

LIAISON LYON - TURIN / COLLEGAMENTO TORINO - LIONE

Partie commune franco-italienne
Section transfrontalière

Parte comune italo-francese
Sezione transfrontaliera

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

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

EQUIPEMENTS – IMPIANTI

ÉQUIPEMENTS DE SÉCURITÉ – IMPIANTI DI SICUREZZA
GÉNÉRALITÉS – GENERALE
GENERALITES – ELABORATI GENERALI

CARACTERISTIQUES DES DETECTEURS DE GABARIT –
RELAZIONE TECNICA CARATTERISTICHE DEI RIVELATORI DI GABARIT

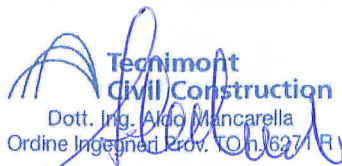
Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérfifié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	Novembre 2012	Emission pour vérification C2B et validation C3.0 / Emissione per la verifica C2B e la validazione C3.0	B. PAQUET (SETEC)	M. PIHOUEE C. OGNIBENE	M. FORESTA 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. DESCLOURE	M. PIHOUEE C. OGNIBENE	M. FORESTA M. PANTALEO

CODE DOC	P	D	2	C	2	B	T	S	3	1	5	9	0	B
	Phase / Fase			Sigle étude / Sigla			Émetteur / Emittente			Numero			Indice	

A	P	N	O	T
Statut / Stato		Type / Tipo		

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

ECHELLE / SCALA
-


Dott. Ing. Aldo Mancarella
Ordine Ingegneri Prov. (On. 627) R.I.




LYON TURIN FERROVIAIRE

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

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



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

SOMMAIRE / INDICE

RESUME/RIASSUNTO	5
1. INTRODUCTION	6
2. GLOSSAIRE	7
3. PRESENTATION DU SYSTEME DE DETECTION DE GABARIT	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'environnement	10
3.5.1.4 Contraintes de réalisation	11
3.5.1.5 Contraintes d'évolutivité	11
3.5.2 Performances	11
3.5.2.1 Généralités	12
3.5.2.2 Mesure	12
3.5.2.3 Temps de réaction	12
3.5.2.4 Fiabilité	12
3.5.2.5 Maintenance	12
3.5.2.6 Disponibilité	12
4. ANALYSE DES TECHNOLOGIES	14
4.1 Technologie à scanner de mesure par laser	15
4.1.1 Description	15
4.1.1.1 Détection d'objet	15
4.1.1.2 Contrôle de présence	16
4.1.2 Avantages	18
4.1.3 Inconvénients	18
4.2 Technologie télémètre laser	19
4.2.1 Description	19
4.2.2 Avantages	19
4.2.3 Inconvénients	20
4.3 Technologie par barrière laser	20
4.3.1 Description	20
4.3.2 Avantages	21
4.3.3 Inconvénients	21
4.3.4 Technologie par portique avec capteurs de contact	21
4.3.5 Description	21
4.3.6 Avantages	22

4.3.7 Inconvénients	22
4.4 Technologie par ultrasons.....	22
4.4.1 Description.....	23
4.4.2 Avantages.....	23
4.4.3 Inconvénients	23
4.5 Synthèse.....	23
5. ETUDE DE L'ARCHITECTURE ET ANALYSE FONCTIONNELLE.....	27
5.1 Architecture	27
5.1.1 Architecture générale	27
5.1.2 Sécurité	28
5.1.3 Capteurs	28
5.1.4 Portique.....	29
5.1.5 Câble de transmission et d'alimentation électrique	32
5.1.6 Postes	32
5.1.6.1 Poste local	33
5.1.7 Interfaces.....	33
5.2 Analyse fonctionnelle	34
5.2.1 Fonctionnement du système.....	34
5.2.1.1 Détection de gabarits hauts	34
5.2.1.2 Détection de gabarits latéraux.....	36
5.2.2 Exploitation du système	38
5.2.2.1 Equipements de terrain.....	39
5.2.2.2 Traitement local	39
5.2.2.3 Système de supervision.....	41
6. SYNOPTIQUE D'IMPLANTATION DES DETECTEURS, PLAN DE DETAIL	41
6.1 Synoptique d'implantation	41
6.2 Coupe type au droit des capteurs	42
7. PRESCRIPTIONS TECHNIQUES	42
7.1 Coupe type au droit des capteurs	42
7.2 Capteurs	43
7.2.1 Télémètre	43
7.2.2 Laser en émission/réception pour la barrière	44
7.2.3 Poste local	45
8. ELEMENTS DE MISE EN OEUVRE ET DE MAINTENANCE	46
8.1 Mise en œuvre.....	46
8.1.1 Description	46
8.1.1.1 Capteurs	46
8.1.1.2 Portique	50
8.1.1.3 Armoires.....	50
8.2 Maintenance.....	50
8.2.1 Préventive	51
8.2.2 Corrective.....	51
8.2.3 Rénovation ou maintenance extraordinaire	51
9. BILAN DE PUISSANCE.....	51
10. ANNEXES.....	52
10.1 Annexe 1	53
10.2 Annexe 2	54

LISTE DES FIGURES / INDICE DELLE FIGURE

Figure 1 - Schéma de fonctionnement du scanner de mesure laser.....	15
Figure 2 - Schéma de fonctionnement du scanner en mode "contrôle de présence".....	16
Figure 3 - Application du scanner à contrôle de présence pour la détection de hors gabarits.	17
Figure 4 - Définition du parallélépipède d'aveuglement à largeur	18
Figure 5 - Principe de fonctionnement de la détection d'obstacles	20
Figure 6 - Détection de hors gabarit par portique à capteurs de contact	22
Figure 7 - Exemple de zone d'aveuglement pour un train à vitesse V1	24
Figure 8 - Exemple de zone d'aveuglement avec technologie par émission/réception laser..	25
Figure 9 - Définition des zones à risque des gabarits bas en tunnel.....	26
Figure 10 - Schéma d'architecture générale du système de gabarit.....	27
Figure 11 – Profil de détection hors gabarit	29
Figure 12 - Impossibilité de détection des gabarits au niveau bas des faces en regards des trains se croisant.	29
Figure 13 – Type de portique avec la mise en place des deux systèmes.....	30
Figure 14 - Schéma général du portique de détection de gabarit	32
Figure 15 - Principe d'utilisation d'une paire émetteurs/récepteurs laser	35
Figure 16 - Principe d'utilisation d'un télémètre laser	36
Figure 17 - Déplacements possibles des émetteurs et des récepteurs lasers	47
Figure 18 - Réglage de la distance focale du laser pour obtenir un spot lumineux entre 6 et 8cm.....	48
Figure 19 - Système de protection des utilisateurs de la voie ferré.....	49
Figure 20 - Photo de montage des détecteurs d'essieux sur griffe avec protection du capteur	49

LISTE DES TABLEAUX / INDICE DELLE TABELLE

Tableau 1 - Largeur du parallélépipède d'aveuglement en fonction de la vitesse des trains....	17
Tableau 2 - Largeur minimale des objets détectables en fonction de la vitesse des trains	19
Tableau 3 - Bilan de puissance.....	52
Tableau 4 – Conditions d'environnement	53
Tableau 5 - Influences externes.....	55

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.

Les portiques de détection de gabarit ont pour objectif de détecter tout dépassement du gabarit d'obstacle des trains de marchandise afin de pouvoir les arrêter avant leur entrée dans les tunnels.

Ils sont constitués de barrières et de télémètres laser scrutant toute la périphérie des trains, et ils sont positionnés sur les voies (ligne nouvelle et ligne historique) permettant l'accès aux tunnels de la zone LTF.

Leurs structures métalliques supportent aussi les détecteurs thermographiques.

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

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

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

I portici di rilevazione di sagomae si prefiggono di individuare ogni superamento del sagoma d'ostacolo dei treni di merci per potere fermarli prima della loro entrata nei tunnel.

Sono costituiti da barriere e da telemetri laser che esplorano tutta la periferia dei treni, e sono piazzati su binari (linea nuova e linea storica) che permettono l'accesso ai tunnel della zona LTF.

Le loro strutture metalliche sopportano anche i rivelatori termografici.

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
MTBF	Mean Time Between Failures
PCC	Poste de Commande Centralisé
RFF	Réseau Ferré de France
RFI	Rete Ferroviaria Italiana
SIL	Security Integrity Level
STI	Spécifications Techniques d'Interopérabilité
TGBT	Tableau Général Basse Tension
UIC	Union Internationale de Chemins de fer

3. Présentation du système de détection de gabarit

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

3.1 Généralités

Le gabarit ferroviaire désigne le contour transversal d'un véhicule ferroviaire. Ce contour fait l'objet d'une normalisation précise. Il doit s'inscrire dans le gabarit des obstacles, qui est le contour qui doit être maintenu libre dans les installations ferroviaires.

Le diamètre des tunnels de la zone internationale a été défini sur la base d'un gabarit d'obstacle maximal. Seuls les trains dont le gabarit cinématique (gabarit du matériel roulant tenant compte des déplacements géométriques et dynamiques auxquels sont soumis les véhicules par la souplesse de leurs suspensions) n'excède pas le gabarit d'obstacle maximal du tunnel seront autorisés à emprunter les tunnels. Tout train qui ne respecterait pas cette contrainte serait susceptible d'endommager la structure du tunnel.

3.2 Objectifs du système

La détection de gabarit devra être réalisée sur chacune des voies historique et nouvelle en provenance des réseaux RFF et RFI, quel que soit le sens de circulation des trains, cela afin que les trains susceptibles d'emprunter le tunnel de la ligne nouvelle aient fait l'objet d'une vérification de conformité.

Le dispositif de détection de gabarit devra être en mesure de détecter tout dépassement du gabarit d'obstacle des trains afin d'éviter une collision grave avec l'un des tunnels de la zone LTF.

Cette détection de gabarit devra être faite sur tous les trains de fret et d'autoroute ferroviaire amenés à emprunter les tunnels de la ligne nouvelle, ces trains étant les seuls pouvant présenter des problématiques de hors gabarit.

3.3 Topologie et géométrie des ouvrages

Les caractéristiques du système de détection de gabarit dépendront principalement :

- Du tracé des voies ferroviaires au niveau des lieux d'implantation,
- Des ouvrages de Génie Civil (tunnels) présents sur les voies en dehors des tunnels principaux,
- Des accès possibles de la ligne historique et nouvelle à la zone LTF.

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 gabarit.

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 n°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 ",
- NF EN 60825 : "Sécurité des appareils à laser".

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 gabarits.

- Soumission 37 paragraphe 3.1.1 sur les constituants des câbles.

3.4.3 Autres normes

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

- CEI 364-3 : "Installations électriques des bâtiments – détermination des caractéristiques générales"
- Code UIC 779-9 : "Sécurité dans les tunnels ferroviaires",
- Fiche UIC 606-1 : "Conséquences de l'application des gabarits cinématiques définis par les fiches UIC 505 sur la conception du système caténaire",
- Fiche UIC 505-1 : "Matériel de transport ferroviaire – Gabarit de construction du matériel roulant ",
- Fiche UIC 608 : "Conditions à respecter pour les pantographes des engins moteurs utilisés en service international",
- CEI 61508 : Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/ électroniques et électronique programmables,
- Codes du travail français et italien.

3.5 Recensement des contraintes et performances

Après avoir énoncé les généralités sur le système de détection de gabarit 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

Le présent paragraphe recense les contraintes de tout type auxquelles devront obéir la conception et la réalisation du système de détection de gabarit.

3.5.1.1 Contraintes de sécurité

- Contraintes fonctionnelles

Il faut détecter un dépassement de gabarit avant l'entrée du train dans le tunnel à une distance telle que le train puisse s'arrêter avant de pénétrer dans le tunnel.

- Sécurité des biens et des personnes

Les installations du système mises en œuvre devront être conçues et réalisées en parfaite conformité avec les réglementations et normes relatives à la sécurité des biens et des personnes.

3.5.1.2 Contraintes d'environnement

A l'extérieur, les conditions d'environnement sont celles d'une vallée alpine avec des têtes de tunnel à 600m d'altitude environ. Les conditions climatiques peuvent être de type grêle ou neige. Des substances organiques en suspension dans l'air pourront aussi être présentes (feuilles, oiseaux...). De plus, par temps de pluie, un halo se forme autour des trains qui pourra interférer avec les mesures. Tous ces éléments pourront contraindre notre système.

De nombreuses graisses et autres substances parasites seront susceptibles de se répandre sur le matériel au sol.

Le passage du train produira des déplacements d'air importants.

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

3.5.1.3 Contraintes d'environnement

- Exploitation

Les détecteurs de gabarits devront pouvoir détecter les hors gabarits des trains assez tôt pour permettre à tous les trains de s'arrêter sur les sites prévus à cet effet, c'est à dire les voies d'évitement en gare de Saint-Jean-de-Maurienne et de Bussoleno.

Les trains sont susceptibles de circuler dans les deux sens sur chacune des voies.

La vitesse des trains sur les zones de détections sera comprise entre 100 et 220 km/h. Les trains de fret et d'autoroute ferroviaire transiteront à des vitesses inférieures à 160km/h et particulièrement à 120km/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.

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. ».

- o Préventive :
Sans objet.
- o Corrective :
Toutes les pièces nécessaires à la maintenance du système devront être disponibles sur 15 ans.
- o Exceptionnelle :
Le système ne pourra être remplacé qu'après au moins 15 ans d'exploitation.

3.5.1.4 Contraintes de réalisation

- Installation

Les portiques de détection de gabarit devront être installés sur les 2 voies. Afin que le système puisse être opérant sur chaque train même lors du croisement de deux trains, l'entraxe, c'est à dire la distance entre les deux voies, est une contrainte pour notre système.

Dû au poids des convois amenés à emprunter les lignes nouvelles et historiques, il est à prévoir un affaissement des voies selon le revêtement utilisé pour supporter les rails. Cet affaissement des voies peut être de l'ordre de 10 cm. Les exigences sur la précision de la mesure de gabarits par notre système sont de l'ordre du centimètre et le système sera dimensionné pour une hauteur de sol initiale. L'affaissement des voies est donc une contrainte à prendre en compte pour notre système.

Le comportement des trains diffère lors de la prise d'un virage, ou plus généralement d'un dévers de la voie, à cause de différents paramètres tels que la vitesse de passage, l'état des suspensions, la dissymétrie du train ou de son chargement, ... La mesure sur le gabarit ne pourra pas s'adapter à tous ces paramètres. Le système sera donc contraint par les dévers et déclivités présents sur le projet.

3.5.1.5 Contraintes d'évolutivité

Les unités de traitement des détecteurs de gabarits côté Saint Jean de Maurienne et Bruzolo seront dimensionnées en prenant en compte les besoins finaux des installations du système.

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

3.5.2 Performances

Après avoir regardé les différentes contraintes auxquelles est soumis le système de détection de gabarits, nous établissons ici les performances que celui-ci doit atteindre. Celles-ci ont été séparées en sept points. Nous verrons d'abord les performances générales puis celles liées à la

précision de la mesure suivie de celle d'exploitation, de fiabilité, de maintenabilité, et de disponibilité, et enfin nous verrons celles qui ne rentrent pas dans les catégories précédentes.

3.5.2.1 Généralités

De manière générale, le système devra respecter l'ensemble des contraintes énoncées ci-avant. Sur l'hypothèse que les dépassements de gabarits ne sont possibles que sur les trains de fret et d'autoroute les portiques seront dimensionnés et positionnés sur la base d'une vitesse maximale de détection de 160km/h.

3.5.2.2 Mesure

La détection de gabarit devra pouvoir détecter des objets dont la taille sera susceptible d'endommager le tunnel en cas de contact. La taille des éléments détectés sera limitée par la technologie mise en œuvre.

La précision que l'on peut espérer du système apparaîtra dans la partie 3, "Analyse des technologies".

La présence des pantographes sur les machines de traction devra être prise en compte dans la mesure du dépassement de gabarit haut des trains.

3.5.2.3 Temps de réaction

Le système devra déclencher une alarme au PCC au plus tard 10s après qu'un dépassement de gabarit ait été détecté par le portique.

3.5.2.4 Fiabilité

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

3.5.2.5 Maintenance

- Préventive :
Le temps entre deux maintenances préventives ne saura être inférieur à 3 mois.
- Corrective :
Le temps entre deux maintenances correctives sur une même pièce d'un équipement ne saura être inférieur à 12 mois.
- Corrective :

Exceptionnelle : Sans objet

3.5.2.6 Disponibilité

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

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

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.

Afin de réaliser la fonction de détection de gabarit, nous proposons d'étudier 5 technologies différentes, les trois premières utilisant des lasers, la suivante une détection par contacts, et la troisième des ultras-sons.

Note 1 : Si le système devait utiliser une technologie à base de laser, seuls les lasers de classe 1 et 2 seraient tolérés, ces classes étant les seules considérées comme sans danger

Note 2 : Dans la présentation des technologies à base de laser, nous parlerons souvent de "réflexivité" des matériaux. La réflexion est, en physique, le changement de direction d'une onde (lumineuse, sonore, ...) qui rencontre un corps interposé. Pour notre application, la réflexivité d'un matériau est donc le taux de lumière réfléchi par la surface de ce matériau éclairé par une source lumineuse. Ce taux est défini selon une référence (exemple : la réflexivité du papier blanc est de 100%). Toute surface éclairée par une source lumineuse dont le taux de lumière réfléchi est supérieur à cette valeur de référence pourra donc avoir un taux de réflexivité supérieur à 100%.

Exemples de réflexivité :

- Papier blanc : 100%,
- Carton gris : 20%,
- Carton noir mat : 10%,
- Bois : 40%,
- PVC gris : 50%,
- Aluminium anodisé noir : 110 à 150%,
- Acier non rouillé, brillant : 120 à 150%,
- Mousse en caoutchouc noire : environ 2%,
- Réflecteurs : >2000%.

4.1 Technologie à scanner de mesure par laser

Après l'étude des systèmes mis en place aujourd'hui pour la détection de gabarits ferroviaires et autoroutiers, nous nous proposons de décrire dans ce paragraphe une technique permettant de scanner un plan à l'aide d'un laser.

4.1.1 Description

Il s'agit de la combinaison d'un télémètre à temps de vol avec un système de rotation du faisceau de mesure. On obtient alors un télémètre de mesure à balayage en 2D.

Il peut, entre autres, être utilisé de différentes façons, soit comme détection d'objet, soit comme contrôle de présence dans une surface donnée.

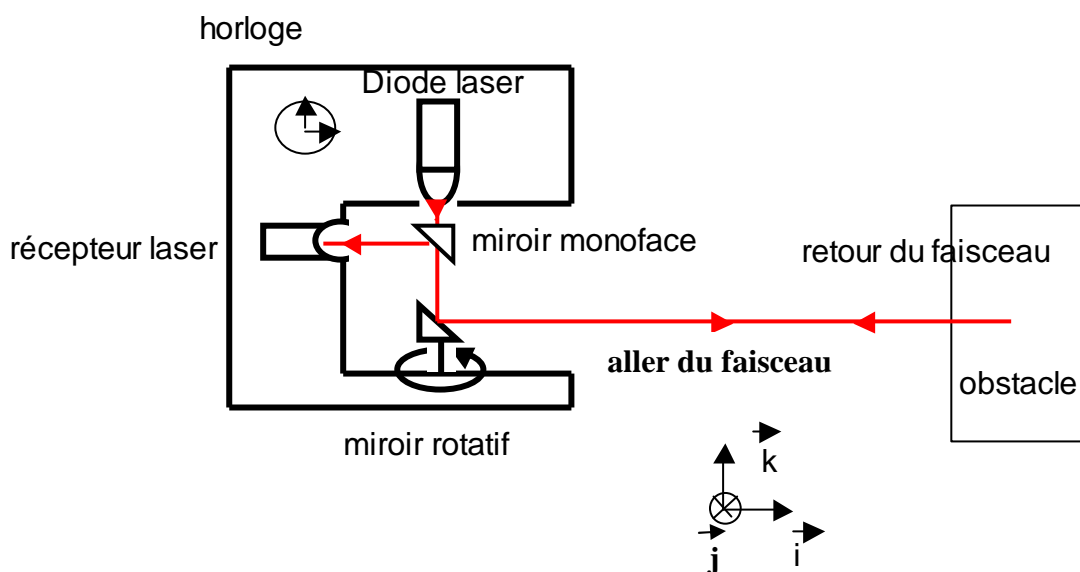


Figure 1 - Schéma de fonctionnement du scanner de mesure laser

4.1.1.1 Détection d'objet

Une impulsion lumineuse très courte (un tir) est émise par la diode laser. Simultanément, une horloge est démarrée. Le faisceau lumineux émis est dévié par un miroir tournant. Cette impulsion lumineuse est renvoyée partiellement par le premier obstacle rencontré sur son chemin et arrive sur un récepteur. Le signal de réception arrête alors 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. La position de l'objet dans le plan (i,j) (voir figure 1) est déterminée connaissant la position angulaire du tir.

Il est possible d'avoir une fréquence de rotation du miroir de l'ordre de 75Hz. On a donc un balayage toutes les 13ms.

4.1.1.2 Contrôle de présence

Une zone de détection de présence ou "zone à scanner" est définie autour du capteur. Il s'agit pour cela de définir pour chaque angle de tir un temps "zone à scanner" durant lequel le faisceau laser ne devra pas rencontrer d'obstacle.

Le principe physique de fonctionnement est le même que pour la méthode de détection d'objets. Seul le traitement diffère.

Le temps obtenu entre le "tir" et la réception du faisceau par le récepteur après rencontre d'un obstacle est appelé "temps d'obstacle".

