2.4 Manutenzione***

- Preventiva  
L'intervallo di tempo tra due manutenzioni preventive non potrà essere inferiore a 6 mesi, sia all'interno che all'esterno delle gallerie.
- Correttiva  
L'intervallo di tempo tra due manutenzioni correttive sullo stesso pezzo di un'apparecchiatura non sarà inferiore a 12 mesi.
- Straordinaria  
Senza oggetto.

### **13.5.2.5 Disponibilità**

Le apparecchiature del sistema di rilevamento di deragliamento collocate sulla nuova linea saranno al massimo indisponibili per 4 ore durante la notte ogni due giorni.

Le apparecchiature del sistema di rilevamento di deragliamento collocate sulla linea storica saranno al massimo indisponibili per 2 ore al giorno tutti i giorni.

## **14. Analisi delle tecnologie**

Il presente paragrafo stabilisce un'analisi comparativa delle tecnologie attualmente disponibili sul mercato e, per quanto possibile, quelle che saranno sviluppate a breve e medio termine. L'obiettivo di questa analisi è duplice:

- Proporre, al giorno d'oggi, la tecnologia più appropriata ai vincoli, obiettivi e prestazioni discussi in precedenza,
- Svelare, sin d'ora le tecnologie, che benché attualmente considerate affidabili, saranno obsolete a medio termine e per tanto vietarle al momento della realizzazione dei lavori.

Il seguito di questo documento propone lo studio di cinque diverse tecnologie, che consistono in una tecnologia per telemetria laser, una tecnologia a base di rilevatori d'interassi magnetici, una tecnologia ad anello metallico friabile, la quarta tecnologia a barra metallica friabile e la quinta tecnologia basata su sensori di forza.

Tutte le analisi saranno eseguite secondo la stessa architettura: una descrizione della tecnologia considerata, lo studio dei suoi vantaggi e successivamente dei suoi inconvenienti.

### **14.1 Tecnologia a telemetria laser**

Molti settori oggi si avvalgono di laser, in particolar modo quando si tratta di mettere in atto soluzioni ottiche di misurazioni di precisione o di sicurezza.

L'uso di telemetri è pertanto diffuso, sia esso per uso civile che militare. Abbiamo desiderato realizzare uno studio su questa soluzione per la nostra applicazione di rilevamento di deragliamento e confrontarla con le soluzioni che noi qualificheremo come più tradizionali.

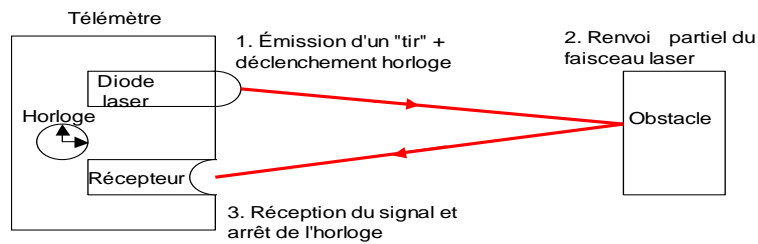
#### **14.1.1 Descrizione**

Un impulso luminoso molto corto (un tir) emesso dal diodo laser. Simultaneamente, si avvia un orologio. Questo impulso luminoso è rispedito parzialmente dal primo ostacolo incontrato sul suo percorso e arriva su un ricevitore.

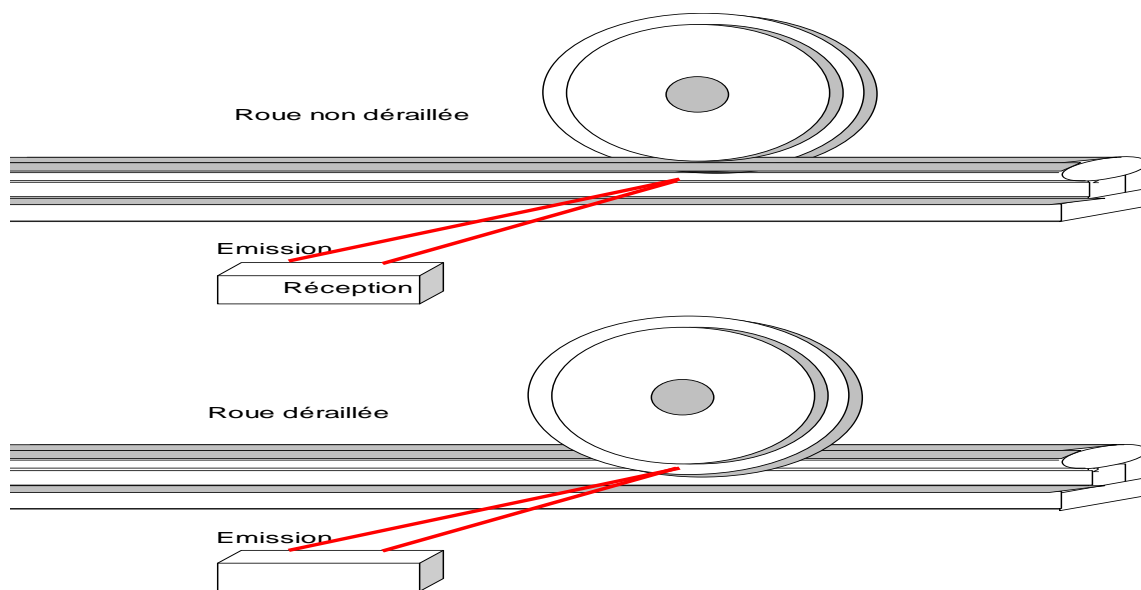
Il segnale di ricezione arresta l'orologio.

La distanza tra il sensore e l'oggetto target è direttamente proporzionale al tempo impiegato dall'impulso luminoso per percorrere la distanza sensore/oggetto e poi oggetto/sensore.

Caractéristiques des détecteurs de déraillement /Caratteristiche dei rilevatori di deragliamento



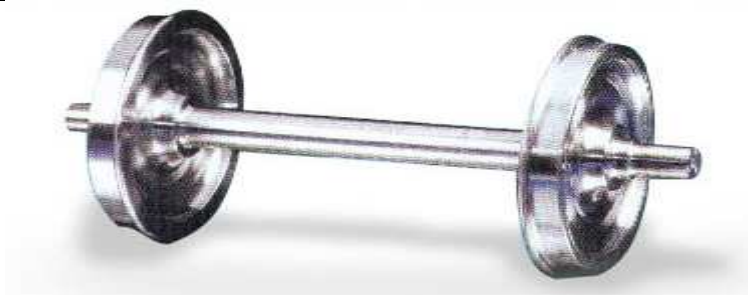
**$d=v.t$ ,**  
 connaissant la vitesse de propagation de l'onde laser et le temps qu'elle met pour faire l'aller/retour jusqu'à un obstacle, il est possible de connaître la distance entre le télémètre et l'obstacle.