Si ce temps "obstacle" est supérieur à deux fois le temps "zone à scanner" (prise en compte du temps double lié à l'aller-retour capteur/objet), on en déduit qu'aucun obstacle n'est dans la zone d'étude pour cet angle de tir. Si au contraire, le temps "obstacle" est inférieur ou égal à deux fois le temps "zone à scanner", on sait qu'un obstacle est présent dans la zone d'étude pour cet angle de tir.

L'opération est renouvelée pour chaque angle de tir.

Exemple de définition de la zone à scanner :

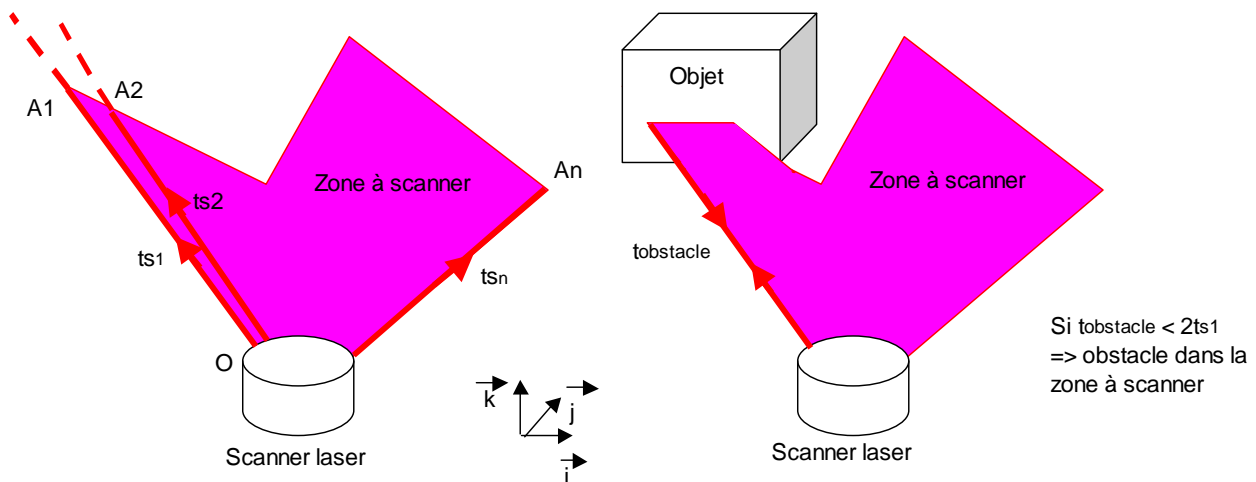


Figure 2 - Schéma de fonctionnement du scanner en mode "contrôle de présence"

On définit la zone à scanner suivante grâce au temps de propagation de l'onde fonction de la distance parcourue du rayon ($d=v.t$).

Soit ts_j , le temps mis par un rayon pour aller du point O au point A.

On définit la règle suivante:

- Si au bout de $2ts_j$, aucun rayon n'est revenu au capteur, aucun objet n'est dans ce champ.

On réitère ensuite l'opération avec ts_2 et ce jusqu'à ts_n .

Application à la détection de gabarit :

Pour notre application, il est ainsi possible de définir le contour du gabarit à ne pas dépasser et de vérifier qu'aucun corps n'y pénètre au moment du passage d'un train.

Une telle technologie est envisageable afin de vérifier sur les contours admissibles en tunnel qu'aucun élément du matériel roulant ne dépasse le gabarit maximal autorisé (voir figure 3).

Selon la vitesse des trains, la taille minimale des objets détectables varie. Sachant que le temps de balayage total est de l'ordre de 13 ms, la taille de la largeur du parallépipède d'aveuglement est la suivante (voir figure 4 pour la définition du parallépipède d'aveuglement) :

Vitesse des trains	Largeur du parallépipède d'aveuglement correspondante
100 km/h	36 cm
120 km/h	44 cm
140 km/h	50,7 cm
160 km/h	58,5 cm
220 km/h	80,6 cm
250 km/h	91 cm

Tableau 1 - Largeur du parallépipède d'aveuglement en fonction de la vitesse des trains

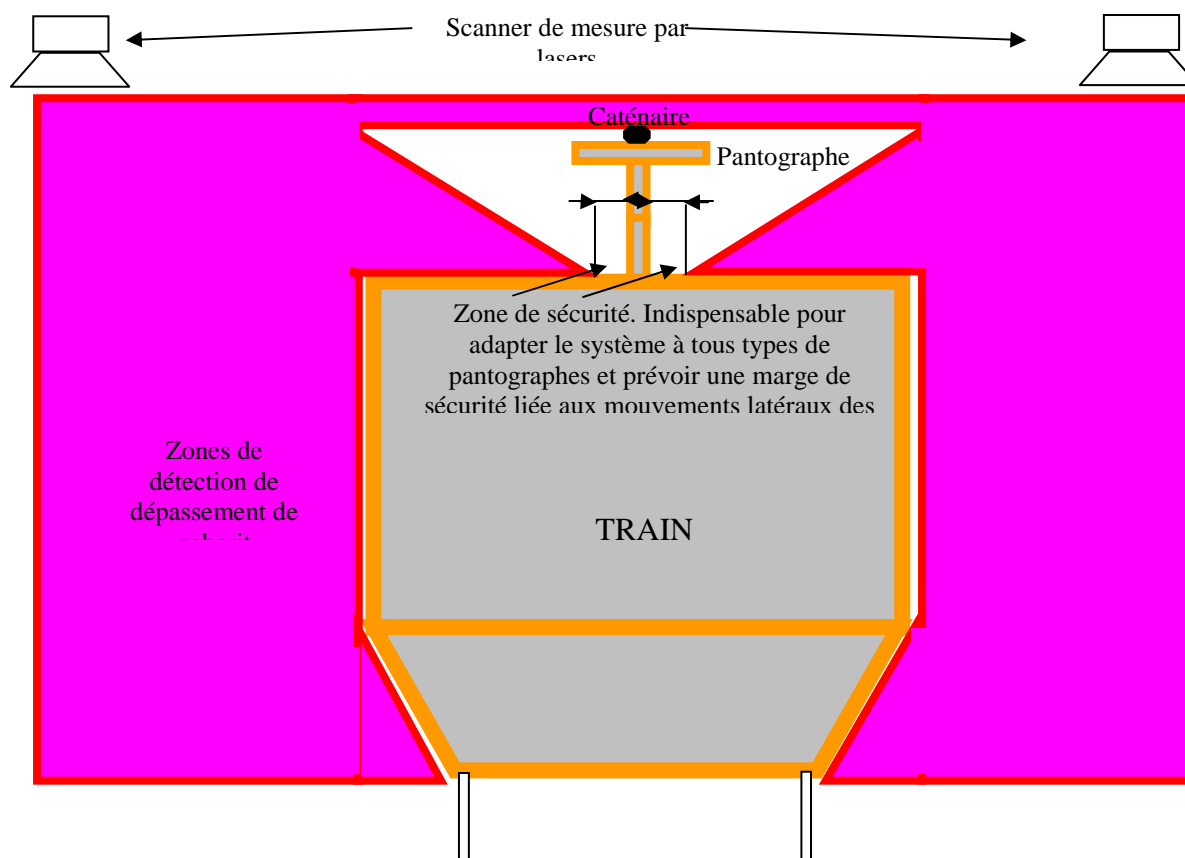


Figure 3 - Application du scanner à contrôle de présence pour la détection de hors gabarits.

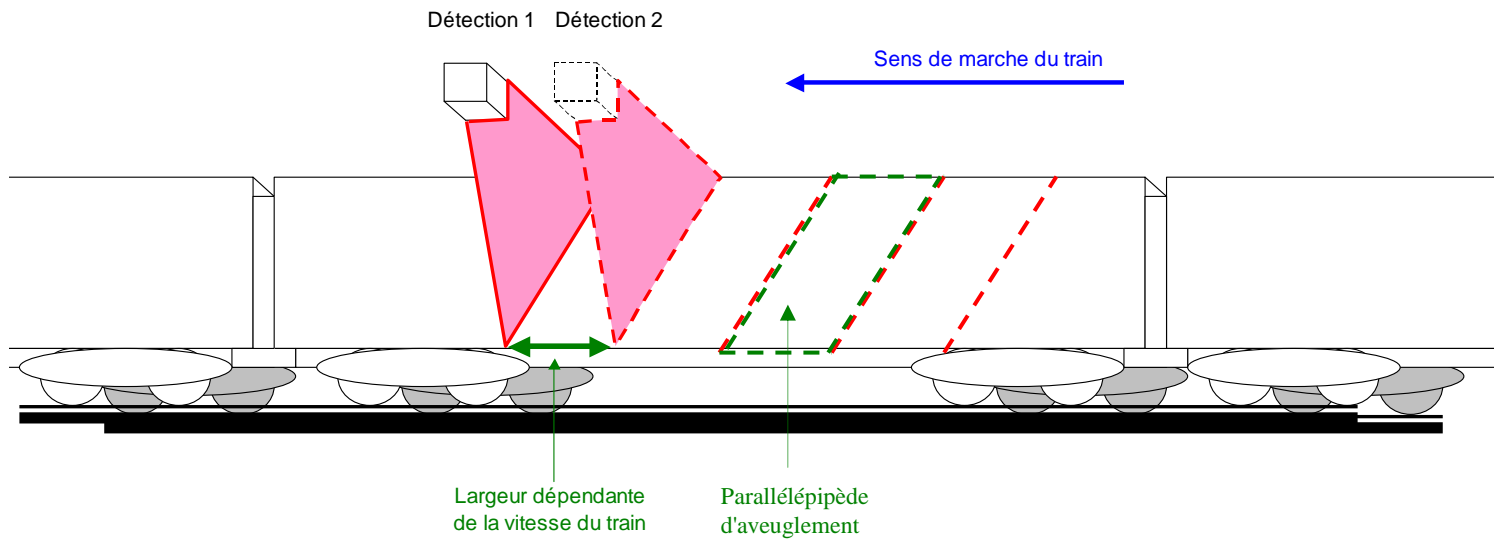


Figure 4 - Définition du parallélépipède d'aveuglement à largeur et inclinaison variable fonction de la vitesse des trains

4.1.2 Avantages

- La mesure optique est faite sans contact avec l'objet à mesurer, même à grande vitesse,
- La mesure des objets peut se faire selon n'importe quel angle de mesure. Il suffit juste d'installer le capteur selon l'inclinaison voulue,
- La zone de mesure pour le contrôle de présence peut avoir n'importe quelle forme, à condition que chaque point appartenant au périmètre de détection puisse être relié au capteur scanner à mesure par laser par une ligne droite ininterrompue.

4.1.3 Inconvénients

- La mesure étant par balayage, la détection ne pourra se faire que par découpage des objets qui sont en mouvement, dont le pas dépendra de la vitesse des objets. Ainsi, la taille minimale des objets détectables par ce système sera dépendante de la vitesse du train. A 160km/h, des objets de près de 60cm ne pourront pas être détectés,
- Ces capteurs étant précis et de technologie avancée, ils sont d'un prix relativement élevé. Toutefois, ce prix est négligeable en comparaison de celui du portique sur lequel les capteurs vont être fixés,
- Ce type de capteur ne fonctionne que si le pouvoir de réflectivité des matériaux à étudier est supérieur à 10 %. Les trains et leur chargement devront donc tous avoir ce taux de réflectivité minimum. En général, les trains et leur chargement respectent cette contrainte. Le seul cas pratique où la détection n'a pas fonctionné que nous ayons pu recenser est celui d'un wagon enduit d'une texture de type goudron en temps de pluie,
- Le système possédant des contraintes de visée, la mise en œuvre et la maintenance nécessiteront des opérations de réglage complexe de par la précision attendue. En effet, une fois la zone à scanner définie informatiquement, il faut pouvoir placer et régler les

capteurs avec une précision suffisante pour que la zone définie corresponde au contour du gabarit maximal à détecter,

- Ce type de système optique est sensible aux conditions d'environnement (grêle, pluie avec phénomène de halo autour des trains à pleine vitesse, feuilles, neige...). Certaines de ces contraintes pourront cela dit être éliminées par l'utilisation d'un auvent de protection pour le système,
- La bande centrale du gabarit haut des trains correspondant à la position des pantographes est une zone aveugle.

4.2 Technologie télémètre laser

La télémétrie laser est la technologie la plus utilisée en industrie pour la mesure de précision. Nous avons souhaité en faire l'étude pour notre système.

4.2.1 Description

Le principe de fonctionnement est identique à celui présenté au paragraphe 3.1. "Technologie à scanner de mesure par laser", puisque les deux technologies utilisent des télémètres. La différence est que cette technologie présentée ici n'utilise pas de miroir rotatif. Le faisceau est dirigé dans une seule direction. La distance entre l'obstacle situé dans cette direction et le télémètre est proportionnel au temps mis par l'impulsion lumineuse pour parcourir la distance capteur/objet puis objet/capteur.

Le type de mesure réalisé est rapide. L'intervalle entre deux mesures peut être de l'ordre 1ms. Pour notre application, aux vitesses des trains considérées, la taille minimale des objets détectable serait la suivante :

Vitesse des trains	Largeur minimale des objets détectables correspondante
100 km/h	2,8cm
120 km/h	3,4cm
140 km/h	3,9cm
160 km/h	4,5cm
220 km/h	6,2cm
250 km/h	7,0cm

Tableau 2 - Largeur minimale des objets détectables en fonction de la vitesse des trains

4.2.2 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,
- La mesure se fait sans contact,
- Les télémètres à base de technologie laser permettent une grande directivité du faisceau optique.

4.2.3 Inconvénients

- Ce type de capteur ne fonctionne que si le pouvoir de réflectivité des matériaux à étudier est supérieur à 10%,
- Le système possédant des contraintes de visée, la mise en œuvre et la maintenance nécessiteront des opérations de réglage,
- Ce type de système optique est sensible aux conditions d'environnement (grêle, pluie avec phénomène de halo autour des trains à pleine vitesse, feuilles, neige, etc.).

4.3 Technologie par barrière laser

L'une des utilisations les plus simple des lasers est le montage en émission/réception. En théorie, celui-ci correspond totalement aux applications que nous souhaitons réaliser.

4.3.1 Description

Un laser d'émission est situé d'un côté de la zone à étudier. Un récepteur est situé de l'autre côté, en face de l'émetteur. Le laser est continu et projeté de l'émetteur vers le récepteur. Tout objet qui viendrait interférer avec ce champ en se positionnant entre l'émetteur et le récepteur serait détecté, à condition que l'opacité de l'objet soit suffisante pour pouvoir arrêter le faisceau, ce qui est le cas pour tous les trains actuels du marché européen : nous n'avons actuellement recensé aucun train transparent sur le marché.

Si une opération de filtrage est à réaliser, ce qui est notre cas à cause des pantographes des trains, on peut prévoir de mettre une barrière double, c'est à dire deux paires d'émetteurs et de récepteurs lasers dont les faisceaux parallèles sont espacés d'une distance fixe (voir paragraphe 4.2.1.1).

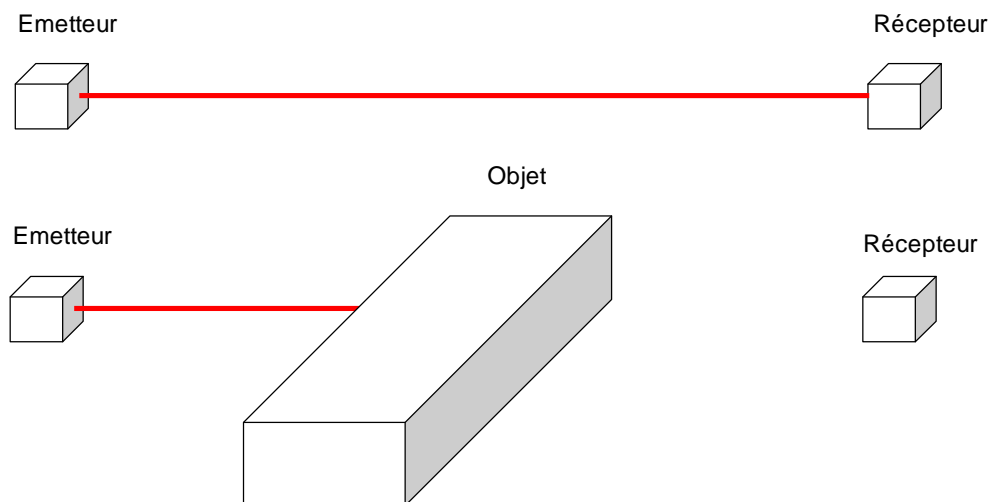


Figure 5 - Principe de fonctionnement de la détection d'obstacles

4.3.2 Avantages

- La simplicité de fonctionnement de ces capteurs en tout ou rien les rend très fiable,
- La mesure se fait sans contact,
- Aucune cible coopérative n'est nécessaire pour l'utilisation de cette technologie, ce qui signifie qu'il n'y a pas de contrainte sur la réflexivité des matériaux faisant l'objet de la détection.

4.3.3 Inconvénients

- La mise en œuvre de ce système impose d'avoir la possibilité d'installer un émetteur et un récepteur en vis-à-vis, avec une précision de positionnement fonction de la taille du spot lumineux,
- Le système possédant des contraintes de visée, la mise en œuvre et la maintenance nécessiteront des opérations de réglage,

Ce type de système optique est sensible aux conditions d'environnement (grêle, pluie avec phénomène de halo autour des trains à pleine vitesse, feuilles, neige, etc.).

4.3.4 Technologie par portique avec capteurs de contact

Plutôt que d'utiliser des technologies de pointe nécessitant des réglages précis et réguliers, nous avons souhaité envisager la réalisation de la détection par une méthode par contact. Cette idée provient de l'étude des avertisseurs de hors gabarit pour véhicules routiers hauts, au niveau des péages ou des entrées de tunnels sur les routes et autoroutes.

4.3.5 Description

Il s'agit de la mise en place d'un portique en dur supportant des lamelles semi-rigides dont la dimension de la transparence sera la même que le gabarit maximal admissible dans le tunnel. La détection se fera par simple contact entre le matériel roulant et une ou plusieurs lamelle de détection. Chaque lamelle sera raccordée à un capteur tout ou rien indiquant un hors gabarit si le matériel roulant entre en contact avec la lamelle correspondante.

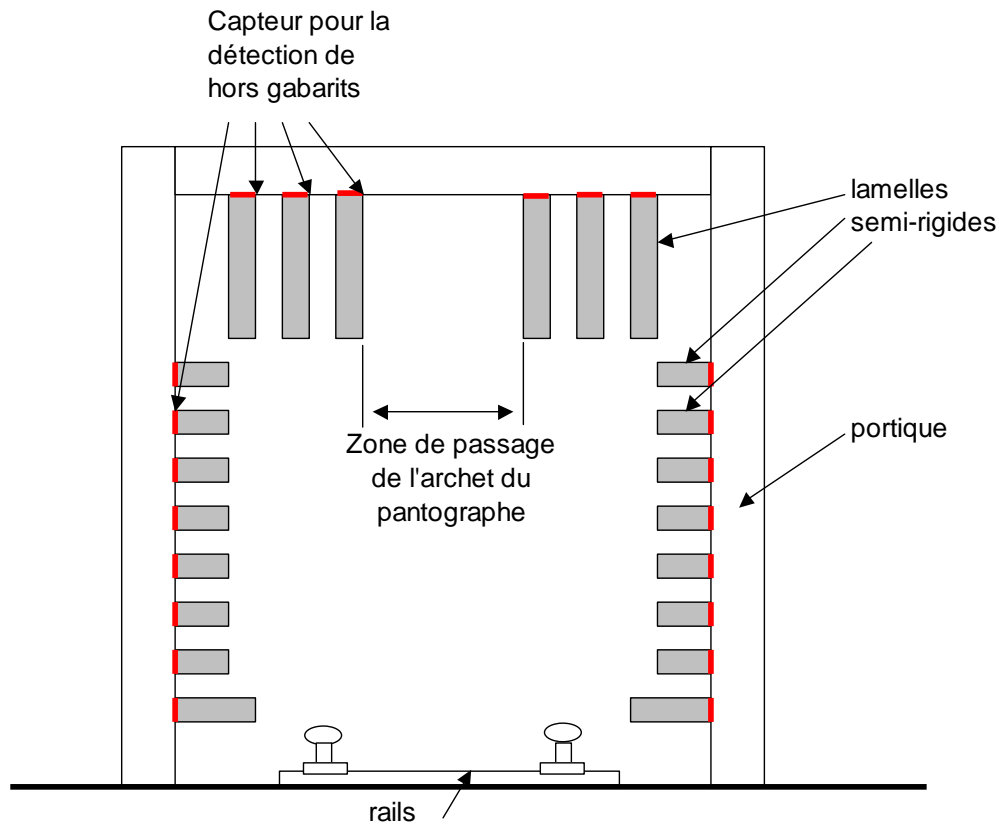


Figure 6 - Détection de hors gabarit par portique à capteurs de contact

4.3.6 Avantages

- La mise en place du portique et des capteurs est simple,
- Le coût est faible à l'installation.

4.3.7 Inconvénients

- On prévoit un manque de fiabilité du système sur la mesure du "hors gabarit" lié à sa sensibilité aux conditions extérieures, notamment lors du passage du train et du fort courant d'air provoqué qui risque d'engendrer un fort taux de fausses alarmes,
- En cas de contact, il sera à prévoir le changement des lamelles ayant été en contact avec le matériel roulant,
- Il est impossible de détecter un hors gabarit sur la bande centrale du gabarit haut des trains compte tenu de la présence du pantographe.

4.4 Technologie par ultrasons

La génération d'ultrasons pour la détermination de distance par rapport aux obstacles est aujourd'hui utilisée dans certaines applications industrielles. Nous avons souhaité nous pencher sur cette technologie dans notre étude.

4.4.1 Description

De même que la technologie optique, le principe de détection par ultrasons est un principe sans contact qui permet de travailler sur des objets solides ou des liquides, quelles que soient leur couleur, leur brillance et leur opacité. Les détecteurs utilisant cette technologie sont capables de réaliser des mesures de distances avec une grande précision.

Le principe de fonctionnement est simple : une onde est générée par un émetteur et se propage dans l'espace jusqu'au moment où elle rencontre un obstacle. Elle est alors réfléchiée par l'obstacle, et une partie de celle-ci est redirigée vers le capteur. Un récepteur reçoit alors l'onde. En mesurant le temps entre l'émission et la réception de l'onde, il est alors possible de savoir quelle est la distance à l'obstacle.

4.4.2 Avantages

- La détection se fait sans contact,
- Il n'y a aucune contrainte sur la nature des revêtements des objets à détecter, que ce soit au niveau de la couleur, de la brillance ou de l'opacité.

4.4.3 Inconvénients

Le temps de réaction de ce type de capteur est de l'ordre de la demi-seconde, voir la seconde. Cela signifie pour notre application que la mesure ne pourra se faire que tous les 22 à 44 mètres pour des vitesses de circulation des trains à 160 km/h.

4.5 Synthèse

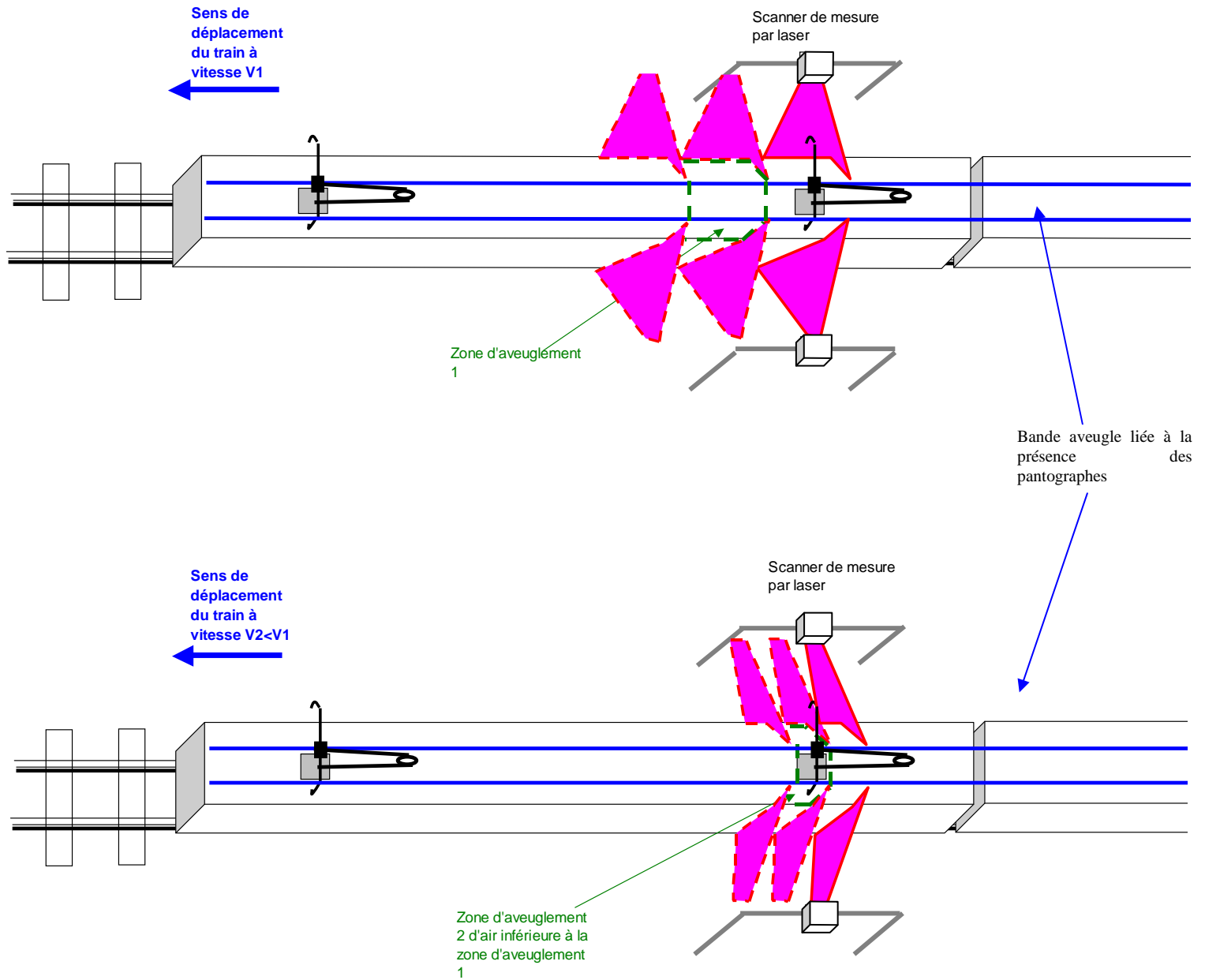
Du fait de l'endommagement du système de détection apporté par la solution se faisant en détection par contact, nous ne retiendrons pas la solution du portique avec capteurs de contact pour la suite de notre étude. Nous préférons l'utilisation de technologies sans contact n'ayant pas d'impact direct sur le matériel lors de la mesure.

La technologie par ultrasons ne permet pas de réaliser des mesures à intervalles assez proches pour pouvoir détecter des objets de petite et moyenne tailles. A 500 ms d'intervalle entre deux mesures, pour un train circulant à 160 km/h, la taille minimale des objets détectables est de 22 mètres. Nous ne retiendrons donc pas cette technologie pour notre étude.

La solution avec scanner de mesure par laser a l'inconvénient de laisser une zone d'aveuglement importante pour la détection. Tout objet dont la taille serait comprise à l'intérieur du parallélogramme d'aveuglement (voir figure 4) est potentiellement indétectable.

A faible vitesse, cela pourrait présenter un avantage car la zone aveugle sera de faible taille (voir figure 8). Mais étant donné qu'il n'est pas prévu de ralentissement des trains pour la détection, cet avantage se transforme en inconvénient. Nous rappelons que la taille minimale des objets détectables à 160 km/h est de 60 cm avec une mesure par scanner de mesure par laser à balayage de période 13 ms.

Avec une technologie par barrière laser double, l'écartement entre les deux paires d'émetteurs/récepteurs dimensionne de manière fixe la taille des objets indétectables. La seule contrainte pour cet écartement est le filtrage du pantographe (voir figure 9).



**Figure 7 - Exemple de zone d'aveuglement pour un train à vitesse V_1
et un train à vitesse $V_2 < V_1$ avec technologie par scanner de mesure laser.**

=> Les dimensions de la zone d'aveuglement sont fonction de la vitesse des trains pour la technologie à base de scanner de mesure par laser

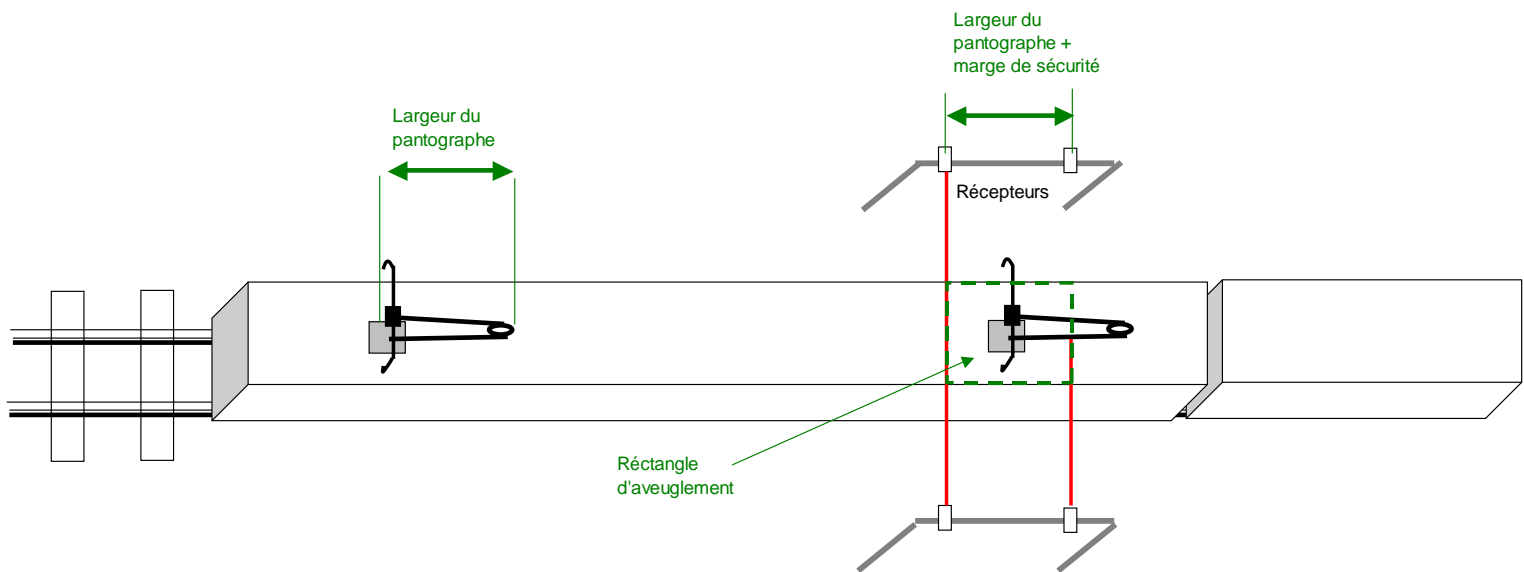


Figure 8 - Exemple de zone d'aveuglement avec technologie par émission/réception laser

Un avantage du scanner de mesure par laser est qu'on peut épouser le contour de la partie basse du train avec la zone à scanner. On peut ainsi détecter précisément le contour des obstacles bas des trains. Cette option n'a pourtant que peu d'intérêt pour notre système, car le but est de prévenir de toute collision entre le train et le tunnel, et non pas de détecter précisément le contour des trains. Aux vues des coupes transversales en tunnel observées, seuls les trottoirs sont à risque, et nous nous attacherons uniquement à vérifier que le gabarit bas du train n'entrera pas en contact avec ces trottoirs.

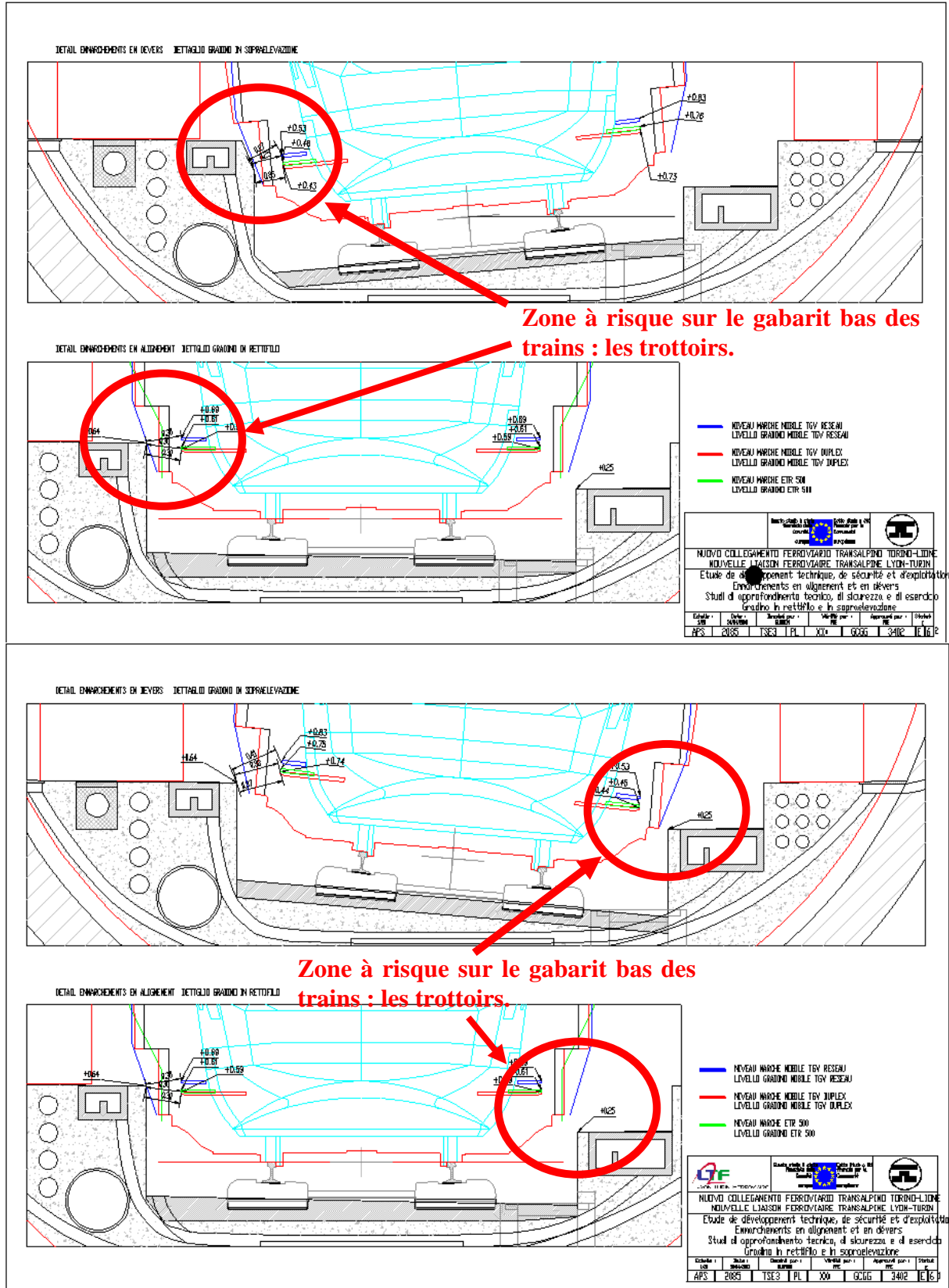


Figure 9 - Définition des zones à risque des gabarits bas en tunnel.

Plan en coupe en tunnel au niveau bas

L'utilisation de laser par émission/réception semble être la plus appropriée pour notre application, compte tenu de sa simplicité de fonctionnement, et sa fiabilité dans la mesure. Toutefois, certaines détections sur les parties basses des gabarits des trains nous obligeraient à placer les récepteurs au sol, ce qui nous semble difficile compte tenu de l'environnement dans lequel nous nous trouvons (environnement agressif et fort taux d'encrassement pour les équipements au sol liés à la fois au passage des trains et au fait que les équipements soient situés en extérieur).

Nous choisirons donc de remplacer les lasers en émission/réception par des télémètres pour toutes les applications où le récepteur devrait être positionné au sol (pour des raisons de sécurité, tous les lasers seront pointés vers le sol).

Pour ce qui est de la détection de dépassement de gabarit haut des trains, il faudra prévoir un système de filtrage au passage des pantographes.

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

5.1 Architecture

Maintenant que le choix des technologies est effectué, nous allons pouvoir définir l'architecture générale du système. L'architecture générale comprend les capteurs, les câbles de transmission et d'alimentation électrique, les postes locaux et le poste central, ainsi que les interfaces entre les équipements.

5.1.1 Architecture générale

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

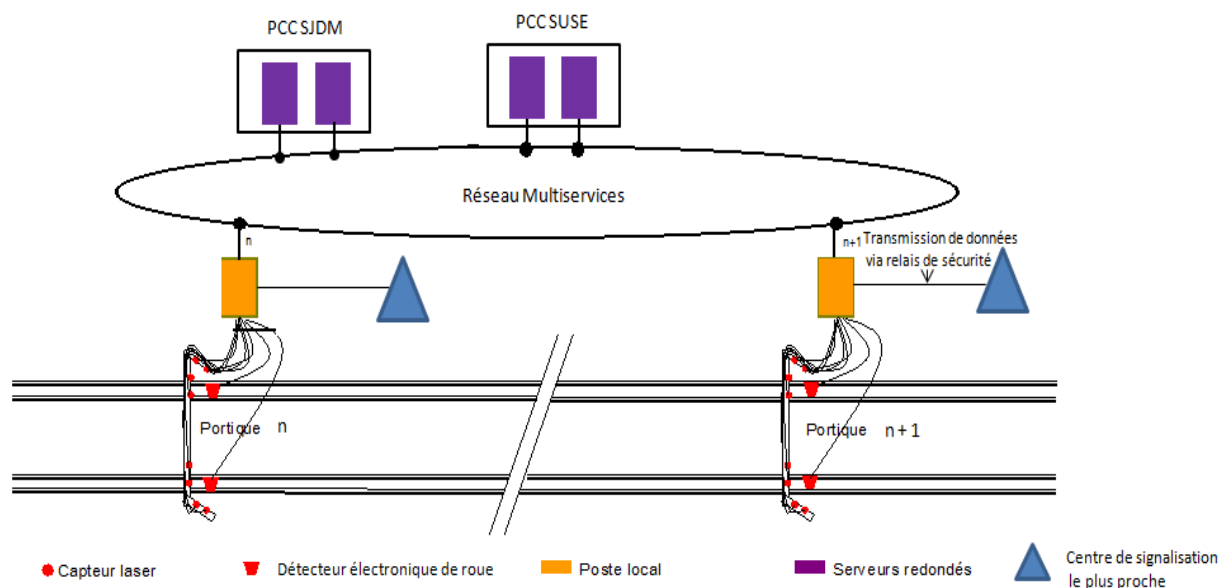


Figure 10 - Schéma d'architecture générale du système de gabarit

5.1.2 Sécurité

Selon la norme CEI 61508 sur la sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/ électroniques/ électroniques programmables (E/E/PE) relatifs à la sécurité, nous avons établi que le système devra être homologué SIL 4. Nous préconisons donc que les fonctions de sécurité des équipements mis en place pour la détection des locaux soient de capacité de SIL 4.

5.1.3 Capteurs

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

La détection de gabarit haut sera réalisée à l'aide de deux lasers de classe 1 ou 2 en émission/réception.

Le filtrage sur les pantographes sera réalisé par la mise en place de deux paires de lasers émetteurs/récepteurs. Ceci implique que la taille minimale des objets qui pourront être détectés sera au moins de la largeur des pantographes. L'espacement entre les deux lasers émetteurs sera de 15 cm, réglable. Cette valeur a été fixée après l'étude de gabarits de pantographes répandus. Toutefois, elle ne pourra être validée sans essais. Si, lors de ces essais réels ou lors de la mise en exploitation du système, cette valeur s'avérait inadaptée, elle devra être réajustée. Pour ce faire, nous prévoyons de placer les capteurs sur des rails permettant de faciliter leur ajustement.

Afin de pouvoir déterminer sur quelle voie se trouve le train qui fait l'objet de la détection, deux détecteurs d'essieux magnétiques seront installés sur chacune des deux voies au niveau de chaque portique (voir la description des détecteurs d'essieux magnétiques dans le système DBC).

La détection des gabarits latéraux se fera par utilisation de télémètres lasers de classe 1 ou 2 dirigés vers le sol.

La détection de gabarit sur les parties basses du train se fera par utilisation de télémètres lasers de classe 1 ou 2 dirigés vers le sol.

Général :

Chaque laser ou récepteur sera connecté à un poste local situé près des voies.

Chaque capteur devra être intégré dans un boîtier thermostaté comprenant un hublot optique oblique spécifique (afin d'éviter une réflexion trop importante du signal lumineux). Un système autonettoyant sera prévu sur cet optique afin d'en limiter le taux d'encrassement lié au passage des trains (notamment lié au passage des diesels). Ce système sera constitué d'essuie-glaces, d'une pompe et d'un récipient étanche contenant un produit de nettoyage anti-gèle.

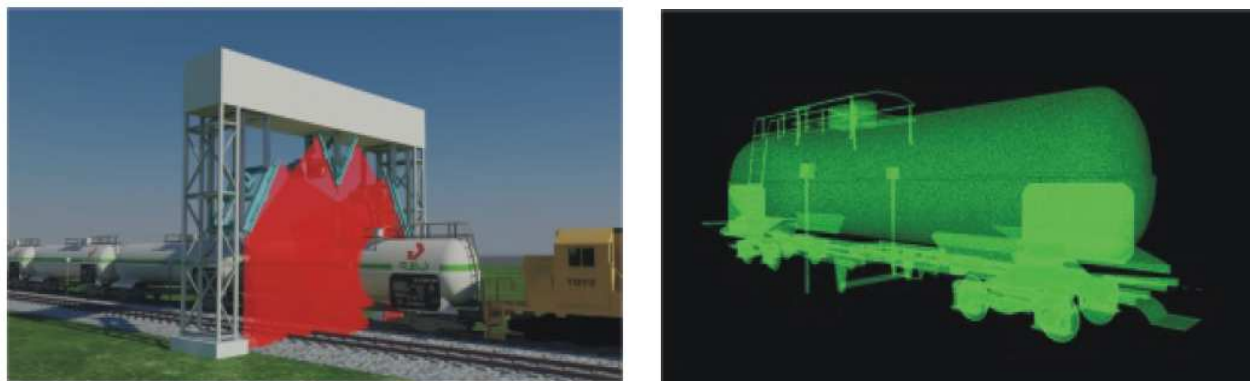


Figure 11 – Exemple de profil de détection hors gabarit

5.1.4 Portique

Maintenant que les capteurs ont été décrits, nous proposons une étude de l'architecture du portique.