*Figura 13 - Schema di funzionamento di un telemetro*

Puntando due laser sul fungo della rotaia su ognuno dei due lati esterni delle vie a partire da telemetri fissi, la distanza misurata tra i telemetri ed i binari sarà costante.

Se un asse deraglia, basandosi sull'ipotesi che gli assi e le ruote siano monolitiche, una delle due ruote si piazzerà davanti al raggio laser.



*Figura 14 - Ipotesi avanzata sugli assi => asse + ruote = 1 pezzo monolitico*

La distanza tra il sensore telemetrico e l'ostacolo sarà per tanto diversa dal valore iniziale. Potremo per tanto concludere che il treno è deragliato, oppure che un pezzo è alla deriva su uno dei lati del materiale su rotaia.

#### **14.1.2 Vantaggi**

- Questo tipo di laser è di pratica realizzazione. Esso è molto utilizzato nel settore industriale ed è pertanto affidabile e di prezzo contenuto,
- Il tipo di misurazione eseguita è rapida e precisa,
- I telemetri a base di tecnologia laser consentono una grande orientabilità del fascio ottico,
- Un rilevamento parziale dei pezzi alla deriva è eseguito contemporaneamente al rilevamento di deragliamento,
- I sensori hanno poca probabilità di essere danneggiati dal deragliamento del treno o dei pezzi alla deriva tenuto conto del possibile allontanamento dei sensori rispetto ai binari.

#### **14.1.3 Inconvenienti**

- Poiché il sistema ha dei vincoli legati alla mira, la realizzazione e la manutenzione richiederanno delle operazioni di regolazione affinché il fascio sia sempre orientato sul fungo della rotaia e che la calibratura di riferimento sia affidabile,
- Questo tipo di sistema ottico è sensibile alle condizioni ambientali (grandine, neve, foglie, ecc...),
- La collocazione al suolo di questi sensori intensifica i problemi legati all'intasamento del sensore. Una soluzione potrebbe essere quella di allontanare i sensori dai binari, riducendo però in tal modo la precisione della mira.

#### **14.2 Tecnologie a base di rilevamento d'interassi magnetici**

Presentiamo qui di seguito una tecnologia utilizzata nel sistema di rilevamento di deragliamento per contare gli interassi dei treni.

### **14.2.1 Descrizione**

Due rilevatori d'interassi sono collocati al livello degli scambi: uno prima e uno dopo. Poiché le cause di deragliamento sono spesso legate al transito su uno scambio del materiale su rotaia, conteremo il numero di assi del treno prima del suo passaggio sul dispositivo di rotaia, e li riconteremo dopo. Se il numero è lo stesso, si può allora supporre che il treno non è deragliato, al contrario se il numero è diverso il treno è deragliato, e pertanto proteggiamo lo scambio successivo fermando il treno prima dell'arrivo di ques'ultimo.

### **14.3 Vantaggi**

- Il posizionamento dei rilevatori è semplice. Basta fissarli sullo stesso binario dopo che il binario è stato collocato,
- I rilevatori d'interassi, al giorno d'oggi sono stati largamente testati, e sono considerati affidabili.

### **14.4 Inconvenienti**

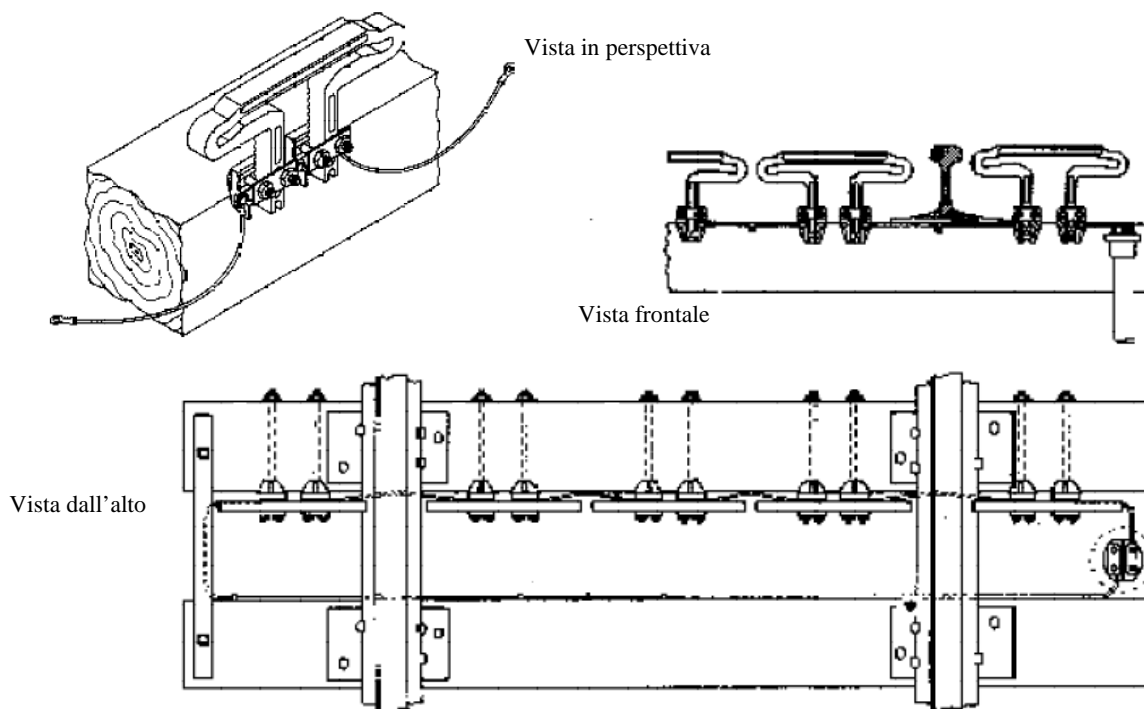
- Il sistema di trattamento dell'informazioni richiede un calcolatore,
- Per proteggere in modo appropriato uno scambio occorre sapere il numero d'interassi del treno. Ciò impone che il sistema abbia un monitoraggio del traffico in tempo reale.

### **14.5 Tecnologie ad anello metallico friabile**

Presenteremo qui di seguito una soluzione meccanica che utilizza degli anelli metallici friabili.

#### **14.5.1 Descrizione**

Si tratta di anelli metallici conduttori e friabili. Questi anelli sono disposti in ambo i lati dei binari, su una trave. Gli anelli sono collegati in serie gli uni agli altri con dei connettori che consentono di ottenere un solo anello elettrico.