La détection de gabarit doit pouvoir se faire, même lors du croisement de deux trains sous le portique de mesure. Avec un seul portique enjambant les deux voies, ceci peut présenter des problèmes liés à l'entraxe, soit à l'espacement entre les deux trains lorsqu'ils se croisent (voir figure 11).

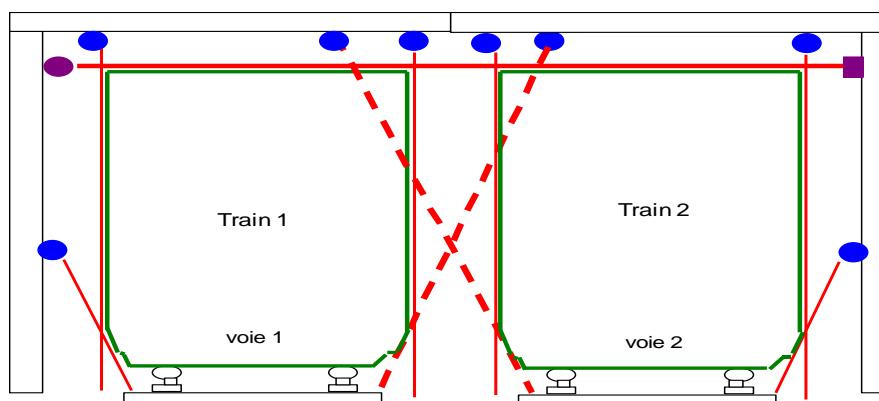


Figure 12 - Impossibilité de détection des gabarits au niveau bas des faces en regards des trains se croisant.

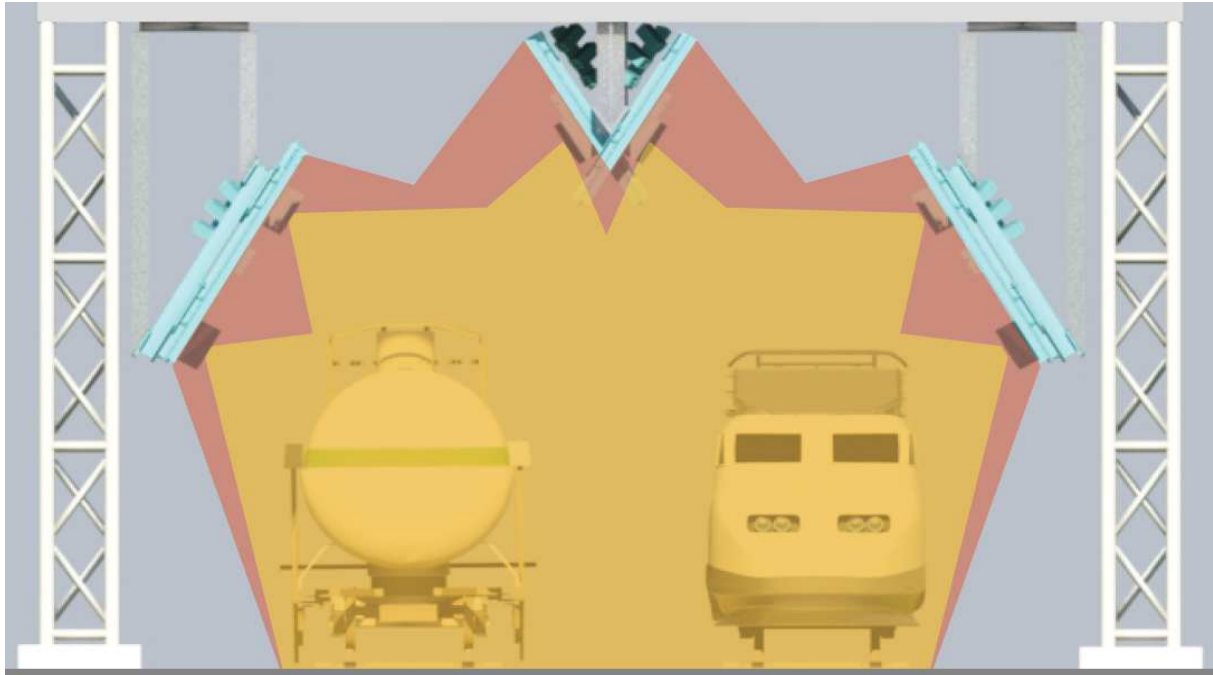


Figure 13 – Exemple de portique avec la mise en place des deux systèmes (Thermographique et gabarit)

Calcul de l'entraxe nécessaire pour la détection de gabarit sur les deux voies avec un seul portique (voir figure 13) :

- La hauteur maximale du gabarit d'obstacle en tunnel est de 5.44 m,
- La hauteur du point A est d'environ 1.40 m,
- L'angle que doivent avoir les rayons lasers issus des télémètres lasers par rapport à la verticale doit être de l'ordre de 20°.

La largeur libre entre les deux gabarits d'obstacles dans le cas où deux trains se croiseraient est donc de :

$$\text{Interdistance entre les gabarits d'obstacles : } (5.44 - 1.40) \cdot \tan(20) = 1.47 \text{ m}$$

La largeur maximale du gabarit d'obstacle est de 3.90 m.

L'entraxe minimal nécessaire entre les deux voies pour pouvoir réaliser une détection de gabarits sur les deux voies avec un seul portique est donc de $3.90 + 1.47 = 5.37 \text{ m}$.

L'APS stipule que l'entraxe minimal entre les deux voies sera de 4.06m sur le corridor projet. Cette valeur n'a pas été remise en cause dans l'APR, i.e. la soumission 43. Nous ne connaissons pas à ce jour les entraxes de la ligne historique aux sites d'implantation des portiques, mais il est peu probable qu'ils soient de valeur aussi importante, les entraxes étant généralement compris entre 4 et 5 mètres. Il nous paraît impossible de préconiser un entraxe minimal de 5.37 m aux lieux d'implantation des portiques. Nous chercherons donc une autre solution au problème envisagé.

Une autre solution envisageable aurait été de mettre trois montants sur les portiques, le montant supplémentaire reposant entre les deux voies. Cette solution est rejetée car, là encore, il faudrait définir un entraxe minimal entre les voies. Cet entraxe serait de valeur supérieure à

la valeur de l'entraxe précédemment calculée. Nous définirons donc une architecture où aucun montant du portique ne sera installé entre les deux voies.

Pour gérer la détection hors gabarit pendant le croisement des trains au niveau du portique et de la redondance des capteurs, le système de sécurité SIL4 répond à ces différents paramètres donc il ne sera pas nécessaire de mettre en place deux portiques avec une interdistance entre les deux.

Les portiques formeront un abri assurant la protection des capteurs et leur isolation aux parasites environnementaux extérieurs (oiseaux, feuilles, intempéries...).

La constitution de chaque portique et l'écartement des montants par rapport aux voies devront respecter les gabarits d'obstacles des normes internationales d'implantation pour l'installation des infrastructures fixes.

L'architecture du portique devra permettre à tout capteur de se situer à au moins la distance d'isolement électrique (fonction de l'électrification de la ligne) de la zone caténaire et du gabarit du pantographe.

Le positionnement et la direction du faisceau des lasers sont spécifiés sur la figure 13. Les deux systèmes de détection de gabarit et de points chauds par thermographie ont des besoins similaires et les contraintes spécifiées pour chacun des portiques ne sont pas incompatibles. Afin de diminuer les coûts, nous préconisons d'installer les équipements des deux systèmes sur les mêmes portiques.

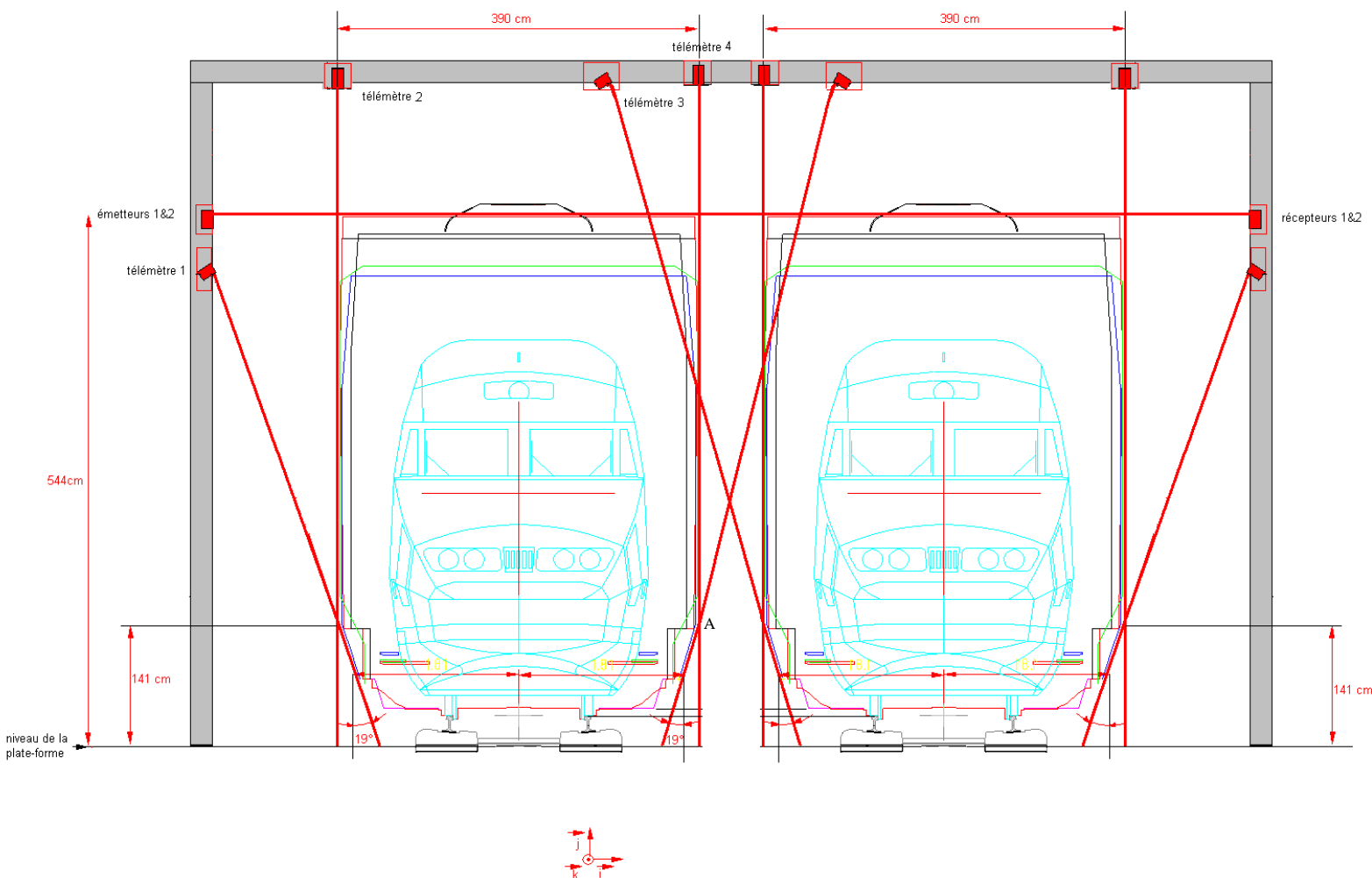


Figure 14 - Schéma général du portique de détection de gabarit

5.1.5 Câble de transmission et d'alimentation électrique

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

Les câbles de communication et d'alimentation, qu'ils soient entre les capteurs et le poste local ou entre le poste local et le point de concentration du réseau de télétransmission ou le départ électrique, seront C2.

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

5.1.6 Postes

Après l'étude des capteurs et des câbles, nous décrivons ici l'architecture des postes de traitement des informations.

5.1.6.1 Poste local

Un poste local sera installé à proximité de la voie, proche de chaque emplacement destiné à recevoir un portique de détection de gabarit.

Il sera notamment constitué de centres de mesures, destinés au traitement des mesures effectuées par les lasers mis en place, d'un système d'alimentation et de communication.

Un poste local sera suffisant pour traiter les informations issues d'un portique de détection de gabarit. Un poste local devra pouvoir traiter au moins :

- 2 paires de capteurs laser en émission/réception,
- 8 télémètres lasers,
- Pour des questions d'évolutivité des systèmes et des précautions de redondance, chaque poste local devra pouvoir gérer :
 - o 3 paires de capteurs laser en émission/réception et,
 - o 10 télémètres lasers.

Les postes locaux devront fournir l'alimentation nécessaire au fonctionnement des capteurs.

De plus, un connecteur RJ45 sera disponible pour permettre la connexion au PC portable de maintenance.

Il y aura en tout 4 portiques :

- 2 portiques sur voies double
- 2 portiques sur voie unique.

Il y aura donc 4 postes locaux, chacun devant pouvoir gérer 3 paires de capteurs laser en émission/réception et 10 télémètres lasers pour garantir la sécurité sur le corridor projet.

5.1.7 Interfaces

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

- Alimentation électrique

Les différents équipements du système de traitement seront alimentés par une alimentation secourue sans coupure en 230Vac.

L'entreprise responsable des équipements d'alimentation électrique devra assurer la fourniture du matériel pour le raccordement au réseau d'alimentation jusqu'au pied de chaque poste local du système de détection de gabarit.

- Communication avec le système de supervision sur le réseau de télétransmission

Tous les postes locaux communiqueront avec les serveurs de sécurité en charge du système de détection de gabarit via le réseau de télétransmission. Le protocole de communication et les interfaces seront définis dans les études sur le PCC et celles sur les réseaux de

communication, sachant que les postes locaux devront pouvoir communiquer avec tous les protocoles standards moyennant la mise en place d'une carte de communication adéquate. L'entreprise responsable des équipements de communication devra assurer la fourniture du matériel pour le raccordement au réseau de télétransmission jusqu'au pied de chaque poste local du système de détection de gabarit.

- Signalisation

Il y aura une interface locale avec la signalisation via des relais de sécurité afin de pouvoir arrêter le train en défaut.

- Portique

L'implantation des capteurs pour la détection de gabarit sous le portique devra être coordonnée avec celle des capteurs pour la détection thermographique. La coordination se fera sur les opérations de :

- o Positionnement des capteurs,
- o Conception de la largeur des portiques,
- o Passage des câbles d'alimentation électrique et de communication, etc.

- Génie Civil

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

Pour la ligne historique, nous prévoyons d'enlever les rails existants au niveau de chaque site d'implantation des portiques afin d'y mettre en place une dalle de béton monobloc à laquelle seront fixés les montant des portiques. Les rails utilisés pour assurer la continuité du trafic ferroviaire lors de la remise en exploitation de la ligne devront être solidaires de cette dalle.

5.2 Analyse fonctionnelle

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

5.2.1 Fonctionnement du système

Pour chacune des détections à réaliser (haute et latérale), nous allons décrire le fonctionnement du système.

5.2.1.1 Détection de gabarits hauts

On rappelle que les capteurs utilisés pour la détection de gabarits hauts sont des lasers en émission/réception. Leur positionnement est celui décrit sur la figure 13 (émetteurs 1&2 et récepteurs 1&2).

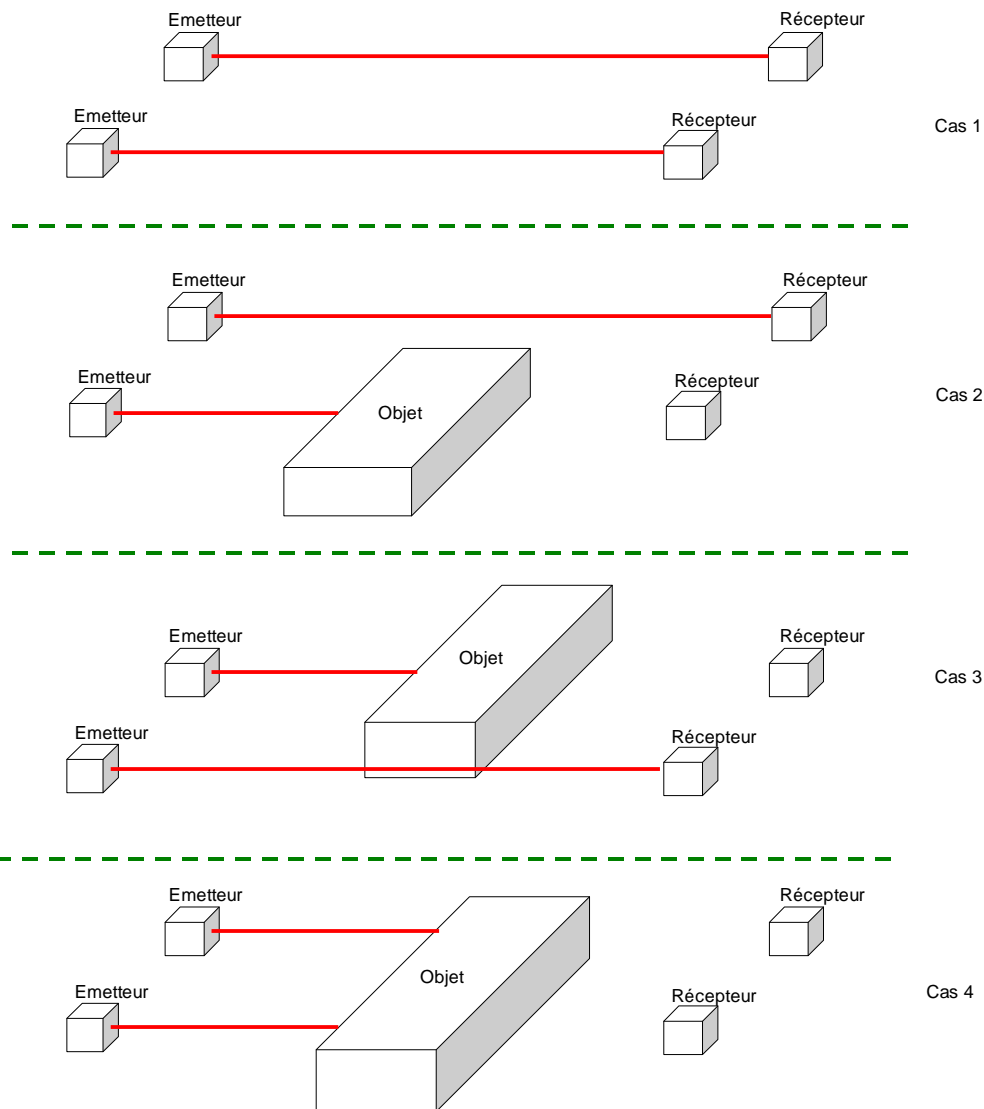


Figure 15 - Principe d'utilisation d'une paire émetteurs/récepteurs laser pour la détection d'objet

Dans les cas 1, 2 et 3 de la figure 14, aucune alarme ne sera déclenchée. Seul le cas 4 permettra le déclenchement d'une alarme hors gabarit. Le filtrage réalisé avec cette méthode est une réponse aux problématiques posées par le passage des pantographes des trains. Les pantographes sont placés en haut des trains et sont en contact avec la caténaire. La caténaire en tunnel est à la hauteur de 5,57 m au-dessus du plan de roulement. Le gabarit haut à détecter est de 5,44 m. Les pantographes vont donc forcément engendrer des alarmes de hors gabarit lors de leur passage dans le portique de détection. C'est pour cela qu'on les filtre.

Etant donné que les lasers de détection de gabarit haut traverseront les 2 voies, ce système de détection ne permettra pas d'identifier sur quelle voie le convoi passe. 2 détecteurs d'essieux seront donc ajoutés (**1 sur chaque voie au niveau du portique**) afin de déterminer sur **quelle voie circule le train**).

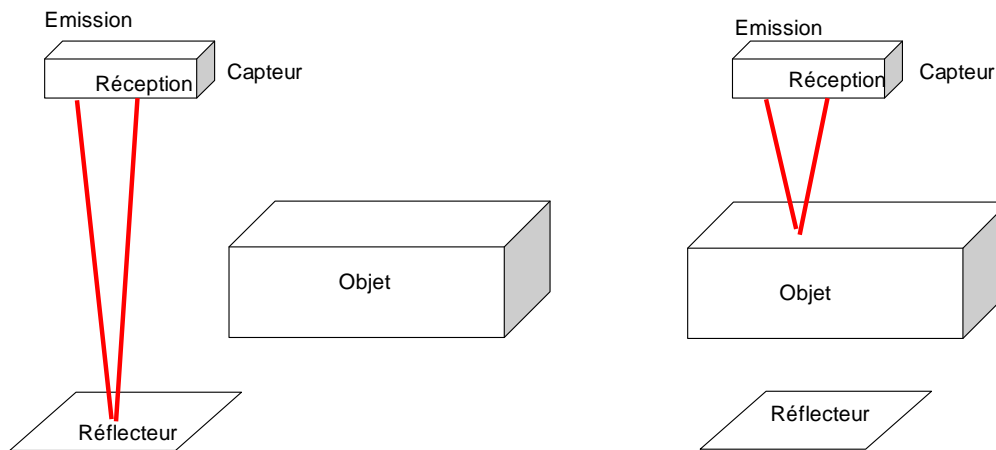
Après chaque détection sur un train, le système d'auto-nettoyage sera mis en route afin de nettoyer les optiques des capteurs.

5.2.1.2 Détection de gabarits latéraux

On rappelle que les capteurs utilisés pour la détection de gabarits latéraux sont des télémètres lasers.