*Figura 15 - Rappresentazione del sistema di rilevamento di deragliamento mediante anelli metallici friabili.*

Al transitare di un treno, se una ruota è deragliata o vi è un pezzo alla deriva, questo elemento urterà contro uno o più degli anelli metallici, provocando la rottura della parte in metallo friabile. Pertanto il circuito non sarà più chiuso. Il rilevamento dell'apertura del circuito consente di rilevare il deragliamento del treno o la presenza di pezzi alla deriva del materiale su rotaia.

#### **14.5.2 Vantaggi**

- Questo tipo di sensore necessita pochissime operazioni di manutenzione preventiva, in quanto i sensori sono passivi e il montaggio completo rappresenta soltanto un circuito di corrente di cui tutti gli elementi sono fissi,
- Il metodo di rilevamento è semplice ed efficace. Si ottiene con la rottura di un anello, il che corrisponde all'apertura del circuito elettrico,
- Un rilevamento di pezzi alla deriva lo si ottiene contemporaneamente al rilevamento di deragliamento,
- Questo tipo di sistema di rilevamento risente poco delle condizioni ambientali (grandine, neve, foglie, grasso, ecc.).

#### **14.5.3 Inconvenienti**

- Il deragliamento di un treno o la presenza di pezzi alla deriva comporta il deterioramento dei sensori al momento del rilevamento. Un'operazione di manutenzione



straordinaria dovrà essere eseguita dopo ogni rilevamento. Tale operazione consisterà nel sostituire il o gli anelli deteriorati staccandoli dalla trave alla quale sono avvitati,

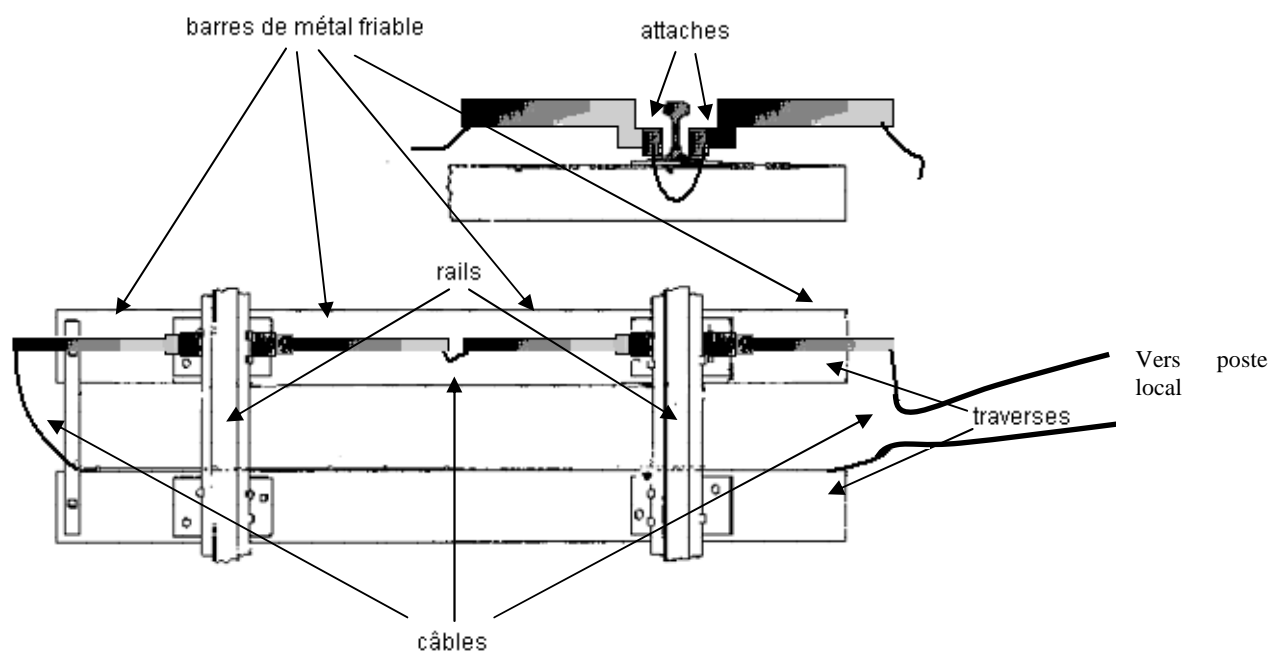
- L'installazione di questo tipo di sistema richiede l'uso di travi speciali,
- Non si distingue se trattasi di ruota deragliata o di pezzo alla deriva. In entrambi i casi, al transitare del materiale su rotaia il sensore verrà rotto.

#### 14.6 Tecnologia a barra metallica friabile

La successiva tecnica presentata è simile alla precedente. Si tratta di mantenere lo stesso principio di funzionamento cambiando la forma dei sensori con delle barre metalliche.

##### 14.6.1 Descrizione

Trattasi di barre metalliche friabili e conduttrici. Queste barre sono disposte da ambo i lati dei binari. Esse sono collegate in serie l'un l'altra da dei connettori che consentono di ottenere un solo circuito elettrico.



**Figura 16** - Rappresentazione del sistema di rilevamenti di deragliamento mediante barre metalliche friabili

Al transitare di un treno, se una ruota è deragliata o un pezzo è alla deriva, questo elemento urterà una o più barre metalliche, provocando la conseguente rottura di una delle barre. Il circuito quindi non sarà più chiuso. Il rilevamento dell'apertura del circuito consente di rilevare il deragliamento o la presenza di pezzi alla deriva del materiale su rotaia.



*Figura 17 - Sistema di fissaggio delle barre al binario*

#### **14.6.2 Vantaggi**

- Questo tipo di sensore richiede pochissimi interventi di manutenzione preventiva, in quanto i sensori sono passivi e il montaggio completo rappresenta un circuito di corrente di cui tutti gli elementi sono fissi,
- Il metodo di rilevamento è semplice ed efficace. Esso si ottiene con la rottura di una barra, il che corrisponde all'apertura del circuito elettrico,
- Un rilevamento di pezzi alla deriva viene effettuato contemporaneamente al rilevamento di deragliamento,
- Questo tipo di sistema di rilevamento risente poco delle condizioni ambientali (grandine, neve, foglie, grasso, ecc.),
- La sostituzione di una barra metallica avviene in modo molto semplice; basta rimuovere lo spinotto di aggancio del binario e sostituire la barra degradata con una barra funzionante.