Chaque télémètre sera pointé vers une zone fixe au sol, de sorte que la distance entre le capteur et la zone pointée soit constante. La zone pointée aura une réflexivité suffisante pour réémettre une partie du signal. Ce signal réfléchi sera analysé par un récepteur intégré dans le même boîtier que l'émetteur. Le temps mis par le rayon entre l'émission et la réception est directement proportionnel à la distance séparant le capteur du réflecteur.

Lors du passage d'un obstacle entre le capteur et le réflecteur, le rayon ne sera plus réfléchi par le sol mais par l'obstacle. Le temps de parcours du rayon sera alors différent et il sera possible d'en déduire qu'un obstacle est présent.



**Figure 16 - Principe d'utilisation d'un télémètre laser
pour la détection de présence d'un obstacle**

Les télémètres devront fonctionner avec une fréquence de l'ordre de 60Hz ou supérieur, afin que la taille des objets détectables sur le hors gabarit soit minimale (voir tableau du paragraphe 3.2.1). A cette fréquence, la reproductibilité de la mesure sera limitée (de l'ordre de 15 à 20 cm).

Nous travaillerons donc par une méthode de comparaison de la valeur mesurée à une valeur seuil pour pallier ce problème de précision sur la mesure. La sortie du capteur indiquera si la valeur mesurée est inférieure ou supérieure à la valeur seuil.

- Si elle est supérieure, aucun objet n'est détecté et le rayon est toujours réfléchi par le sol,
- Si elle est inférieure, un objet est situé entre le sol et le capteur, et un hors gabarit est détecté.

Méthode de calcul de la valeur seuil :

Soit :

- d, la distance entre le capteur et la plate-forme (terrain aménagé sur lequel repose la voie),
- res, la résolution du capteur, c'est à dire la plus petite variation de distance que le capteur peut mesurer,
- p, la précision du capteur, c'est à dire l'erreur maximale de la mesure du capteur par rapport à une valeur vraie (p peut être positif ou négatif),
- rep, la reproductibilité du capteur,
- dpft, la distance entre la plate-forme et la valeur la plus basse du gabarit d'obstacle des trains,
- val mes, la valeur mesurée par le capteur,

Si

- Val mes < d-res-rep, l'alarme doit être déclenchée.

La valeur de seuil à définir pour ce capteur est donc :

- Valeur seuil = (d-res-rep)+p, ou p pourra être positif ou négatif.

Il faudra que (res+rep) < dpft/2, ce qui impose une limite à la reproductibilité du capteur, la résolution étant fixée à l'avance.

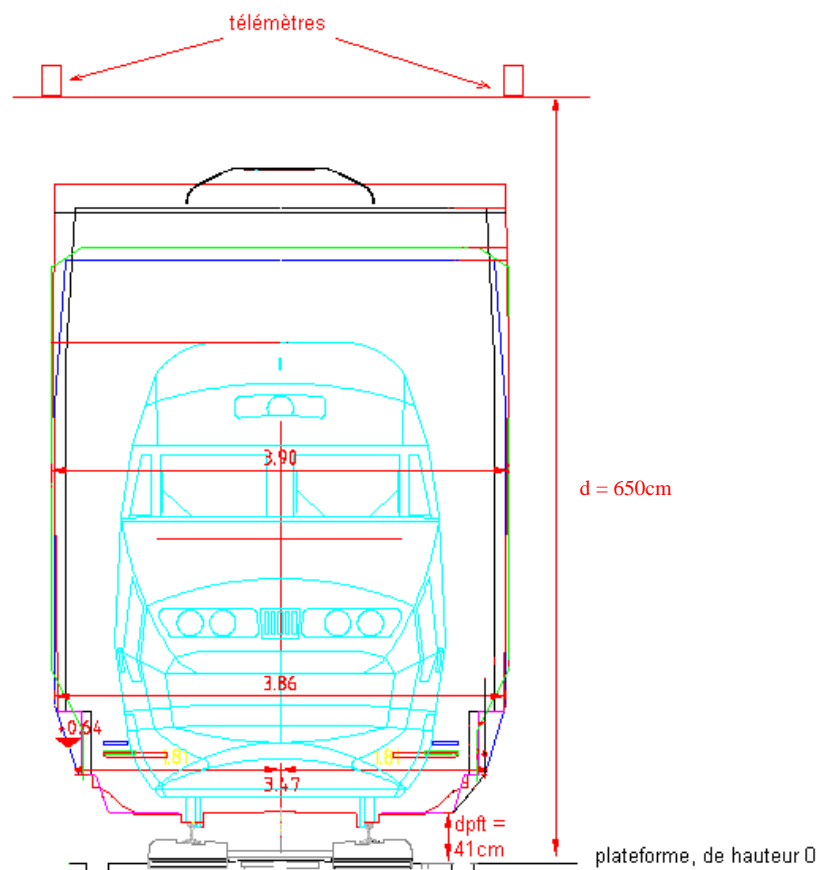
On gardera 20% de marge sur cette valeur de seuil.

Exemple pour notre application : détection latérale.

Soit

- d = 650 cm (valeur théorique pour l'exemple),
- res = 1 cm,
- p = valeur expérimentale en cm,
- rep = x cm,
- dpft = 41 cm (valeur théorique pour l'exemple).

Lorsque le capteur va mesurer la distance au sol, il affichera 650 cm, plus ou moins la valeur de précision



qui est systématique à la valeur de reproductibilité près. La valeur indiquée sera la valeur vraie à la valeur de résolution près. Nous avons choisi d'imposer le critère de résolution, et de déterminer la valeur maximale de reproductibilité admissible, ce qui est compatible avec la pratique.

- valeur seuil = $(650 - x - 1) + p$ sachant que $(x + 1) < 20,5$, soit $x < 19,5$

En gardant une marge de sécurité de 20% sur la mesure, nous choisirons $x = 15$ cm.

La valeur seuil pour notre application, dans l'exemple présenté, est : 634 cm + p, où p sera à déterminer expérimentalement.

Pour notre exemple d'application, le choix du télémètre se fera donc sur un télémètre de reproductibilité < 15 cm et de résolution < 1 cm. La précision n'a pas d'importance puisqu'elle est retranchée à la valeur seuil théorique. Elle devra, cela dit, être déterminée lors des tests sur les capteurs dans la phase de mise en œuvre.

Lors des réglages sur site, les valeurs de seuil seront à recalculer en fonction des dimensions du portique, de la hauteur de la plate-forme par rapport au plan de roulement et des autres valeurs importantes pour le calcul.

Après chaque détection sur un train, le système d'auto-nettoyage sera mis en route afin de nettoyer les optiques des capteurs.

5.2.2 *Exploitation du système*

Toute détection d'anomalie sur le système ou le matériel roulant doit engendrer automatiquement l'envoi d'une alarme à la signalisation ferroviaire via des relais de sécurité SIL4 ainsi qu'en parallèle au système de supervision du PCC via le réseau de transmission. On aura donc 2 catégories d'alarmes :

- Les alarmes techniques qui spécifient qu'une anomalie système est présente et qu'une opération de maintenance doit être menée,
- Les alarmes d'exploitation qui spécifient qu'une détection de hors gabarit a été effectuée.

Ceci implique que les équipements fixes devront être capables de générer une alarme en cas de présence d'une avarie sur le système.

Dans le cas où un hors gabarit exceptionnel entraînerait l'arrachement de tout ou partie du portique et de ses éléments, nous proposons la procédure de sécurité suivante :

- Dans le cas où l'un au moins des capteurs aurait été détecté par le poste local comme en panne, le trafic sur cette voie devra être automatiquement arrêté pour vérification avant d'entrer dans l'un des tunnels de la ligne nouvelle, ceci afin d'éliminer le risque que la panne ait été créée par l'arrachement des capteurs par le matériel roulant.

Le traitement total des tâches lors de la détection de dépassement de gabarit, de la détection par les capteurs à l'affichage sur les PC de sécurité, doit être réalisé en moins de 1 minute.

5.2.2.1 Equipements de terrain

Nous décrivons ici quelle est l'intelligence détenue par les capteurs de terrain ainsi que les transferts d'information qu'ils réalisent avec l'extérieur.

En général, toutes les informations issues des capteurs laser du portique sont envoyées au poste local pour y être traité. Aucune intelligence n'est présente dans les capteurs.

Lasers :

Les fonctions des capteurs du système de détection de gabarit seront :

- De détecter tout hors gabarit du matériel roulant par scrutation des gabarits hauts, des gabarits latéraux et des gabarits bas des trains,
- De communiquer les informations sur la mesure vers le poste local.

Les informations transférées par les capteurs vers le poste local seront :

- Lasers en émission réception
 - o Informations tout ou rien venant du récepteur, indiquant que la barrière est ouverte ou fermée, servant aussi d'alarme d'anomalie sur le capteur si plus aucun signal n'est transmis durant un temps anormalement long.
- Lasers télémétriques
 - o Informations tout ou rien venant du capteur, indiquant que la valeur seuil est ou non dépassée, servant aussi d'alarme d'anomalie sur le capteur si plus aucun signal n'est transmis durant un temps anormalement long.
- Généralités
 - o Identifiant du capteur.

Détecteurs électroniques de roue :

Les fonctions des détecteurs électronique de roue seront :

- De détecter le passage d'essieux des trains,
- D'assurer l'envoi d'informations vers le poste local.

Les informations transférées vers le poste local par les capteurs seront :

Le signal d'information sur le passage du train, servant aussi d'alarme d'anomalie sur le capteur si plus aucun signal n'est transmis.

5.2.2.2 Traitement local

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

Les fonctions du poste local seront :

- D'assurer l'alimentation des capteurs pour leur fonctionnement et les servitudes,

- D'assurer le traitement des signaux issus de la mesure et des alarmes des capteurs laser et des détecteurs d'essieux (voir le paragraphe suivant pour le traitement des informations),
- De détecter une panne sur les capteurs et de générer des alarmes techniques (l'alarme générée pour les pannes des capteurs lasers et des détecteurs d'essieux pourra se faire par détection de l'absence prolongée d'un signal issu des capteurs ou de la réception d'un signal prolongé des lasers indiquant un hors gabarit potentiel, même lorsqu'aucun train ne fait l'objet de la détection,
- De détecter une panne sur l'un des éléments principaux constitutifs du poste local et de générer une alarme technique,
- D'assurer les échanges d'alarmes à la signalisation ferroviaire,
- D'assurer les échanges d'informations avec le PC de maintenance et le système de supervision.

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

- D'identifier les interruptions des faisceaux laser sur les capteurs en émission/réception et de traiter ces informations par un algorithme de filtrage du pantographe pour la détection de gabarit haut,
- D'identifier les dépassements des valeurs seuils des télémètres, ce qui signifie qu'un obstacle s'est positionné entre le sol et le capteur, et qu'un hors gabarit a donc été détecté,
- De compter le nombre d'essieux détectés par les détecteurs d'essieux afin de déterminer sur quel niveau du train un dépassement de gabarit a été détecté,
- De commander le déclenchement et l'arrêt du nettoyage des optiques des capteurs,
- D'enregistrer les données des capteurs démontrant une anomalie de gabarit sur le matériel roulant avec le numéro d'essieu correspondant,
- D'enregistrer les signaux d'alarmes issus des capteurs,
- D'ajouter l'identificateur du portique ayant détecté le hors gabarit,
- De préciser la position sur le train de la détection du hors gabarit (voie 1 ou 2, hors gabarit haut, nord, sud, nord-bas, sud-bas et le numéro d'essieu pour lequel la détection de gabarit a été réalisée).

Les informations transférées vers le système de signalisation ferroviaire et le système de supervision par le poste local seront :

- Les alarmes techniques avec l'identifiant du capteur ou de la partie du système en panne. Les alarmes techniques devront être traitées de telle sorte que le PCC en soit informé dans la minute,
- Les alarmes d'exploitation avec l'identifiant du portique et l'identifiant du capteur, et les infos sur la détection (position du hors gabarit sur le train). Les alarmes d'exploitation devront être traitées en moins d'une seconde.

Les informations échangeables entre le poste local et le PC de maintenance seront :

- Les informations permettant au terminal de maintenance de pouvoir réaliser des simulations de fonctionnement, de détecter des anomalies et de faire les réglages capteurs nécessaires,
- Un accès à l'état de tous les organes principaux du système (capteurs et organes internes du poste local).

5.2.2.3 Système de supervision

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

Les fonctions du système de supervision seront :

- D'ajouter la date et l'heure de la détection d'anomalie et/ou de l'alarme,
- De comparer les dates et heures des alarmes reçues avec les horaires de passage des trains afin de valider qu'il s'agit bien d'une alarme viable,
- De comparer les dates et heures des alarmes reçues avec le trafic prévu des trains afin de vérifier que le train ayant fait l'objet d'une détection de gabarit est bien destiné à emprunter les tunnels de la ligne nouvelle, et non la ligne historique. Le système de supervision devra donc être en interaction avec la GTF,
- 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.

Les alarmes d'exploitation seront prioritaires sur les alarmes techniques.

6. Synoptique d'implantation des détecteurs, Plan de détail

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

6.1 Synoptique d'implantation

Nous rappelons que la détection de hors gabarit ne s'appliquera qu'aux trains de fret et d'autoroute ferroviaire, seuls trains susceptibles d'être hors gabarit.

Calcul de la distance d'implantation minimal des portiques par rapport aux voies d'évitement avant les entrées du tunnel :

La distance maximale de freinage des trains de fret et d'autoroute ferroviaire circulant à des vitesses inférieures à 160km/h est de 1500m (voir soumission 43, § 2.3.15). Sur 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 une ligne nouvelle grande vitesse est définie dans la STI infrastructure à 35 mm/m. Nous majorerons cette valeur à 40 mm/m qui est la valeur maximale de pente que nous avons pu enregistrer à ce jour sur les réseaux ferrés français et italiens.

La distance maximale d'arrêt des trains est donc de $1500 + 40\% = 2100\text{m}$.

Compte tenu du fait que ce système sera installé sur le même portique que la détection thermographique, le temps de traitement et de réaction à une alarme sera porté au temps du système le plus contraignant, soit à 2 minutes, imposé par la détection thermographique.

A 160km/h, en 2 minutes, la distance parcourue est de **5400m**.

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

Les portiques devront donc être installés à au moins $2100+5400+750 = 8250\text{m}$ arrondi à **8300m** avant le début des voies d'évitement.

Cette distance pourra être augmentée en fonction des possibilités d'implantation sur site par rapport aux contraintes de mise en œuvre du portique.

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

Le plan d'implantation détaillé des détecteurs de gabarit est fourni sur le plan “ Plans de détails des portiques thermographiques ”.

6.2 Coupe type au droit des capteurs

Voir figure 12.

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 gabarits.

Chaque élément du système mis en place devra être résistant aux conditions d'environnement présentées dans les contraintes d'environnement. Nous pensons notamment aux vibrations générées par le passage des trains.

7.1 Coupe type au droit des capteurs

- Généralités

- o Normes à respecter

- NV65 et N84 : "règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions".

- o Spécifications fonctionnelles

- Pour l'application des règles de calcul des portiques on considèrera que la somme de l'ensemble des poids de chaque élément est appliquée à la verticale au milieu de la traverse.

- Tous les portiques seront équipés d'un système d'accessibilité, placé sur le côté d'un des montants. Cet accès sera protégé par un système anti-intrusion et par un dispositif anti-chute.

- Conception mécanique

Les portiques, les crinolines, et autres morceaux de la structure seront réalisés en aluminium d'au moins 4mm d'épaisseur.

Sur la hauteur des montants, devra être rattrapé le dévers ainsi que la différence de hauteur des massifs de support.

L'axe de la traverse devra être positionné de sorte qu'aucun des capteurs mis en place sur le portique ne soit plus près de la zone caténaire que la distance d'isolement électrique correspondant à l'électrification de la ligne.

- Contraintes de fonctionnement (Température / Humidité)

Les portiques seront dimensionnés pour résister aux efforts dus au vent et au poids de la neige sans rupture ni déformation. L'application des règles vent et neige se fera respectivement sur des zones 2 et 3 (classifications NV65 et N84). On considérera que le vent souffle perpendiculairement au portique pour les calculs à réaliser.

- Divers

- o Garantie
3 ans minimum

7.2 Capteurs

7.2.1 Télémètre

- Généralités

- o Normes à respecter
 - NF EN 60825 : "Sécurité des appareils à laser".
- o Spécifications fonctionnelles
 - Le télémètre devra être pourvu d'une fonction comparaison à une valeur seuil paramétrable.
 - La source lumineuse utilisée sera de type laser, de classe 1 ou 2.
 - Les télémètres seront prévus pour fonctionner sans réflecteur.
 - La durée de vie des sources lumineuses doit être d'environ 50 000h ou supérieure.
 - La distance focale du faisceau lumineux émis par le capteur sera réglable.
 - Fréquence de mesure et de transmission du signal : $\geq 60\text{Hz}$
 - Distance minimale de mesure : 1m
 - Distance maximale de mesure : 10m
 - Résolution : $<1\text{cm}$
 - Précision : $<15\text{cm}$
 - Reproductivité : $<15\text{cm}$

- Conception électrique
 - o Alimentation 24Vdc,
 - o Puissance consommée maximale : 6W.

- Entrées / Sorties
 - o 1 sortie contact sec pour la mesure

- Conception mécanique
 - o Dimensions : L = 250mm, l = 100mm, h = 100mm,
 - o Poids maximum : 2000g.

- Contraintes de fonctionnement (Température / Humidité)
 - o Température de fonctionnement : -40°C + 60°C,
 - o Taux d'humidité maximal : 90%.

- Divers
 - o Degré de protection IP 54
 - o Garantie 3 ans minimum

7.2.2 Laser en émission/réception pour la barrière

- Généralités
 - o Normes à respecter
NF EN 60825 : "Sécurité des appareils à laser".
 - o Spécifications fonctionnelles

La source lumineuse utilisée sera de type laser, de classe 1 ou 2.

La durée de vie des sources lumineuses doit être d'environ 50 000h ou supérieure.

La distance focale du faisceau lumineux émis par le capteur sera réglable.

Angle maximal de divergence du faisceau : 0.6°

Fréquence de mesure et de transmission du signal : ≥ 1 kHz

Distance minimale de mesure : 10cm

Distance maximale de mesure : 20m

- Conception électrique

Pour chaque module d'une paire émetteur / récepteur (soit à la fois pour l'émetteur, et pour le récepteur) :

- o Alimentation 24Vcc,
- o Puissance consommée maximale : 6W.

- Entrées / Sorties
 - o 1 sortie contact sec pour la mesure.

- Conception mécanique
 - o Pour chaque module d'une paire émetteur/récepteur :
 - o Dimensions : L = 100mm, l = 50mm, h = 80mm,
 - o Poids maximum : 2000g.

- Contraintes de fonctionnement (Température / Humidité)
 - o Températures de fonctionnement : -40°C à +60°C,
 - o Taux d'humidité maximal : 90%.

- Divers
 - o Degré de protection :
IP 54
 - o Garantie :
3 ans minimum

7.2.3 Poste local

- Généralités
 - o Normes à respecter
 - NF EN 61587-1 (essais climatiques, mécaniques et aspects de sécurité),
 - NF EN 61587-3 (essais de fonctionnement du blindage électromagnétique).
 - o Spécifications fonctionnelles
 - Les armoires seront de type "posé au sol".

Les 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
 - o L'armoire assurera la distribution électrique pour les équipements constitutifs du poste local (cartes de communication, calculateurs électroniques...) et des capteurs du portique.
 - o L'alimentation de chaque armoire sera faite en 230Vac secourue sans coupure dite "de sécurité" et en 400Vac secourue.

Dans l'armoire, des alimentations spécifiques seront prévues pour fournir l'énergie nécessaire aux capteurs du portique.

- Conception thermique

Un système de chauffage et de ventilation sera mis en place dans l'armoire afin de conserver l'intérieur à des températures acceptables (voir contraintes de fonctionnement).

- Conception mécanique

- o Encombrement : 900 de large, 800mm de profondeur, 2100 mm de haut,
- o Poids : 300kg,
- o Format des racks de l'armoire : 19'' au standard européen.

- Contraintes de fonctionnement (Température / Humidité)

- o Températures : entre -40°C et 60°C,
- o Taux d'humidité toujours inférieur à 90%.

- Divers

- o Degré de protection :
IP54.
- o Garantie :
3 ans minimum.

8. Eléments de mise en oeuvre et de maintenance

Après avoir décrit le système de détection de gabarits 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 gabarits du point de vu des capteurs, des portiques et des armoires.

8.1.1.1 Capteurs

Les lasers seront installés sur des rails permettant le réglage et l'ajustement de leur position selon les axes suivants (voir correspondance avec la figure 13) :

- Télémètres 1 et symétrique : déplacements autorisés selon l'axe j de ± 20 cm,
- Emetteurs et récepteurs 1&2 : déplacements autorisés selon l'axe k de $\pm 2,5$ cm dans l'espace qui sépare les émetteurs et récepteurs 1 des émetteurs et récepteurs 2, et ± 20 cm

vers les côtés extérieurs, ceci afin de pouvoir régler l'espacement des deux barrières laser en vue d'optimiser le filtrage des pantographes des trains (voir figure 16),

- Télémètres 2, 3, 4 et symétriques : déplacements autorisés selon l'axe i de ± 20 cm.

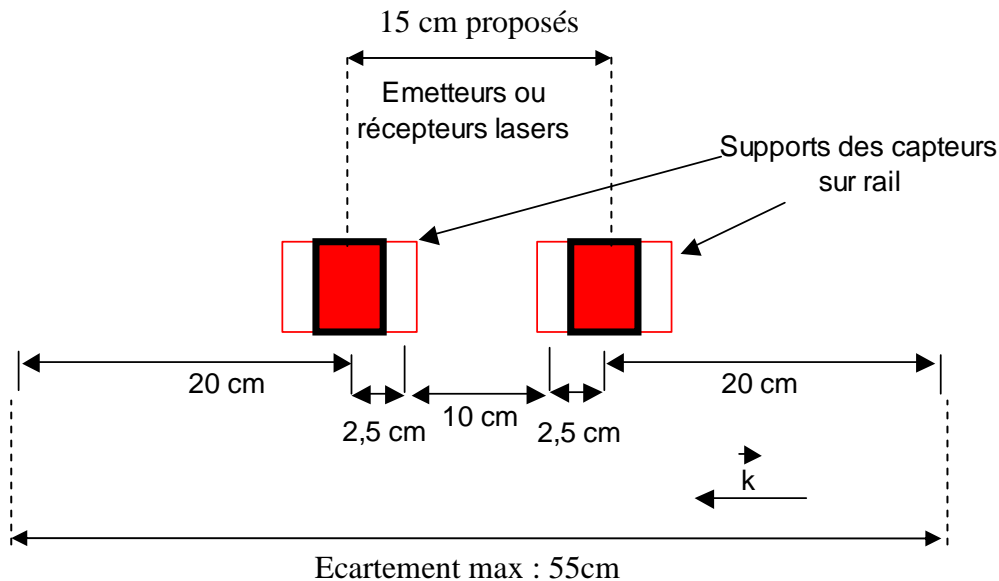


Figure 17 - Déplacements possibles des émetteurs et des récepteurs lasers

Le choix du côté du portique pour la pose des récepteurs lasers devra être fait en tenant compte du facteur suivant : le récepteur devra être disposé de telle sorte que les rayons du soleil n'entrent jamais dans la zone active du capteur, ce qui aurait pour effet de perturber la mesure.

La divergence des faisceaux lumineux des lasers sera utilisée afin de diminuer la contrainte sur l'alignement des capteurs en émission et en réception et de simplifier de ce fait leur mise en œuvre et les réglages associés. Il faudra toutefois veiller à ce que la taille du spot lumineux sur la distance séparant les émetteurs des récepteurs soit inférieure à l'écartement minimal des deux récepteurs minorés de 20%, soit que le diamètre du point lumineux soit inférieur à 8cm. Le réglage de la taille du spot lumineux se fera en jouant sur la distance focale de l'émetteur. Le diamètre du spot lumineux devra être réglé entre 6 et 8cm à la distance séparant les émetteurs des récepteurs.

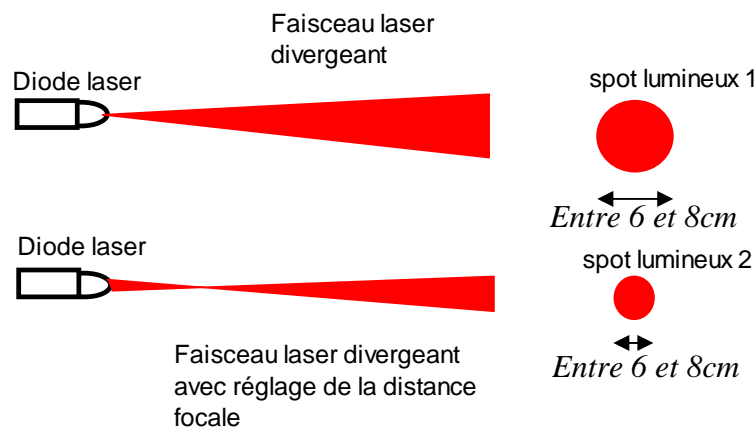


Figure 18 - Réglage de la distance focale du laser pour obtenir un spot lumineux entre 6 et 8cm

Il n'y a pas besoin de mettre les émetteurs et récepteurs des deux paires de capteurs en sens opposés car nous limitons le diamètre du spot lumineux à une valeur inférieure à l'écartement minimal des deux récepteurs. Les paires de capteurs émetteurs/récepteurs étant toujours éloignées d'au moins 10 cm, il n'y a pas de risque d'interférence entre les deux paires.

Pour limiter les effets des vibrations liés au passage des trains, tous les capteurs optiques mis en place devront être fixés sur le portique en utilisant des caoutchoucs amortisseurs de chocs.

On veillera à ce que les surfaces sur lesquelles pointeront les télémètres aient une réflectivité suffisante pour permettre les mesures envisagées. Si tel n'était pas le cas, une plaque métallique serait fixée au sol à l'aide de vis au lieu de visée des lasers, la perpendiculaire à la face de la plaque en direction de l'optique du capteur. La mise en œuvre de ces plaques ne devra pas gêner le trafic sur la voie ni le fonctionnement du reste du système.

Lors de la mise en œuvre des capteurs télémétriques, des tests devront être faits afin de déterminer la valeur de la précision des télémètres pour chaque capteur mis en place. Cette valeur sera retranchée à la valeur seuil dont le calcul est présenté au paragraphe 4.2.1.2.

On réglera la distance focale des télémètres utilisés pour les détections latérales des gabarits des trains à la moitié de la distance entre le capteur et le sol.

Les supports des capteurs de classe >1 devront intégrer un système qui empêche le faisceau lumineux issu des émetteurs d'entrer dans le champ visuel des personnes présentes dans les trains (nous rappelons que les lasers utilisés sont de classe 2 et qu'un contact prolongé avec l'œil peut endommager la rétine). Ce système sera composé d'une pièce métallique mate coudée, placée de telle manière qu'elle arrêtera tout faisceau lumineux issu d'un émetteur vers la voie (voir figure 18).

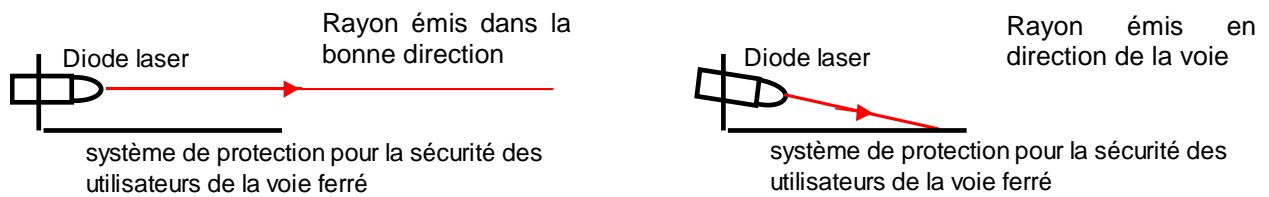


Figure 19 - Système de protection des utilisateurs de la voie ferré

Note : Tout capteur dont les températures de fonctionnement ne respecteraient pas les contraintes de fonctionnement liées à la température définies dans les spécifications techniques devra être intégré dans un boîtier thermostaté.

Détecteurs électroniques de roue :

Détecteurs magnétiques :

Le montage à la voie des détecteurs magnétiques se fera par griffe, sous le portique.

Le détecteur sera monté sur une équerre qui le rendra insensible aux vibrations générées par le passage des trains.

Une protection pédale sera utilisée afin de protéger les détecteurs des chocs de pièces traînantes.



Figure 20 - Photo de montage des détecteurs d'essieux sur griffe avec protection du capteur

Electronique de traitement des détecteurs d'essieux :

L'électronique de traitement enfermée dans un coffret sera positionnée à proximité des détecteurs magnétiques, fixée directement au portique.

Câbles :

Les câbles utilisés pour faire la liaison entre les détecteurs d'essieux et l'électronique de traitement des détecteurs d'essieux ont une longueur limite d'environ 6m. Cette distance maximale devra être respectée lors de la mise en œuvre de ces capteurs.

Les câbles utilisés pour faire la liaison entre les électroniques de traitement des détecteurs d'essieux et le poste local correspondant seront installés en caniveau ou directement dans le ballast sous gaine de protection.

8.1.1.2 Portique

Il faudra prévoir d'implanter les portiques de détection de gabarit sur une section plate : les mesures sur le gabarit des trains devront être réalisées sur une section de voie dont le plan de roulement est horizontal et ce sur une distance suffisamment longue pour que chaque train soit stable dans sa position. Ceci impose implicitement que la zone d'implantation du portique soit sur une section en ligne droite de pente nulle ou faible, sans aiguillage.

Le choix de ne mettre qu'un seul télémètre pour chaque détection latéral des trains a été fait afin d'éviter de perdre en résolution sur la détection des objets hors-gabarits. Pour la gestion des parasites tels que les feuilles d'arbres lors de l'exploitation des portiques, il faudra prévoir d'implanter ces portiques sur des zones non arborées avec des feuillus.

L'installation des portiques se fera après la pose des voies et de la caténaire. Cependant, à cause des vibrations générées par le passage des trains et de l'affaissement des voies sur ballast, le portique devra être mis en œuvre de telle sorte que la distance du portique aux rails et à la plate-forme soit fixe (distance latérale et horizontale). Nous proposons donc de mettre en place les portiques sur des massifs bétons solidaires des blochets/traverses soutenant les rails de la voie sur laquelle est réalisée la détection. Le massif béton de fondation des portiques devra être d'une seule pièce afin d'éviter l'affaissement hétérogène des montants du portique.

On veillera à ce que la distance entre les capteurs et les postes locaux ne dépasse pas 40m à cause de l'atténuation des signaux électriques sur la distance.

Les tests et réglages fins des positionnements des capteurs optiques pourront être réalisés sur le premier portique qui sera mis en œuvre.

8.1.1.3 Armoires

Chaque poste local sera placé dans une armoire, à proximité du portique correspondant. 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 de voie ne dépasse pas la distance limite admissible de 40m. Les postes locaux ne pourront donc pas être installés à plus de 40m de la voie.

8.2 Maintenance

Nous établissons ici, pour le système de détection de gabarits, les opérations à effectuer et leurs périodicités en terme 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.

8.2.1 Préventive

La maintenance préventive est souvent due à l'encrassement des capteurs. Pour les capteurs constitutifs du système de détection de gabarits, il n'y a pas de détecteur d'encrassement prévu. Il faudra donc prévoir le nettoyage régulier des capteurs.

Valeurs estimées de la fréquence des opérations de maintenance nécessaires :

- Capteurs télémétriques 6 mois
- Barrière simple 6 mois
- Détecteur d'essieux : 12 mois.
- Poste local : 12 mois.

Un recalibrage devra être réalisé sur les capteurs laser au bout de 25 000 heures de fonctionnement.

8.2.2 Corrective

Le dispositif de détection de dysfonctionnement sert à prévenir de la nécessité d'une opération de maintenance corrective (détection de dysfonctionnement par absence de signal ou capture de signal incohérent issu des capteurs). On peut aussi estimer la date à laquelle le capteur devra être changé en fonction de son utilisation et de son MTBF, sachant que l'élément le plus fragile du capteur est la diode laser.

Valeurs estimées de la fréquence des opérations de maintenance nécessaires :

- Capteurs télémétriques : > 12 mois (MTBF diode laser = 50 000h),
- Barrière simple : > 12 mois (MTBF diode laser = 50 000h),
- Détecteur d'essieux : > 12 mois,
- Poste local : > 12 mois.

8.2.3 Rénovation ou maintenance extraordinaire

Les opérations de maintenance extraordinaire sur les équipements de voies seront le plus souvent liées à la détérioration du matériel par le matériel roulant. Pièces traînantes, déraillement des trains, malveillance... 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 de détection de gabarit de thermographique.

Le bilan de puissance se fera donc en considérant le fonctionnement des équipements d'un portique.

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

Désignation	Puissance unitaire (VA)	Quantité	Consommation nominale (VA)
Système complet SIL4 portique hors gabarit sur voies double	4000	2	8000
Système complet SIL4 portique détection gabarit sur voie unique	2000	2	4000
Poste local	1000	4	4000
Réserve	20%		320
Total			16 320

**Les détecteurs d'essieux sont comptabilisés avec les portiques thermographiques.*

Tableau 3 - Bilan de puissance

Pour chaque TGBT alimentant un portique sur un site d'implantation de détection de gabarits, les besoins en énergie sont donc de **4kVA** maximum.

Nous estimons que la totalité du système de détection de gabarit en ajoutant les deux postes centraux, compte tenu des 4 sites d'implantation des portiques, consommera **20 kVA**.

Un poste central consomme **1,8 kVA**.

10. Annexes

Caractéristiques des détecteurs de gabarit / Relazione Tecnica Caratteristiche dei rivelatori di Gabarit

10.1 Annexe 1

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	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	2		1		2	1	1	

Tableau 4 – Conditions d'environnement

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

10.2 Annexe 2

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

Caractéristiques des détecteurs de gabarit / Relazione Tecnica Caratteristiche dei rivelatori di Gabarit

		2	Significatif
AP	Sismique	1	Négligeable
		2	Faible
		3	Moyen
		4	Fort
AQ	Foudre	1 2	Négligeable 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 5 - 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.

SOMMAIRE / INDICE

RESUME/RIASSUNTO	60
1. INTRODUZIONE	61
2. GLOSSARIO.....	62
3. PRESENTAZIONE DEL SISTEMA DI RILEVAZIONE DI SAGOMA.....	62
3.1 Presentazione generale.....	62
3.2 Obiettivi del sistema	62
3.3 Topologia e geometria delle opere	63
3.4 Quadro normativo	63
3.4.1 Direttive europee e norme STI.....	63
3.4.2 Norme CIG.....	64
3.4.3 Altre norme	64
3.5 Vincoli e prestazioni	64
3.5.1 Vincoli.....	64
3.5.1.1 Vincoli di sicurezza.....	64
3.5.1.2 Vincoli ambientali.....	65
3.5.1.3 Vincoli ambientali.....	65
3.5.1.4 Vincoli di realizzazione	66
3.5.1.5 Vincoli di evolutività	66
3.5.2 Prestazioni.....	66
3.5.2.1 Sintesi.....	67
3.5.2.2 Misura	67
3.5.2.3 Tempi di reazione.....	67
3.5.2.4 Affidabilità	67
3.5.2.5 Manutenzione.....	67
3.5.2.6 Disponibilità.....	67
4. ANALISI DELLE TECNOLOGIE	68
4.1 Tecnologia di scansione di misura tramite laser.....	69
4.1.1 Descrizione	69
4.1.1.1 Rilevazione di oggetto	69
4.1.1.2 Controllo di presenza	70
4.1.2 Vantaggi.....	72
4.1.3 Inconvenienti.....	72
4.2 Tecnologia di telemetria laser.....	73
4.2.1 Descrizione	73
4.2.2 Vantaggi.....	73
4.2.3 Inconvenienti.....	74
4.3 Tecnologia a base di barriera laser	74
4.3.1 Descrizione	74
4.3.2 Vantaggi.....	75
4.3.3 Inconvenienti.....	75
4.3.4 Tecnologia del portale con sensori di contatto.....	75
4.3.5 Descrizione	75
4.3.6 Vantaggi.....	76
4.3.7 Inconvenienti.....	76

4.4	Tecnologia a ultrasuoni.....	76
4.4.1	Descrizione	77
4.4.2	Vantaggi.....	77
4.4.3	Inconvenienti.....	77
4.5	Sintesi	77
5.	STUDIO DELL'ARCHITETTUTA E ANALISI FUNZIONALE.....	82
5.1	Architettura	82
5.1.1	Architettura generale.....	82
5.1.2	Sicurezza	83
5.1.3	Sensori.....	83
5.1.4	Portale	84
5.1.5	Cavo di trasmissione e di alimentazione elettrica.....	87
5.1.6	Postazioni	87
5.1.6.1	Postazione locale.....	88
5.1.7	Interfacce.....	88
5.2	Analisi funzionale.....	89
5.2.1	Funzionamento del sistema.....	89
5.2.1.1	Rilevazione di sagome alte	89
5.2.1.2	Rilevazione di sagome laterali	91
5.2.2	Utilizzo del sistema.....	93
5.2.2.1	Impianti di terra.....	94
5.2.2.2	Trattamento locale.....	94
5.2.2.3	Sistema di supervisione.....	96
6.	PRESENTAZIONE SINOTTICA DI COLLOCAZIONE DEI RIVELATORI - DISEGNO DI DETTAGLIO	96
6.1	Presentazione sinottica di collocazione	96
6.2	Sezione tipo perpendicolarmente ai sensori	97
7.	PRESCRIZIONI TECNICHE	97
7.1	Sezione tipo perpendicolarmente ai sensori	97
7.2	Sensori	98
7.2.1	Telemetro	98
7.2.2	Laser in emissione/ricezione per la barriera	99
7.2.3	Postazione locale.....	100
8.	ELEMENTI DI MESSA IN OPERA E DI MANUTENZIONE.....	101
8.1	Messa in opera	101
8.1.1	Descrizione	101
8.1.1.1	Sensori.....	101
8.1.1.2	Portale	104
8.1.1.3	Armadi	105
8.2	Manutenzione	105
8.2.1	Preventiva	105
8.2.2	Correttiva	106
8.2.3	Rinnovo o manutenzione straordinaria	106
9.	BILANCIO DI POTENZA.....	106
10.	ALLEGATI.....	107
10.1	Allegato 1.....	108
10.2	Allegato 2.....	109

LISTE DES FIGURES / INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Schema di funzionamento dello scanner di misura tramite laser	69
Figura 2 - Schema di funzionamento dello scanner in modalità «controllo di presenza»	70
Figura 3 - Applicazione dello scanner al controllo di presenza per la rilevazione del fuori sagoma.....	71
Figura 4 - Definizione del parallelepipedo di accecamento a larghezza e inclinazione variabile a seconda della velocità dei treni.....	72
Figura 5 - Principio di funzionamento della rilevazione di ostacoli	74
Figura 6 - Rilevazione di fuori sagoma con portale a sensori di contatto.....	76
Figura 7 - Esempio di zona di accecamento per un treno alla velocità V1	79
Figura 8 - Esempio di zona di accecamento con la tecnologia basata sull'emissione/ricezione laser	80
Figura 9 - Definizione delle zone a rischio delle sagome basse nel tunnel.....	81
Figura 10 - Schema dell'architettura generale del sistema di rilevazione di sagoma	82
Figura 11 - Esempio di profilo di rilevazione fuori sagoma	84
Figura 12 - Impossibilità di rilevazione di sagoma a livello basso delle facciate con incrocio di treni	84
Figura 13 - Esempio di portale con collocazione dei due sistemi (termografico e sagoma)..	85
Figura 14 - Schema generale del portale di rilevazione di sagoma	87
Figura 15 - Principio di utilizzo di una coppia di emettitori / ricevitori laser per rilevare oggetti.....	90
Figura 17 - Spostamenti possibili degli emettitori e dei ricevitori laser	102
Figura 18 - Regolazione della distanza focale del laser per ottenere un punto luminoso tra 6 e 8cm	103
Figura 19 - Sistema di protezione degli utilizzatori della ferrovia.....	103
Figura 20 - Foto di montaggio dei rivelatori di assi su gancio con protezione del sensore.	104

LISTE DES TABLEAUX / INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Larghezza del parallelepipedo di accecamento in funzione della velocità dei treni	71
Tabella 2 - Larghezza minima degli oggetti rilevabili in funzione della velocità dei treni ...	73
Tabella 3 - Bilancio di potenza.....	107
Tabella 4 - Condizioni ambientali	108
Tabella 5 - Influenze esterne	110

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.

Les portiques de détection de gabarit ont pour objectif de détecter tout dépassement du gabarit d'obstacle des trains de marchandise afin de pouvoir les arrêter avant leur entrée dans les tunnels.

Ils sont constitués de barrières et de télémètres laser scrutant toute la périphérie des trains, et ils sont positionnés sur les voies (ligne nouvelle et ligne historique) permettant l'accès aux tunnels de la zone LTF.

Leurs structures métalliques supportent aussi les détecteurs thermographiques.

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

Per segnalare con sollecitudine al PCC la necessità di adottare misure di esercizio e/o di sicurezza, diversi sistemi controllano le parti ferroviarie e non ferroviarie di questa zona.

I portali di rilevazione di sagome si prefiggono di individuare i superamenti di sagoma d'ostacolo dei treni merci per poterli fermare prima della loro entrata nei tunnel.

Sono costituiti da barriere e da telemetri laser che scansionano tutta la periferia dei treni e sono collocati sui binari (linea nuova e linea storica) che permettono l'accesso ai tunnel della zona LTF.

Le loro strutture metalliche sostengono anche i rivelatori termografici.

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 propagante la fiamma
CIG	Commissione Intergovernativa franco-italiana
CR1/C1	Cavo resistente al fuoco e non propagante l'incendio
GTF	Gestione Tecnica Ferroviaria
IK	Indice di resistenza agli urti meccanici
IP	Indice di protezione
LTF	Lyon Turin Ferroviaire
MTBF	Mean Time Between Failures
PCC	Posto di Comando Centralizzato
RFF	Réseau Ferré de France
RFI	Rete Ferroviaria Italiana
SIL	Security Integrity Level
STI	Specifiche Tecniche di Interoperabilità
TGBT	Tabella Generale Bassa Tensione
UIC	Unione internazionale delle ferrovie

13. Presentazione del sistema di rilevazione di sagoma

Presentiamo nel seguito del documento il sistema di rilevazione di sagome (gabarit) installato per le apparecchiature di sicurezza. A tal fine, dopo aver ricollocato il sistema nel suo contesto ed averne enunciato gli obiettivi, concentreremo la nostra attenzione sulle opere e sui quadri normativi che possono avere su di esso un impatto. Elencheremo da ultimo i vincoli ai quali è soggetto e le prestazioni da ottenere.

13.1 Presentazione generale

La sagoma ferroviaria (o gabarit ferroviario) designa il profilo trasversale di un veicolo ferroviario. Tale profilo è oggetto di una precisa normazione. Deve tenere conto della sagoma degli ostacoli, che è il profilo che deve essere mantenuto libero negli impianti ferroviari.