#### **14.6.3 Inconvenienti**

- Il deragliamento di un treno o la presenza di pezzi alla deriva comporta il deterioramento dei sensori durante il rilevamento. Un intervento di manutenzione straordinaria sarà eseguito dopo ogni rilevamento. Tale intervento consiste nel sostituire i sensori di forza deteriorati staccandoli dalla trave.

### **14.7 Tecnologia a sensore di forza**

Presenteremo qui di seguito una soluzione meccanica che utilizza sensori di forza.

#### **14.7.1 Descrizione**

Questo sistema registra le vetture che sono deragliate e trasmette l'informazione al dispositivo di segnaletica.

Esso è in grado di controllare tutto lo spazio compreso tra i due binari. Ciò consente di rilevare un deragliamento anche quando una ruota è leggermente uscita dal binario, sugli

elementi di fissaggio. Il sistema è solitamente costituito da quattro sensori in serie, fissati sulle travi che rilevano anche gli interassi che fuoriescono dal binario in seguito ad urti (caso tipico per le grandi velocità).



*Figura 18 – Sistema di 4 sensori fissati sulla trave*

Test approfonditi dimostrano che questo sistema funziona a velocità superiori a 300 km/h. Esso può essere realizzato su travi in legno, cemento, acciaio, nonché su binario fisso. Il sensore è costituito da rilevatori di forza testai al livello industriale, collegati da piastre metalliche aventi forma particolare.



*Figura 19 – Gruppo sensore di rilevamento con relativa protezione*

#### **14.7.2 Vantaggi**

- Questo sistema offre il vantaggio di una manutenzione estremamente semplice. Tutti gli elementi di fissaggio dei binari possono essere esaminati e riparati senza dover smontare il sensore,
- Il metodo di rilevamento è semplice ed efficace. Esso si ottiene con la rottura di una barra, il che corrisponde a un delta di misurazione in Newton, che non genera nessun falso allarme,
- Facile da realizzare in quanto questo sistema si adatta a tutti i tipi di trave,
- Un rilevamento di pezzi alla deriva è eseguito contemporaneamente al rilevamento di deragliamento,

- Questo tipo di sistema di rilevamento risente poco delle condizioni ambientali (grandine, neve, foglie, grasso, ecc.).

### **14.7.3 Inconvenienti**

- Il deragliamento di un treno o la presenza di pezzi alla deriva comporta il deterioramento dei sensori al momento del rilevamento. Un intervento di manutenzione straordinaria dovrà essere eseguito dopo ogni rilevamento. Tale intervento consisterà nel sostituire il od i sensori di forza deteriorati staccandoli dalla trave.

## **14.8 Sintesi**

Tenuto conto degli inconvenienti del rilevamento tramite laser legati alla sua affidabilità (a causa dei requisiti di mira e calibratura dei sensori) e alla sua sensibilità alle condizioni esterne (sia di intasamento e di otturazione possibile della misurazione), riteniamo di non adottare questa soluzione per la realizzazione del nostro sistema.

La tecnologia con sensori d'interassi presenta degli svantaggi maggiori, in particolar modo legati al trattamento dell'informazione e alla necessità d'interazione in tempo reale con la GTF al fine di poter seguire i treni. Questi inconvenienti non sono presenti nelle altre tecnologie. Pertanto non adotteremo questi sensori d'interassi per la realizzazione del nostro sistema.

Per quanto concerne le due tecnologie con metallo friabile il loro funzionamento e le loro prestazioni sono molto simili.

La differenziazione dei due metodi si farà per quanto riguarda la manutenzione. Gli attacchi del sistema con barre metalliche si effettuano in modo semplice con degli spinotti, mentre gli anelli devono essere avvitati direttamente sulla trave. Il tempo di manutenzione sulle barre sarà quindi più breve e più semplice rispetto a quello degli anelli.

L'inconveniente dato dall'impossibilità di distinguere una ruota deragliata da un pezzo alla deriva può essere interpretato positivamente nella misura in cui i pezzi alla deriva possono causare seri danni sia alle apparecchiature dei binari che al materiale su rotaia. Il rilevatore rappresenta di fatto un vantaggio supplementare.

Inoltre, grazie alla tecnologia con sensore di forza, la sua modalità di costruzione è semplice e meccanicamente robusta, nonchè alla combinazione logica di tutti gli elementi del sensore, qualsiasi falso allarme è praticamente escluso. È un sistema semplice, economico e di sicuro funzionamento che garantisce un rilevamento affidabile degli interassi che sono deragliati prima che questi raggiungano zone a rischio, quali gli scambi.

Pertanto adotteremo la tecnologia basata su  **sensore di forza**  per la realizzazione del nostro sistema.

## 15. Studio dell'architettura e analisi funzionale

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

### 15.1 Architettura

Adesso che si è scelto la tecnologia da adottare per realizzare il rilevamento di deragliamento, ci occuperemo dell'architettura generale del sistema.

Verrà presentato un dettaglio per ogni componente del sistema, composto da sensori, cavi di trasmissione e di alimentazione elettrica, centrali e le interfacce tra ognuno dei componenti.

#### 15.1.1 Architettura generale

Il seguente schema presenta una sintesi dell'architettura del sistema.

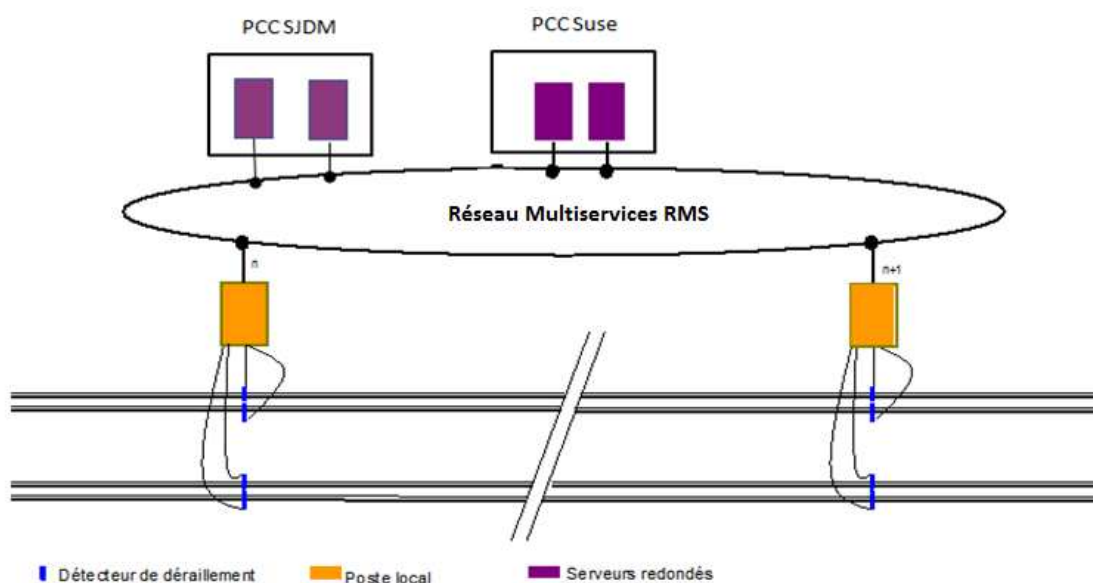


Figura 20 - Schema dell'architettura del sistema di rilevamento di deragliamento

#### 15.1.2 Sensori

Iniziamo con il presentare l'architettura dei vari sensori da installare.

I sensori di rilevamento di deragliamento saranno installati al livello di una trave, nei luoghi d'installazione definiti nella sezione 5 "Sinottica d'installazione" del presente documento. Essi saranno destinati a coprire la larghezza totale di una trave. Conteremo quindi quattro barre (vedi figura 7, paragrafo 3.7.1).

Ogni barra costitutiva del sistema di rilevamento sarà indipendente dalle altre tre (se una barra si rompe, ciò non comporterà necessariamente la sostituzione delle altre). Tuttavia le barre saranno collegate tra loro in serie.

I sensori di rotaia saranno collegati direttamente alla postazione locale tramite un'alimentazione senza interruzione a 24Vcc

### ***15.1.3 Cavo di trasmissione e d'alimentazione elettrica***

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

Saranno installati dei cavi che garantiscono un collegamento elettrico tra le quattro barre costitutive del sensore di rilevamento di deragliament e la postazione locale.

I cavi installati, a prescindere che essi siano tra i sensori e la postazione locale o tra la postazione locale e il punto di concentrazione della rete di teletrasmissione o la partenza elettrica, dovranno rispettare contemporaneamente i vincoli imposti ai cavi in galleria, ossia di non contenere materiali:

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

Ed essere:

- CR1/C1 se sono installati in galleria in modo apparente,
- C2 in caso contrario.

I cavi all'esterno dovranno poter resistere ad un'esposizione permanente alle radiazioni solari, alle intemperie ed a spruzzi d'acqua.

### ***15.1.4 Postazione locale***

Dopo lo studio dei sensori, cavi elettrici e di trasmissioni, descriviamo qui di seguito l'architettura delle postazioni locali.

Una postazione locale sarà installata in prossimità dei binari per le apparecchiature installate all'esterno, e in una diramazione tecnica per le apparecchiature installate in galleria.

Tutte le postazioni dovranno essere installate in prossimità di ogni luogo in cui sarà installato un sistema di rilevamento di deragliament.

Le postazioni saranno essenzialmente costituite da centri di misurazione atti al trattamento dell'informazione elettrica che attraversa i sensori e di un sistema d'alimentazione e di comunicazione. Il sistema d'alimentazione, oltre a trasformatori, disgiuntori e altre apparecchiature, sarà costituito da una batteria e dal relativo caricabatteria al fine di garantire al sistema un'alimentazione senza interruzione.

Una postazione locale sarà sufficiente per elaborare le informazioni dei due sensori di deragliament.

Tenuto conto della distanza tra i vari luoghi d'installazione delle apparecchiature di rilevamento di deragliamento, le postazioni locali non dovranno elaborare i segnali di più di due sensori.

### **15.1.5 Interfacce**

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

Dato che le esigenze in comunicazione variano in funzione dei componenti del sistema che scambiano informazioni, le interfacce sono suddivise in funzione dei componenti che interagiscono.

- **Alimentazione elettrica**

L'alimentazione della postazione sarà garantita da un'alimentazione senza interruzione su un invertitore a 230Vac 50/60Hz. La postazione locale avrà il compito di alimentare i sensori di binari, a seconda delle loro esigenze.

L'azienda responsabile delle apparecchiature d'alimentazione elettrica dovrà garantire la fornitura del materiale per il collegamento del sistema di rilevazione di deragliamento alla rete d'alimentazione.

- **Sistemi che interagiscono con il sistema di supervisione sulla rete di teletrasmissione.**

Tutte le postazioni locali comunicano con i server di sicurezza del sistema di rilevamento di deragliamento tramite la rete di teletrasmissione della GTF. Il protocollo di comunicazione e le interfacce saranno definiti negli studi sulla PCC e quelli sulle reti di comunicazione, avendo ben presente che le postazioni locali dovranno poter comunicare con tutti i protocolli standard attraverso la realizzazione di un piano di comunicazione adeguato.

L'azienda responsabile delle apparecchiature di comunicazione dovrà garantire la fornitura del materiale per il collegamento del sistema di rilevazione alla rete di teletrasmissione.

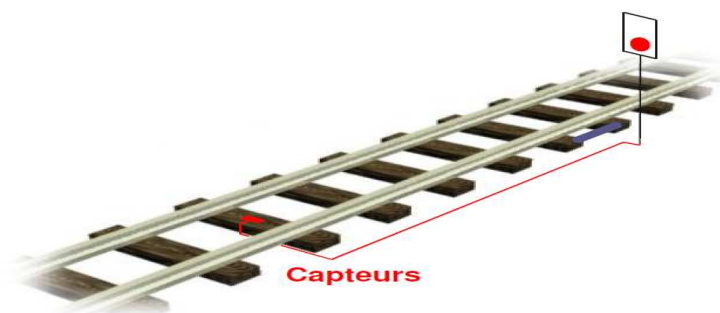
- **Genio civile**

L'installazione delle apparecchiature inerenti alla rilevazione di deragliamento dei treni dovrà essere coordinata con gli interventi di genio civile. Le prenotazioni per i cavi ed i lavori di muratura dovranno essere disponibili prima dell'installazione sul sito dei sensori e delle postazioni locali.

- **Segnaletica ferroviaria sulla linea storica**

Il sistema sarà collegato alla segnaletica ferroviaria avente per scopo di informare automaticamente il conducente della presenza del deragliamento del treno. Il segnale dovrà essere collocato ad una certa distanza tenendo conto dei seguenti parametri:

- La velocità massima del treno,
- La lunghezza totale massima del treno (la totalità del treno che deve varcare integralmente il sistema di rilevazione di deragliamento),
- Un tempo di reazione del sensore inferiore a 5 secondi.



*Figura 21 – Interfaccia con il sistema di segnaletica*

Sulla nuova linea, la segnaletica sarà virtuale (ERTMS niveau 2), e pertanto non sarà necessario installare un segnale. Tuttavia il sistema dovrà interagire con il sistema ERTMS.