Il diametro dei tunnel della zona internazionale è stato definito sulla base di una sagoma di ostacolo massima. Solo i treni la cui sagoma cinematica (sagoma del materiale rotabile tenendo conto degli spostamenti geometrici e dinamici ai quali sono soggetti i veicoli dalla flessibilità delle loro sospensioni) non eccede la sagoma di ostacolo massima del tunnel saranno autorizzati a percorrere i tunnel. I treni che non dovessero rispettare questo vincolo potrebbero danneggiare la struttura del tunnel.

13.2 Obiettivi del sistema

La rilevazione della sagoma dovrà essere effettuata su ciascuna delle linee storica e nuova provenienti dalle reti RFF e RFI, a prescindere dal senso di circolazione dei treni, e questo affinché i treni che potranno percorrere il tunnel della linea nuova siano stati oggetto di una verifica di conformità.

Il dispositivo di rilevazione di sagoma dovrà essere in grado di rivelare gli eventuali superamenti della sagoma di ostacolo dei treni onde evitare gravi collisioni con uno dei tunnel della zona LTF.

Questa rilevazione di sagoma dovrà essere effettuata su tutti i treni merci e di autostrada ferroviaria che dovranno percorrere i tunnel della linea nuova, essendo tali treni i soli in grado di presentare delle problematiche di fuori sagoma.

13.3 Topologia e geometria delle opere

Le caratteristiche del sistema di rilevazione di sagoma dipenderanno per lo più:

- Dal tracciato delle linee ferroviarie a livello dei siti di installazione,
- Dagli impianti civili (tunnel) presenti sui binari esternamente ai tunnel principali,
- Dai possibili accessi dalla linea storica e nuova alla zona LTF.

13.4 Quadro normativo

Il presente paragrafo riporta le diverse regolamentazioni, norme e standard in Europa, in Italia, in Francia e a livello internazionale che producono un impatto sullo studio del sistema di rilevazione di sagoma.

La priorità di applicazione delle norme considerate per questo progetto sarà conforme alla Consegna 37 relativa ai principi del quadro normativo della sicurezza (paragrafo 2.5 Gerarchia delle norme):

- le direttive europee e le norme STI si applicano al progetto in modo prioritario,
- in loro assenza, le regole stabilite dalla CIG prevalgono sulle norme nazionali. La CIG può emanare regole più severe delle direttive europee e delle norme STI, tranne per il materiale rotabile,
- in assenza di direttiva europea, di norma STI o di regola della CGI, troverà applicazione la norma nazionale più severa, fatto salvo il mantenimento della coerenza di insieme delle disposizioni.

Le regole sono le stesse per l'intera parte comune (ovverosia nei due tunnel di base e di interconnessione).

13.4.1 Direttive europee e norme STI

In questo paragrafo riportiamo tutte le norme e le direttive europee unitamente alle Specifiche Tecniche di Interoperabilità.

- Specifiche Tecniche di Interoperabilità riprese dalle decisioni seguenti del Consiglio europeo: 2002/730/CE, 2002/731/CE, 2002/732/CE, 2002/733/CE, 2002/734/CE e 2002/735/CE,
- Direttiva del Consiglio Europeo n. 96/48/CE (relativa all'interoperabilità del sistema ferroviario trans-europeo ad alta velocità in materia di sicurezza),

- Direttiva del Consiglio Europeo n. 73/23/CEE: direttiva “bassa tensione”,
- NF EN 61587-1: "Prove climatiche, meccaniche e aspetti di sicurezza per armadi, telai, sottotelai e chassis",
- NF EN 61587-3: "Prove di funzionamento della schermatura elettromagnetica per armadi, telai, sottotelai e chassis”
- NF EN 60825: "Sicurezza degli apparecchi laser".

13.4.2 Norme CIG

Dopo aver elencato i regolamenti europei, i quali prevalgono sugli altri, riportiamo i criteri emanati dalla CIG e applicabili al sistema di rilevazione delle sagome.

- Consegna 37 paragrafo 3.1.1 sugli elementi costitutivi dei cavi.

13.4.3 Altre norme

Infine, dopo i regolamenti europei e quelli della CIG, riportiamo qui le norme nazionali e internazionali che non rientrano nelle prime due categorie.

- IEC 364-3: "Impianti elettrici degli edifici – determinazione delle caratteristiche generali”
- Codice UIC 779-9: "Sicurezza nelle gallerie ferroviarie"
- Scheda UIC 606-1: "Conseguenze dell'applicazione delle sagome cinematiche definite dalle schede UIC 505 sulla progettazione del sistema della catenaria”
- Scheda UIC 505-1: "Materiale di trasporto ferroviario – Sagoma di costruzione del materiale rotabile"
- Scheda UIC 608: "Condizioni da rispettare per i pantografi dei veicoli a motore utilizzati nei servizi internazionali"
- IEC 61508: Sicurezza funzionale dei sistemi elettrici, elettronici ed elettronici programmabili
- Codici del lavoro francese e italiano

13.5 Vincoli e prestazioni

Dopo aver specificato le indicazioni generali concernenti il sistema di rilevazione di sagoma e considerato le opere e i regolamenti vincolanti, riportiamo i vincoli fisici ai quali esso è soggetto, specificando in seguito le prestazioni da ottenere.

13.5.1 Vincoli

Il presente paragrafo specifica i vincoli di qualsiasi tipo ai quali dovranno sottostare la progettazione e la realizzazione del sistema di rilevazione di sagoma.

13.5.1.1 Vincoli di sicurezza

- Vincoli funzionali

Occorre rilevare il superamento di sagoma prima dell'entrata del treno nel tunnel a una distanza tale da consentire al treno di fermarsi prima di entrarvi.

- Sicurezza di beni e persone

Gli impianti del sistema messi in opera dovranno essere progettati e realizzati in piena conformità ai regolamenti e alle norme vigenti in materia di sicurezza di beni e persone.

13.5.1.2 Vincoli ambientali

All'esterno, le condizioni ambientali sono quelle di una valle alpina con imbocchi di tunnel a 600 m d'altitudine circa. Le condizioni climatiche possono essere di tipo grandine o neve. Possono altresì essere presenti delle sostanze organiche in sospensione nell'aria (foglie, uccelli...). In aggiunta, quando piove, si forma un alone attorno ai treni che può interferire con le misure. Tutti questi elementi possono porre dei vincoli al nostro sistema.

Sul materiale a terra potranno spandersi numerosi grassi e altre sostanze parassite.

Il passaggio del treno potrà produrre degli spostamenti d'aria importanti.

Il passaggio dei treni nelle canne genererà delle forti vibrazioni.

13.5.1.3 Vincoli ambientali

- Utilizzo

I rivelatori di sagoma dovranno poter rivelare i fuori sagoma dei treni con sufficiente anticipo in modo tale da permettere a tutti i treni di fermarsi nelle aree apposite, ovvero i binari di incrocio nelle stazioni di Saint-Jean-de-Maurienne e di Bussoleno.

I treni dovranno circolare nei due sensi su ciascun binario.

La velocità dei treni nelle zone di rilevazione sarà compresa tra 100 e 220 km/h. I treni merci e dell'autostrada ferroviaria transiteranno a velocità inferiori a 160 km/h e in particolare a 120 km/h.

- Manutenzione

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

La manutenzione prevista sarà di 2 ore per binario, uno dopo l'altro, di giorno, per la linea storica.

A scopo di chiarimento, si precisano le seguenti nozioni:

“Per manutenzione preventiva si intende un tipo di manutenzione effettuata a intervalli predeterminati, o in accordo a criteri prescritti, che mira a ridurre le probabilità di guasto o il deterioramento del funzionamento di un'entità.

Per manutenzione correttiva si intende la manutenzione effettuata dopo aver constatato un guasto e che mira a ripristinare un'entità rendendola nuovamente in grado di svolgere la funzione richiesta.

Per manutenzione eccezionale si intende un'azione intrapresa volontariamente volta a migliorare l'affidabilità e/o a rinforzare l'infrastruttura per mezzo di interventi che aumentano il valore del patrimonio".

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

13.5.1.4 Vincoli di realizzazione

- Installazione

I portali di rilevazione di sagoma dovranno essere installati su entrambi i binari. Affinché il sistema possa essere operativo su ciascun treno anche durante l'incrocio dei due treni, l'interasse, ovvero la distanza tra i due binari, rappresenta un vincolo per il nostro sistema.

A causa del peso dei convogli che percorreranno le linee nuove e storiche, bisogna prevedere un abbassamento dei binari a seconda del rivestimento impiegato per sostenere le rotaie. Questo abbassamento può essere nell'ordine di 10 cm. I requisiti sulla precisione della misura delle sagome del nostro sistema sono nell'ordine del centimetro e il sistema sarà dimensionato per un'altezza di suolo iniziale. L'abbassamento dei binari è quindi un vincolo da prendere in considerazione per il nostro sistema.

Il comportamento dei treni differisce durante le curve o, più in generale, nelle pendenze del binario, a causa di diversi parametri fra cui la velocità di passaggio, lo stato delle sospensioni, l'asimmetria del treno o del suo carico... La misura sulla sagoma non potrà adattarsi a tutti questi parametri. Il sistema sarà quindi vincolato dalle pendenze e dalle declività presenti nel progetto.

13.5.1.5 Vincoli di evolutività

Le unità di trattamento dei rivelatori di sagoma lato Saint Jean de Maurienne e Bruzolo saranno dimensionate tenendo conto delle esigenze finali degli impianti del sistema.

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

13.5.2 Prestazioni

Dopo aver considerato i diversi vincoli ai quali è soggetto il sistema di rilevazione di sagoma, definiamo le prestazioni che esso deve ottenere. Le prestazioni sono state suddivise in sette punti. Vedremo innanzitutto le prestazioni generali, poi quelle legate alla precisione della misura e poi quelle di utilizzo, affidabilità, manutenibilità e disponibilità. Tratteremo da ultimo quelle che non rientrano nelle categorie che precedono.

13.5.2.1 Sintesi

In generale, il sistema dovrà rispettare tutti i vincoli di seguito specificati.

Nell'ipotesi in cui i superamenti di sagome siano possibili solo sui treni merci e autostradali, i portali saranno dimensionati e posizionati sulla base di una velocità massima di rilevazione di 160 km/h.

13.5.2.2 Misura

La rilevazione di sagoma dovrà poter rilevare oggetti le cui dimensioni possano danneggiare il tunnel in caso di contatto. Le dimensioni degli elementi rilevati saranno limitate dalla tecnologia utilizzata.

La precisione che ci si può attendere dal sistema è indicata nella parte 3 intitolata “Analisi delle tecnologie”.

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

13.5.2.3 Tempi di reazione

Il sistema dovrà inviare un allarme al PCC al più tardi 10 secondi dopo che un superamento di sagoma sarà stato rilevato dal portale.

13.5.2.4 Affidabilità

Durante il normale utilizzo del sistema, la generazione di falsi allarmi non dovrà essere superiore a 1 ogni 1000 allarmi generati, indipendentemente dal fatto che si tratti di allarmi di utilizzo o tecnici.

13.5.2.5 Manutenzione

- Preventiva:
Il tempo tra due manutenzioni preventive non potrà essere inferiore a 3 mesi.
- Correttiva:
Il tempo tra due manutenzioni correttive su uno stesso componente di apparecchio non potrà essere inferiore a 12 mesi.
- Correttiva:

Eccezionale: senza oggetto

13.5.2.6 Disponibilità

Gli impianti del sistema di rilevazione di sagoma situati sulla linea nuova saranno al massimo non disponibili 4 ore la notte ogni due giorni.

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

14. Analisi delle tecnologie

Il presente paragrafo propone un'analisi comparativa delle tecnologie attualmente presenti sul mercato e, nella misura del possibile, di quelle che saranno sviluppate a breve e medio termine.

L'obiettivo di questa analisi è duplice:

- da un lato, proporre la tecnologia corrente più appropriata rispetto ai vincoli, agli obiettivi e alle prestazioni precedentemente indicati; dall'altro,
- rilevare subito le tecnologie che, benché oggi ancora considerate affidabili, saranno obsolete a medio termine e pertanto da evitare in sede di realizzazione dell'opera.

Per realizzare la funzione di rilevazione di sagoma, proponiamo la valutazione di cinque diverse tecnologie: le prime tre basate sull'impiego del laser, la quarta sulla rilevazione tramite contatto e l'ultima basata sugli ultrasuoni.

Nota 1: se il sistema deve utilizzare una tecnologia basata sul laser, solo i laser di classe 1 e 2 saranno tollerati, essendo queste classi le sole considerate prive di pericolo.

Nota 2: nella presentazione delle tecnologie basate sull'uso del laser, parleremo spesso di "riflessività" dei materiali. La riflessione in fisica è il cambio di direzione di un'onda (luminosa, sonora...) che incontra un corpo interposto. Per la nostra applicazione, la riflessività di un materiale è quindi il tasso di luce riflessa dalla superficie di questo materiale illuminato da una fonte luminosa. Questo tasso è definito secondo un riferimento (ad esempio la riflessività della carta bianca è del 100%). Qualsiasi superficie illuminata da una fonte luminosa il cui tasso di luce riflessa sia superiore a questo valore di riferimento potrà pertanto avere un tasso di riflessività superiore al 100%.

Esempi di riflessività:

- Carta bianca: 100%,
- Cartone grigio: 20%,
- Cartone nero opaco: 10%,
- Legno: 40%,
- PVC grigia: 50%,
- Alluminio anodizzato nero: dal 110 al 150%,
- Acciaio non arrugginito, brillante: dal 120 al 150%,
- Schiuma di gomma nera: circa 2%,
- Riflettori: >2000%.

14.1 Tecnologia di scansione di misura tramite laser

Dopo lo studio dei sistemi impiegati oggi per la rilevazione delle sagome ferroviarie e autostradali, tenteremo di descrivere in questo paragrafo una tecnica che permette di scansionare un piano con l'ausilio di un laser.

14.1.1 Descrizione

Si tratta della combinazione di un telemetro a tempo di volo e di un sistema di rotazione del fascio di misura da cui si ottiene un telemetro di misura con scansione in 2D.

Il dispositivo può essere impiegato in molti modi diversi, ad esempio per la rilevazione di oggetti o per il controllo di presenza in una data superficie.

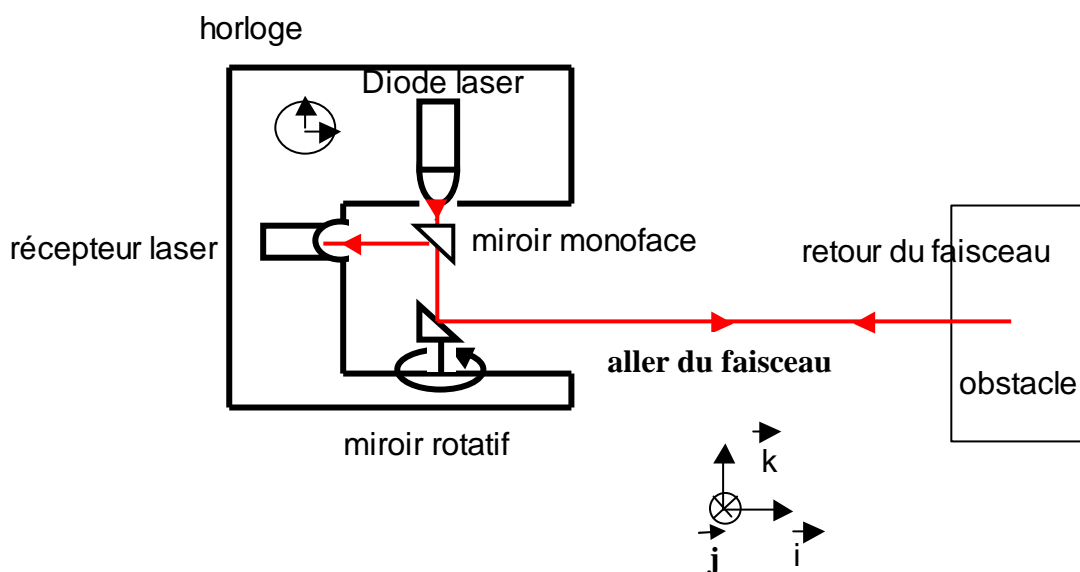


Figura 21 - Schema di funzionamento dello scanner di misura tramite laser

14.1.1.1 Rilevazione di oggetto

Un impulso luminoso molto breve (tiro) viene emesso dal diodo laser. Contemporaneamente viene avviato un orologio. Il fascio luminoso emesso viene deviato da uno specchio rotante. L'impulso luminoso viene rinvio 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 a percorrere la distanza sensore/oggetto e poi oggetto/sensore. La posizione dell'oggetto nel piano (i, j) (vedere Figura 1) è determinata conoscendo la posizione angolare del tiro.

È possibile avere una frequenza di rotazione dello specchio nell'ordine di 75Hz. Si ottiene quindi una scansione ogni 13 ms.

14.1.1.2 Controllo di presenza

Una zona di rilevazione di presenza o “zona di scansione” viene definita attorno al sensore. Si tratta, a tal fine, di definire per ciascun angolo di tiro un tempo di “zona di scansione” durante il quale il fascio laser non dovrà incontrare alcun ostacolo.

Il principio fisico di funzionamento è lo stesso del metodo della rilevazione di oggetto. Solo il trattamento differisce.

Il tempo ottenuto tra il “tiro” e la ricezione del fascio da parte del ricevitore dopo l’incontro con un ostacolo è chiamato “tempo di ostacolo”.

Se questo “tempo di ostacolo” è superiore di due volte al tempo della “zona di scansione” (tempo doppio legato all’andata-ritorno sensore/oggetto), si deduce che nessun ostacolo si trova nella zona di studio per questo angolo di tiro. Se, al contrario, il “tempo di ostacolo” è inferiore o uguale a due volte il tempo della “zona di scansione”, vuol dire che un ostacolo è presente nella zona di studio per questo angolo di tiro.

L’operazione viene ripetuta per ciascun angolo di tiro.

Esempio di definizione della zona di scansione:

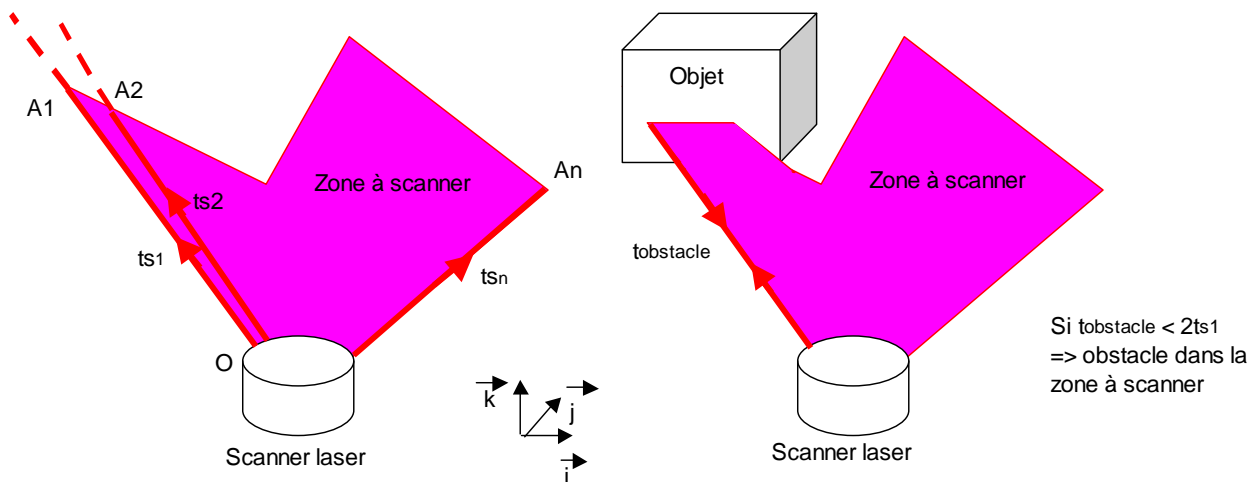


Figura 22 - Schema di funzionamento dello scanner in modalità «controllo di presenza»

Si definisce la zona di scansione seguente grazie al tempo di propagazione dell’onda in funzione della distanza percorsa dal raggio ($d=v.t$).

ts_1 è il tempo impiegato da un raggio per andare dal punto O al punto A.

Si definisce la regola seguente:

- Se, al termine di $2ts_1$, nessun raggio è tornato al sensore, nessun oggetto si trova in questo campo.

Si ripete poi l’operazione con ts_2 , fino a ts_n .

Applicazione alla rilevazione di sagoma:

Per la nostra applicazione, è quindi possibile definire il profilo della sagoma da non superare e verificare che nessun corpo vi penetri al momento del passaggio di un treno.

Una tale tecnologia è prospettabile per verificare sui profili ammissibili nel tunnel che nessun elemento del materiale rotabile superi la sagoma massima autorizzata (vedere la Figura 3).