## **15.2 Analisi funzionale**

Dopo aver descritto l'architettura un'analisi funzionale del sistema di rilevamento di deragliamento, al fine di osservare come viene distribuita l'intelligenza tra le apparecchiature di sito, la unità di trattamento locali e il sistema di supervisione.

### **15.2.1 Funzionamento del sistema**

Al transitare di un treno, se un pezzo è alla deriva o una ruota è deragliata, questa urterà una o più barre. Un delta in Newton (Forza) innescherà un allarme che accenderà un semaforo per segnalare al conduttore il diragliamento del treno.

L'allarme inviato al sistema di supervisione comprenderà la data e l'ora dell'incidente, nonché l'identificazione del sensore che ha registrato il rilevamento.

### **15.2.2 Funzionamento del sistema**

Le postazioni locali dovranno essere in grado di rilevare un'anomalia sulle apparecchiature dei binari e di generare, se necessario, un allarme.

### **15.2.3 Apparecchiatura del sito**

Le funzioni dei sensori di rilevamento di deragliamento dovranno:

interagire tramite contatto con un elemento del materiale su rotaia.

### **15.2.4 Tramento locale**

Le funzioni della postazione locale dovranno:

- Elaborare i segnali risultanti dalla misurazione dei sensori di rilevamento di deragliamento (vedi paragrafo successivo per il trattamento delle informazioni),



- Rilevare un guasto ad uno degli elementi costitutivi della postazione locale e generare un allarme tecnico (apertura del circuito elettrico),
- Garantire gli scambi d'informazione con il sistema di supervisione conformemente al protocollo che sarà applicato,
- Garantire gli scambi d'informazione con il PC di manutenzione quando questi sarà collegato alla postazione locale al fine di poter realizzare le simulazioni di funzionamento e di rilevare le anomalie,
- Controllare la carica della batteria d'alimentazione.

Le elaborazioni dei segnali risultanti dai sensori per la postazione locale:

- Stabilire lo stato del circuito. Quando vi è un delta di misurazione in Newton (Forza), la postazione locale genererà un allarme ai sistemi di segnaletica ferroviaria e di supervisione.

#### **15.2.5 Sistema di supervisione**

Le funzioni del sistema di supervisioni dovranno:

- Visualizzare nella PCC le informazioni relative agli allarmi per informare le squadre di sicurezza e di manutenzione in modo da prevenire la necessità di realizzare azioni previste,
- Aggiungere la data e l'ora nonché l'identificativo del sensore al momento della ricezione di un segnale d'allarme proveniente dal sistema di rilevamento di deragliamento. Ogni allarme generato sarà memorizzato nei server di sicurezza del sistema di rilevamento di deragliamento. Gli allarmi di funzionamento dovranno essere elaborati in meno di 2 secondi.

Gli allarmi e le informazioni che saranno trasmesse alla PCC saranno elaborate in modo che gli allarmi di funzionamento siano prioritari rispetto agli allarmi tecnici.

## **16.Sinottica d'installazione dei sensori, Disegno di dettaglio**

Sulla base dei disegni stabiliti dal genio civile, il presente paragrafo stabilisce i piani d'installazione dei sistemi.

Calcolo della distanza d'installazione dei sensori di rilevamento di deragliamento rispetto agli scambi:

Per il nostro calcolo, ci baseremo sulle stesse ipotesi che sul progetto riguardante la velocità di spostamento del materiale su rotaia. La velocità massima considerata sarà quindi di 220km/h.

La distanza massima di frenata dei treni è quella del TGV. Quest'ultimo frena in **3000m** in pianura per delle velocità inferiori a 220km/h (vedi Consegna 43, paragrafo 2.3.15).

All'esterno della galleria, stando alle informazioni che disponiamo al giorno d'oggi, ci baseremo sull'ipotesi che la discesa aumenta in prossimità delle reti di sorveglianza verso la galleria. Questo valore di frenata non sarà quindi maggiorato.

Negli altri luoghi, a seconda delle specifiche apportate nella Consegna 43, aggiungeremo 1% alla distanza di frenata per ogni mm/m supplementare alla discesa. La discesa massima per la nuova linea del progetto è di 13mm/m.

La distanza massima di arresto dei treni è quindi di  $3000 + 13\% = 3400\text{m}$ .

Il tempo di reazione dell'intero sistema è stimato a 5 secondi. Ci si basa sull'ipotesi che 50 secondi sono sufficienti per innescare la frenata del treno a partire dalla ricezione di un allarme. Arrotondiamo a 1 minuto il tempo tra il rilevamento dell'anomalia e l'inizio della frenata del treno. A 220km/h, ciò corrisponde ad una distanza percorsa di **3700m**.

La lunghezza massima dei treni consentita sulla tratta del progetto è di **750m**.

I sensori di rilevamento di deragliamento dovranno quindi essere installati all'esterno ad almeno  $3000+3700+750 = 7450\text{m}$  prima degli scambi per le i binari che provengono dalle reti di sorveglianza.

Per il resto delle apparecchiature, essi dovranno essere installati ad almeno  $3400+3700+750 = 7850\text{m}$  arrotondati a **7900m** prima degli scambi.

### 16.1 Sinottica d'installazione

La sinottica generale nella quale saranno installati i sensori di rilevamento di deragliamento è fornita sul piano "Sinottica d'installazione dei sensori".

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

### 16.2 Sezione tipo dei sensori

La figura seguente è una sezione modello in galleria nel luogo in cui è collocato un sensore di rilevamento.

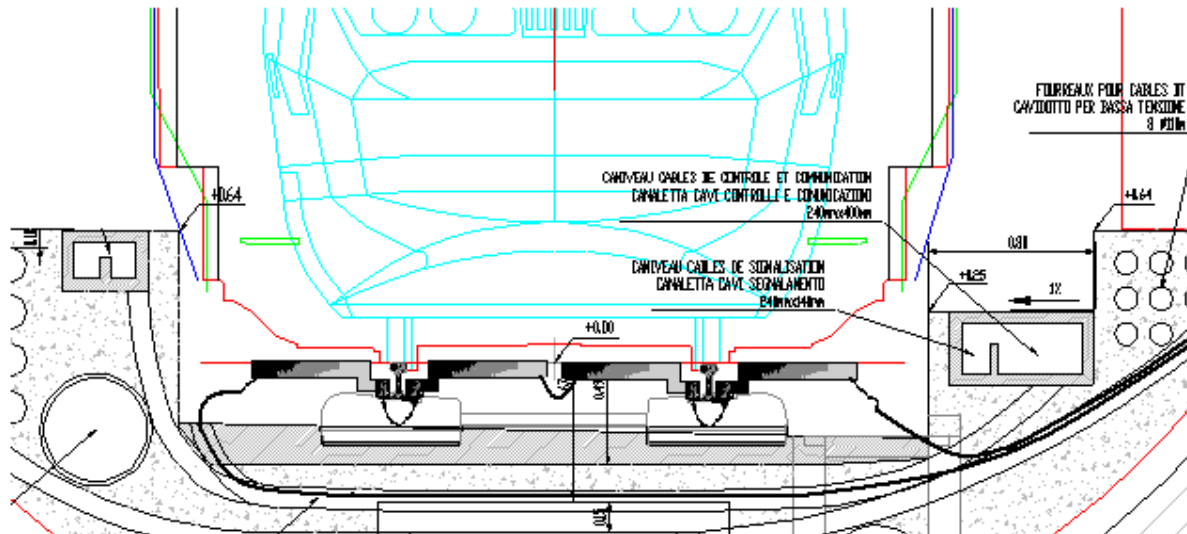


Figura 22 : Sezione tipo in galleria nel luogo in cui è installato un sensore di rilevamento di deragliamento

## 17.Requisiti tecnici

Partendo dalle sollecitazioni, prestazioni da raggiungere e dall'architettura, il presente paragrafo stabilisce i requisiti tecnici dei vari materiali che costituiscono il sistema di rilevamento di deragliamento.

### 17.1.1 Sensore di rilevamento di deragliamento

- Aspetti generali
  - Norme da osservare:
    - UIC 779-9: "Sicurezza nelle gallerie ferroviarie".
  - Specifiche funzionali:
    - Rilevare il deragliamento di almeno una ruota dei treni.
- Progettazione elettrica
  - Alimentazione generale del sensore: 24Vcc.
- Ingresso / Uscita
  - 1 contatto secco.
- Progettazione meccanica

Le 4 barre e il loro supporto di aggancio al binario che costituiscono un sensore di rilevamento di deragliamento dovranno poter essere contenute in un parallelepipedo rettangolare dalle seguenti dimensioni:

- Lunghezza: 3400 mm,
- Larghezza: 200 mm,

---

Caractéristiques des détecteurs de déraillement /Caratteristiche dei rilevatori di deragliamento

---

- Altezza: 250 mm,
- Peso massimo: 10kg.

Queste dimensioni sono state stabilite al fine di consentire il posizionamento dei sensori in galleria tenendo conto dei vincoli GC.

- Vincoli di funzionamento (Temperatura / Umidità)
  - Temperatura: -40° à +60°C,
  - Percentuale d'igrometria relativa inferiore a 90%,
  - I sensori rilevatori di deragliamento devono essere insensibili alle vibrazioni
  - Grado di protezione:
    - IP 55.
  - Garanzia:

minimo 3 anni

## 17.2 Armadi

### 17.2.1 Postazione locale interna

- Aspetti generali
  - Norme da osservare:
    - NF EN 61587-1 (test climatici, meccanici e aspetti relativi alla sicurezza),
    - NF EN 61587-3 (test di funzionamento della protezione elettromagnetica),
  - Specifiche funzionali:
    - Le apparecchiature della postazione locale saranno installate in un armadio, collocato al suolo.
- Progettazione elettrica
  - All'interno dell'armadio, saranno previste delle alimentazioni specifiche atte a fornire l'energia necessaria ai sensori di binario.
  - L'alimentazione di ogni armadio sarà di 230Vac, 50Hz senza interruzione.
- Progettazione termica
  - Non riteniamo necessaria la ventilazione o il riscaldamento naturale nei locali tecnici basandoci sull'ipotesi che le temperature all'interno dei locali saranno sempre accettabili.
- Progettazione meccanica
  - Ingombro: massimo 800 mm di larghezza, massimo 800 mm di profondità, massimo 2100 mm di altezza.

- Vincoli di funzionamento (Temperatura / Umidità)
  - Temperature: tra 5°C e 50°C,
  - Percentuale d'umidità sempre inferiore a 90%.
  
- Varie
  - Grado di protezione:
    - IP55.
  
- Garanzia:
  - minimo 3 anni

### 17.2.2 Postazione locale esterna

- Aspetti generali
  - Norme da osservare
    - NF EN 61587-1 (test climatici, meccanici e aspetti relativi alla sicurezza),
    - NF EN 61587-3 (test di funzionamento della protezione elettromagnetica),
  
  - Specifiche funzionali:
    - Le apparecchiature della postazione locale saranno installate all'interno di un armadio. Tali armadi saranno provvisti di uno scaffale ad un'altezza ragionevole per la collocazione del PC portatile di manutenzione durante le operazioni di manutenzione.
  
- Progettazione elettrica
  - All'interno dell'armadio saranno previste delle alimentazioni specifiche atte a fornire l'energia necessaria ai sensori di binario.
  - L'alimentazione di ogni armadio sarà a 230Vac, 50Hz. La protezione delle apparecchiature sarà garantita da un gruppo caricabatteria + batteria.
  
- Progettazione termica
  - Il condizionamento termico dell'armadio sarà garantito da una resistenza riscaldante con termostato.
  
- Progettazione meccanica
  - Ingombro: massimo 800 mm di larghezza, massimo 800 mm di profondità, 2100 mm di altezza,
  - Peso: 150kg.
  
- Vincoli di funzionamento (Temperatura / Umidità)

- Temperature: tra -30°C e 50°C,
- Percentuale d'umidità sempre a inferiore a 90%.
  
- Varie
  - Grado di protezione.
    - IP54
  - Garanzia  
minimo 3 anni.

## **18.Elementi relativi all'installazione e alla manutenzione**

Dopo aver descritto il sistema di rilevamento di deragliamento ai fini della sua progettazione, esamineremo qui di seguito gli elementi relativi alla sua installazione e manutenzione.

### **18.1 Installazione**

Per l'installazione inizieremo con il descrivere le operazioni relative alla manutenzione del sistema.

#### ***18.1.1 Descrizione***

Questa parte descrive l'installazione del sistema di rilevamento di deragliamento, dal punto di vista dei sensori e delle postazioni locali interne e esterne.

##### ***18.1.1.1 Sensori di rilevamento di deragliamento***

Ogni sensore di forze dovrà essere fissato con un sistema di dado a vite.

In cavi utilizzati per effettuare il collegamento tra i sensori e la postazione locale corrispondente saranno installati nel canale corrispondente o direttamente nell'alimentatore dentro una guaina di protezione.

##### ***18.1.1.2 Postazione locale interna***

La postazione locale sarà collocata all'interno di un armadio.

L'armadio sarà installato nel locale tecnico i diramazione R1 o R1- 2.

Per la collocazione della postazione locale, verificheremo con cura che la distanza tra la postazione ed i sensori consenta di avere due apparecchiature di rilevamento su ambo le rotaie collegate ad una medesima postazione locale.

### **18.1.1.3 Postazione locale esterna**

La postazione locale sarà collocata all'interno di un armadio. L'armadio sarà installato sul bordo del binario su di un'apposita base in cemento con una cameretta di distribuzione per cavi.

Per la collocazione della postazione locale, verificheremo con cura che la distanza tra la postazione ed i sensori consenta di avere due apparecchiature di rilevamento su ambo le rotaie collegate ad una medesima postazione locale.

## **18.2 Manutenzione**

Basandoci sugli elementi disponibili, stabiliamo qui di seguito, per il sistema di rilevamento, le operazioni da eseguire e la loro periodicità in termini di manutenzione preventiva, correttiva e straordinaria.

Il periodo delle operazioni di manutenzione potrà variare in funzione dell'analisi del comportamento del materiale durante il primo anno di funzionamento.

Data la composizione delle apparecchiature di binario e dei loro metodi d'installazione, qualsiasi operazione di manutenzione delle apparecchiature di binario che dovesse presentare un'anomalia sul sito avverrà con il prelievo e la sostituzione dell'apparecchiatura.

Per i sensori di rilevamento di deragliamento, se si tratta soltanto di un collegamento elettrico da ripristinare, questo sarà fatto senza dover necessariamente sostituire il materiale. I tempi di manutenzione saranno pertanto ridotti al tempo di sostituzione del sensore o di ripristino della connessione elettrica.

Per i sensori di rilevamento di deragliamento consigliati, le operazioni di manutenzione saranno legate al rilevamento di un delta di forza applicato alla barra metallica. In pratica, ciò corrisponderà al deterioramento del sensore causato dal materiale su rotaie o da altri fenomeni esterni (normale usura, manutenzione non appropriata, ecc.).

### **18.2.1 Preventiva**

Le operazioni di manutenzione preventiva consisteranno nel realizzare una verifica annuale del materiale sul sito.

### **18.2.2 Correttiva**

Valori previsti della periodicità delle operazioni di manutenzione necessarie:

- Sensori di rilevamento di deragliamento > 6 mesi
- Sensori d'interesse > 12 mesi
- Postazione locale > 12 mesi

### 18.2.3 Modernizzazione o manutenzione straordinaria

Le operazioni di manutenzione straordinaria sulle apparecchiature di binario saranno la maggior parte delle volte dovute al deterioramento del materiale causato dal materiale su rotaia, pezzi alla deriva, deragliamento, manutenzione non appropriata, ecc. Pertanto risulta difficile prevedere con esattezza la periodicità della manutenzione straordinaria.

## 19. Bilancio di potenza

Il presente paragrafo presenta un bilancio di potenza del sistema.

Considerando l'architettura del sistema di rilevamento di deragliamento dove l'installazione dei sensori viene puntualmente effettuata, avanziamo l'ipotesi che ogni postazione locale sarà alimentata da un TGBT a parte. Il bilancio di potenza sarà pertanto fatto tenendo presente il funzionamento delle apparecchiature di una postazione locale.

Tale bilancio di potenza è stato stabilito considerando che tutte le apparecchiature funzionino simultaneamente. Ricordiamo che i sensori di binari sono alimentati dalle postazioni.

Designazione	Potenza unitaria (VA)	Quantità per sito	Consumo nominale per sito (VA)
Sensore di binario	150	4	600
Postazione locale	1500	1	1500
Riserva	20%		420
<b>Totale per sito</b>			<b>2520</b>
Postazione centrale*	1500	2	3000
Riserva	20%		350
<b>Totale</b>			<b>3350</b>

*Tabella 4 - Bilancio di potenza*

\* Le postazioni centrali sono situate una a Saint Jean de Maurienne e una a Susa.

Per ogni TGBT che alimenti una postazione locale in un sito d'installazione del sensore di rilevamento di deragliamento, le esigenze in termini di energia sono di **2,5kW**.

Prevediamo che tutto il sistema di rilevamento di deragliamento, tenuto conto dei 9 siti d'installazione dei sensori, consumerà  $9 \times 2,5\text{kW}$  ossia **22,5kW**.

## 20. Allegati

### 20.1 Allegato 1



Caractéristiques des détecteurs de déraillement /Caratteristiche dei rilevatori di deragliamento

<b>CODICE</b>	<b>DESIGNAZIONE</b>	<b>CLASSE INFLUENZA ESTERNA</b>	<b>CARATTERISTICHE</b>
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	Forti
AH	Vibrazioni	1	Deboli
		2	Medie
		3	Forti
AJ	Altra pressione meccanica *		
AK	Flora	1	Trascurabile
		2	Rischio
AL	Fauna	1	Trascurabile
		2	Rischio
AM	Influenze elettromagnetiche	1	Trascurabili
		2	Correnti vaganti
		3	Elettromagnetiche
		4	Ionizzanti
		5	Elettostatiche
		6	Induzione
AN	Sole	1	Trascurabile

Caractéristiques des détecteurs de déraillement /Caratteristiche dei rilevatori di deragliamento

		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	Nulli
		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 d'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 5 – Influenze esterne*

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

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

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

Caractéristiques des détecteurs de déraillement /Caratteristiche dei rilevatori di deragliamento

20.2 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'intervento	20	07	5		1	1	1	1	2	1		1	1	2	1	1	1			4		3	2	1
• LT pompaggio	54	07	5			4	1	1	2	1		1	1	2	1	1	1			4		3	2	1
• LT in tunnel (AT)	55	07	5		1	1	4	2	2	1		1	1	2	1	1	1			4		3	2	1
•	20	07	5		1	1	1	1	2	1		1	1	1	1	1	2			4		3	1	1
<i>Tunnel</i>																								
• Canne ferroviari	55	09	5		1	5	4	2	3	3		1	1	6	1	1	1			1		3	2	1
• Rami, siti d'intervento e sale d'accoglienza	55	09	5		1	1	1	1	2	1		1	1	2	1	1	1			3		3	2	1
Discenderie	55	09	5		1	5	4	2	3	1		1	1	1	1	1	1			1		2	2	1
Esterno	54	09	7		1	4	4	1	3*	2		1	1	6	2	1	2			1		3	1	1
PCC	43	07	5		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	2			1		2	1	1

Tabella 6 – Condizioni ambientali