A seconda della velocità dei treni, le dimensioni minime degli oggetti rilevabili varia. Sapendo che il tempo di scansione totale è nell'ordine di 13 ms, le dimensioni della larghezza del parallelepipedo di accecamento è la seguente (vedere la Figura 4 per la definizione di parallelepipedo di accecamento):

Velocità dei treni	Larghezza del parallelepipedo di accecamento corrispondente
100 km/h	36 cm
120 km/h	44 cm
140 km/h	50,7 cm
160 km/h	58,5 cm
220 km/h	80,6 cm
250 km/h	91 cm

Tabella 6 - Larghezza del parallelepipedo di accecamento in funzione della velocità dei treni

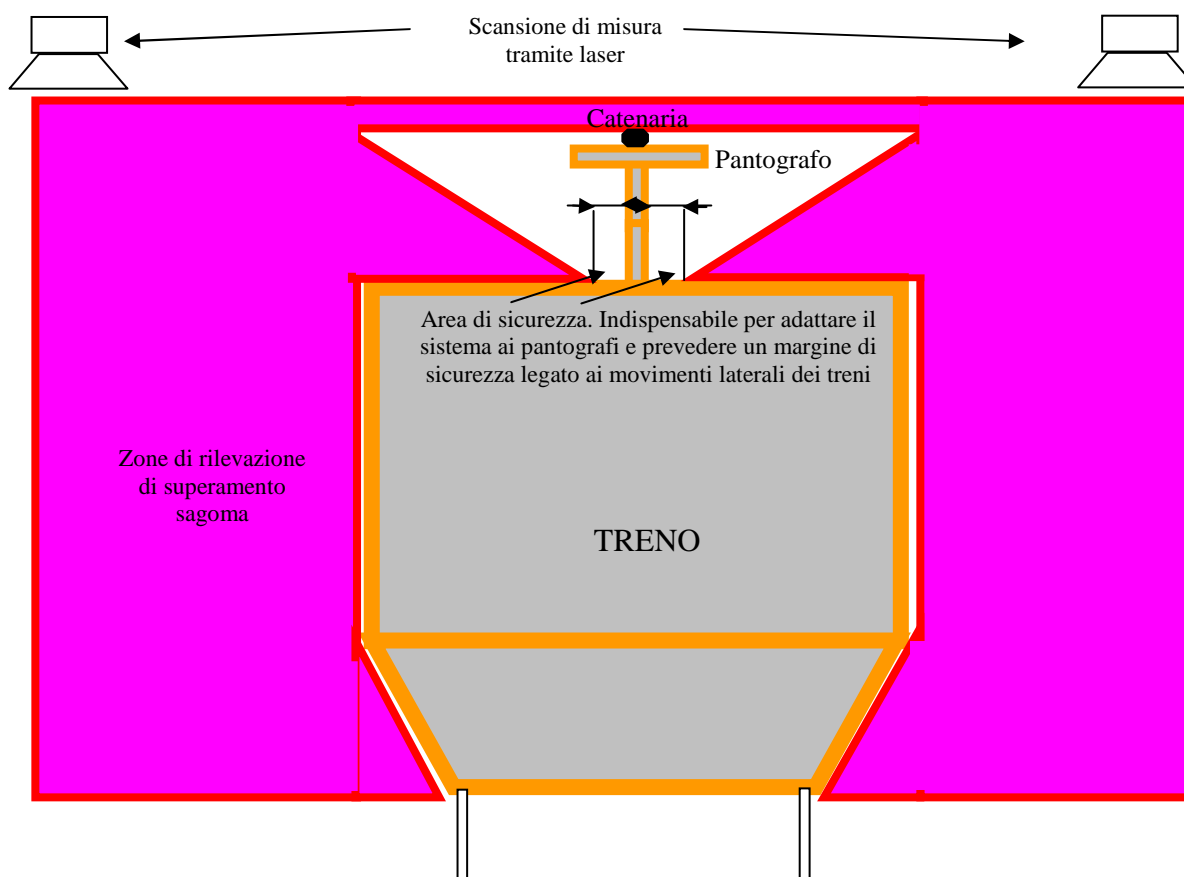


Figura 23 - Applicazione dello scanner al controllo di presenza per la rilevazione del fuori sagoma.

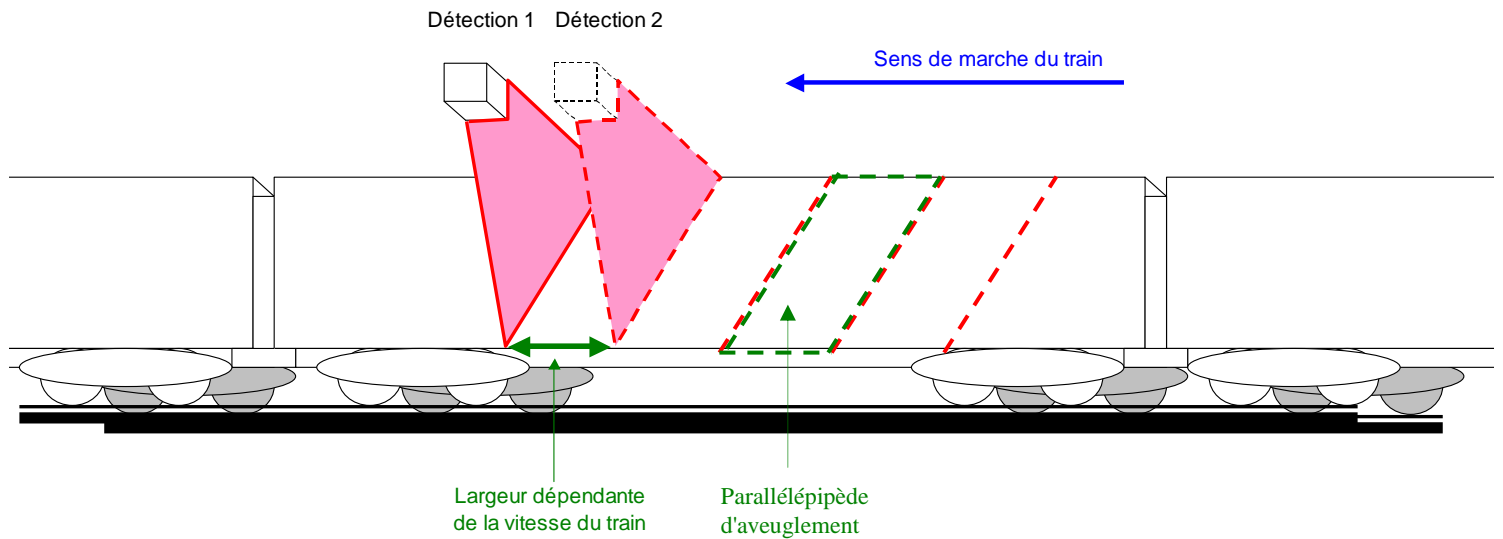


Figura 24 - Definizione del parallelepipedo di accecamento a larghezza e inclinazione variabile a seconda della velocità dei treni

14.1.2 Vantaggi

- La misura ottica è fatta senza contatto con l'oggetto da misurare, anche a grande velocità.
- La misura degli oggetti può essere realizzata a qualsiasi angolo di misura. È sufficiente installare il sensore a seconda dell'inclinazione desiderata.
- La zona di misura per il controllo di presenza può avere qualsiasi forma, a condizione che ciascun punto appartenente al perimetro di rilevazione possa essere collegato al sensore della scansione di misura tramite laser da una linea retta ininterrotta.

14.1.3 Inconvenienti

- Poiché la misura avviene tramite scansione, la rilevazione potrà essere realizzata solo mediante il sezionamento degli oggetti che sono in movimento, e pertanto il passo dipenderà dalla velocità degli oggetti. Le dimensioni minime degli oggetti rilevabili da questo sistema dipenderanno quindi dalla velocità del treno. A 160 km/orari, oggetti di quasi 60 cm non potranno essere rilevati.
- Essendo questi sensori precisi e la relativa tecnologia avanzata, il costo risulta relativamente elevato. Il prezzo è tuttavia trascurabile rispetto a quello del portale su cui i sensori devono essere fissati.
- Questo tipo di sensore funziona solo se il potere di riflessività dei materiali da studiare è superiore al 10%. I treni e il loro carico dovranno quindi avere tutti questo tasso di riflessività minimo. In generale, i treni e il loro carico rispettano questo vincolo. Il solo caso pratico da noi studiato dove la rilevazione non ha funzionato è quello di un carro merci rivestito da una sostanza tipo catrame in tempo di pioggia.
- Poiché il sistema ha dei vincoli di mira, la messa in opera e la manutenzione comporteranno delle complesse operazioni di regolazione in ragione della precisione attesa. In effetti, una volta che la zona da scansionare è stata definita al computer,

bisogna poter posizionare e regolare i sensori con una precisione sufficiente affinché la zona definita corrisponda al profilo della sagoma massima da rilevare.

- Questo tipo di sistema ottico è sensibile alle condizioni ambientali (grandine, pioggia con fenomeno di aloni attorno ai treni in piena velocità, foglie, neve...). Alcuni di questi vincoli potranno, ciò detto, essere eliminati dall'impiego di una pensilina protettiva per il sistema.
- La zona centrale della sagoma alta dei treni corrispondente alla posizione dei pantografi è una zona cieca.

14.2 Tecnologia di telemetria laser

La telemetria laser è la tecnologia più utilizzata a livello industriale per le misure di precisione. Per il nostro sistema abbiamo deciso di farne uno studio.

14.2.1 Descrizione

Il principio di funzionamento è identico a quello presentato nel paragrafo 3.1. “Tecnologia di scansione di misura tramite laser”, dal momento che entrambe le tecnologie utilizzano dei telemetri. La differenza è che la tecnologia qui presentata non utilizza lo specchio rotante. Il fascio è diretto in una unica direzione. La distanza tra l'ostacolo situato in questa direzione e il telemetro è proporzionale al tempo impiegato dall'impulso luminoso per percorrere la distanza sensore/oggetto e poi oggetto/sensore.

Il tipo di misura realizzato è rapido. L'intervallo tra due misure può essere nell'ordine di 1 ms. Per la nostra applicazione, alle velocità dei treni considerate, le dimensioni minime degli oggetti rilevabili saranno le seguenti:

Velocità dei treni	Larghezza minima degli oggetti rilevabili corrispondente
100 km/h	2,8 cm
120 km/h	3,4 cm
140 km/h	3,9 cm
160 km/h	4,5 cm
220 km/h	6,2 cm
250 km/h	7,0 cm

Tabella 7 - Larghezza minima degli oggetti rilevabili in funzione della velocità dei treni

14.2.2 Vantaggi

- Questo tipo di laser è semplice da realizzare. E' ampiamente utilizzato a livello industriale e risulta pertanto affidabile e ragionevole nei costi.
- La misura avviene senza contatto.
- I telemetri che utilizzano la tecnologia laser permettono una grande direttività del fascio ottico.

14.2.3 Inconvenienti

- Questo tipo di sensore funziona solo se il potere di riflessività dei materiali da studiare è superiore al 10%.
- Poiché il sistema ha dei vincoli di mira, la messa in opera e la manutenzione comporteranno delle operazioni di regolazione.
- Questo tipo di sistema ottico è sensibile alle condizioni ambientali (grandine, pioggia con fenomeno di aloni attorno ai treni in piena velocità, foglie, neve...).

14.3 Tecnologia a base di barriera laser

Uno degli utilizzi più semplici dei laser è la predisposizione di un sistema di emissione/ricezione. In teoria, questo corrisponde in pieno alle applicazioni che desideriamo realizzare.

14.3.1 Descrizione

Un laser di emissione viene situato su un lato della zona da studiare. Sull'altro lato viene collocato un ricevitore, di fronte all'emettitore. Il laser è continuo e proiettato dall'emettitore verso il ricevitore. Qualsiasi oggetto che dovesse interferire con questo campo posizionandosi tra l'emettitore e il ricevitore verrebbe rilevato a condizione che l'opacità dell'oggetto fosse sufficiente ad arrestare il fascio, cosa che avviene per tutti gli attuali treni del mercato europeo: non abbiamo informazioni di treni trasparenti nel mercato.

Se un'operazione di filtraggio dovesse essere realizzata, che è il nostro caso a causa dei pantografi dei treni, si può prevedere di mettere una doppia barriera, ovvero due coppie di emettitori e ricevitori laser i cui fasci paralleli siano distanziati in maniera fissa (vedere il paragrafo 4.2.1.1).

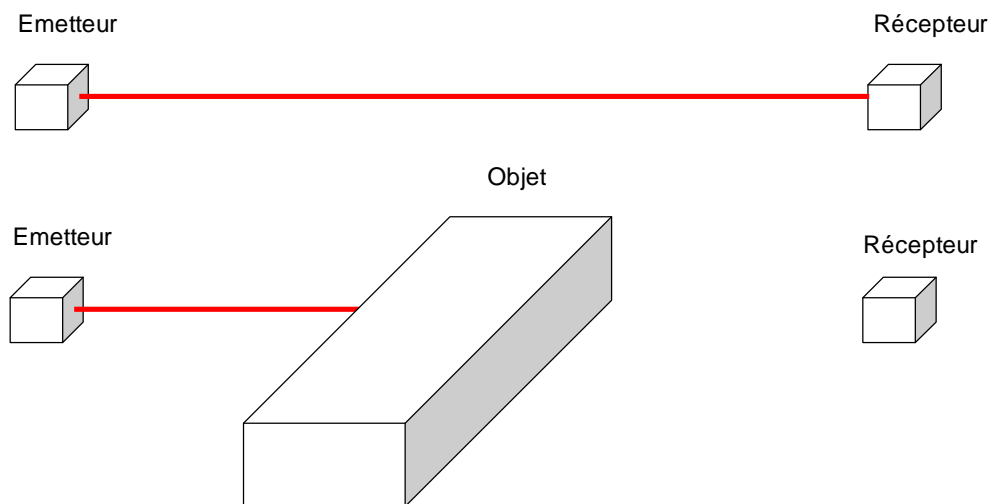


Figura 25 - Principio di funzionamento della rilevazione di ostacoli

14.3.2 Vantaggi

- La semplicità di funzionamento di questi sensori on/off li rende estremamente affidabili.
- La misura avviene senza contatto.
- Nessun target cooperativo è necessario per l'utilizzo di questa tecnologia, il che significa che non ci sono vincoli sulla riflessività dei materiali oggetto della rilevazione.

14.3.3 Inconvenienti

- La messa in opera del sistema comporta l'installazione di un emettitore e di un ricevitore uno di fronte all'altro, con una precisione di posizionamento che dipende dalle dimensioni del punto luminoso.
- Poiché il sistema ha dei vincoli di mira, la messa in opera e la manutenzione comporteranno delle operazioni di regolazione.
- Questo tipo di sistema ottico è sensibile alle condizioni ambientali (grandine, pioggia con fenomeno di aloni attorno ai treni in piena velocità, foglie, neve ecc.).

14.3.4 Tecnologia del portale con sensori di contatto

Anziché utilizzare tecnologie all'avanguardia che necessitano regolazioni precise e regolari, abbiamo ipotizzato la realizzazione di un sistema di rilevazione con un metodo a contatto. L'idea nasce dallo studio dei segnalatori di fuori sagoma per i veicoli stradali alti, a livello dei pedaggi o delle entrate delle gallerie su strade e autostrade.

14.3.5 Descrizione

Il progetto prevede la creazione di un portale permanente che sostiene delle lamelle semirigide la cui dimensione della trasparenza sarà uguale alla sagoma massima ammissibile nel tunnel.

La rilevazione avverrà con il semplice contatto tra il materiale rotabile e una o più lamelle di rilevazione. Ciascuna lamella sarà collegata a un sensore on/off indicante il fuori sagoma quando il materiale rotabile entra in contatto con la lamella corrispondente.

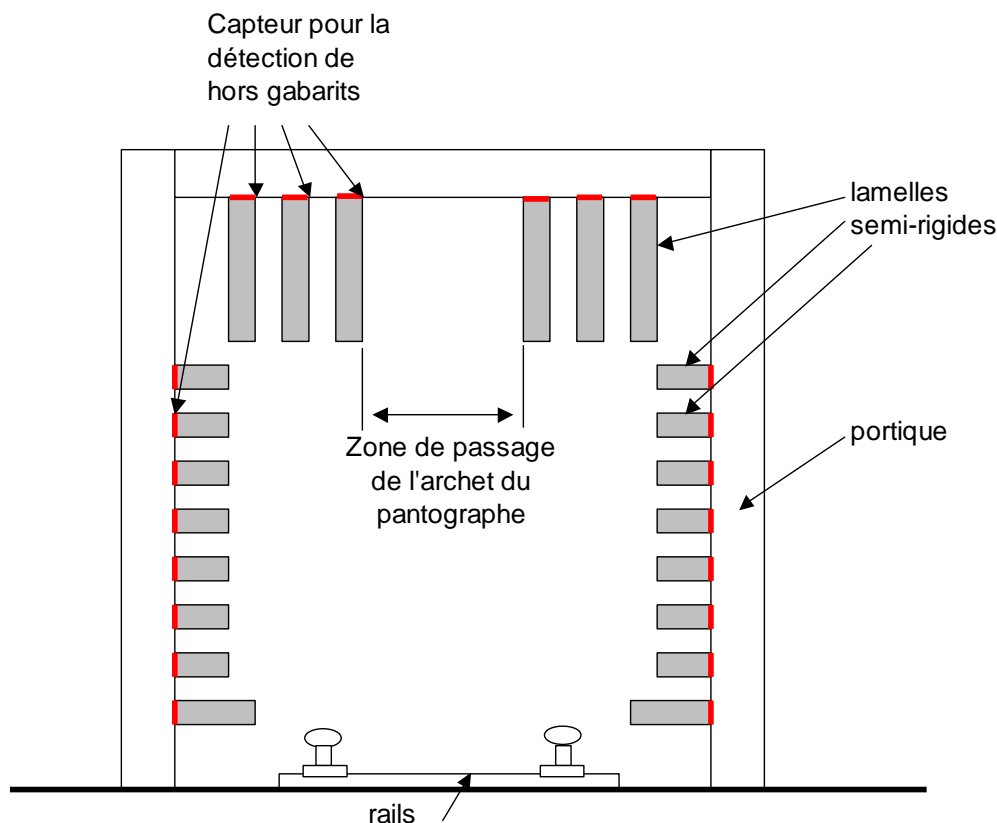


Figura 26 - Rilevazione di fuori sagoma con portale a sensori di contatto

14.3.6 Vantaggi

- La realizzazione del portale e dei sensori è semplice.
- Il costo di installazione è ridotto.

14.3.7 Inconvenienti

- Si prevede una mancanza di affidabilità del sistema sulla misura del “fuori sagoma” legata alla sua sensibilità alle condizioni esterne, in particolare al passaggio del treno e in presenza di una forte corrente d’aria che rischia di generare un elevato tasso di falsi allarmi.
- In caso di contatto, dovrà essere prevista la sostituzione delle lamelle entrate in contatto con il materiale rotabile.
- E’ impossibile rilevare un fuori sagoma sulla fascia centrale della sagoma alta dei treni in considerazione della presenza del pantografo.

14.4 Tecnologia a ultrasuoni

La generazione di ultrasuoni per la determinazione della distanza rispetto agli ostacoli è oggi impiegata in alcune applicazioni industriali. Abbiamo preso in esame anche questa tecnologia nel nostro studio.

14.4.1 Descrizione

Analogamente alla tecnologia ottica, il principio della rilevazione con gli ultrasuoni è un principio senza contatto che permette di lavorare su oggetti solidi o liquidi, a prescindere dal colore, dalla luminosità e dalla opacità. I rivelatori che utilizzano questa tecnologia sono in grado di realizzare delle misure di distanze con grande precisione.

Il principio di funzionamento è semplice: un'onda viene generata da un emettitore e si propaga nello spazio sino al momento in cui incontra un ostacolo. A quel punto, viene riflessa dall'ostacolo e una parte della stessa viene ridiretta verso il sensore. Un ricevitore riceve quindi l'onda. Misurando il tempo che intercorre tra l'emissione e la ricezione dell'onda, è possibile sapere qual è la distanza rispetto all'ostacolo.

14.4.2 Vantaggi

- La rilevazione avviene senza contatto.
- Non vi sono vincoli sulla natura dei rivestimenti degli oggetti da rilevare, a livello di colore, luminosità o opacità.

14.4.3 Inconvenienti

Il tempo di reazione di questa tipologia di sensori è nell'ordine del mezzo secondo, se non addirittura del secondo. Questo significa, per la nostra applicazione, che la misura potrà essere effettuata solo ogni 22 – 44 metri per velocità di circolazione dei treni di 160 km/h.

14.5 Sintesi

In ragione del danneggiamento del sistema di rilevazione della soluzione con contatto, scarteremo il progetto del portale con sensori di contatto nel seguito del nostro studio. Privilegeremo per contro le tecnologie senza contatto che non hanno un impatto diretto sul materiale in sede di misura.

La tecnologia a ultrasuoni non consente di realizzare delle misure a intervalli abbastanza ravvicinati da poter rilevare oggetti di piccole e medie dimensioni. Con 500 ms d'intervallo tra due misure, per un treno che circola a 160 km/h, le dimensioni minime degli oggetti rilevabili sono di 22 metri. Scarteremo quindi anche questa tecnologia per il nostro studio.

La soluzione della scansione di misura tramite laser presenta lo svantaggio di lasciare una zona di accecamento significativa ai fini della rilevazione. Qualsiasi oggetto le cui dimensioni fossero comprese all'interno del parallelepipedo di accecamento (vedere la Figura 4) è potenzialmente non rilevabile.

A scarsa velocità, questo potrebbe presentare un vantaggio in quanto la zona cieca sarà di ridotte dimensioni (vedere la Figura 8). Tuttavia, non essendo previsto un rallentamento dei treni per la rilevazione, questo vantaggio si trasforma in inconveniente. Ricordiamo che le dimensioni minime degli oggetti rilevabili a 160 km/h è di 60 cm con una scansione ogni 13 ms.

Con la tecnologia della barriera laser doppia, lo scarto tra le due coppie di emettitori/ricevitori dimensiona in modo fisso la grandezza degli oggetti non rivelabili. L'unico vincolo per questo scarto è il filtraggio del pantografo (vedere la Figura 9).

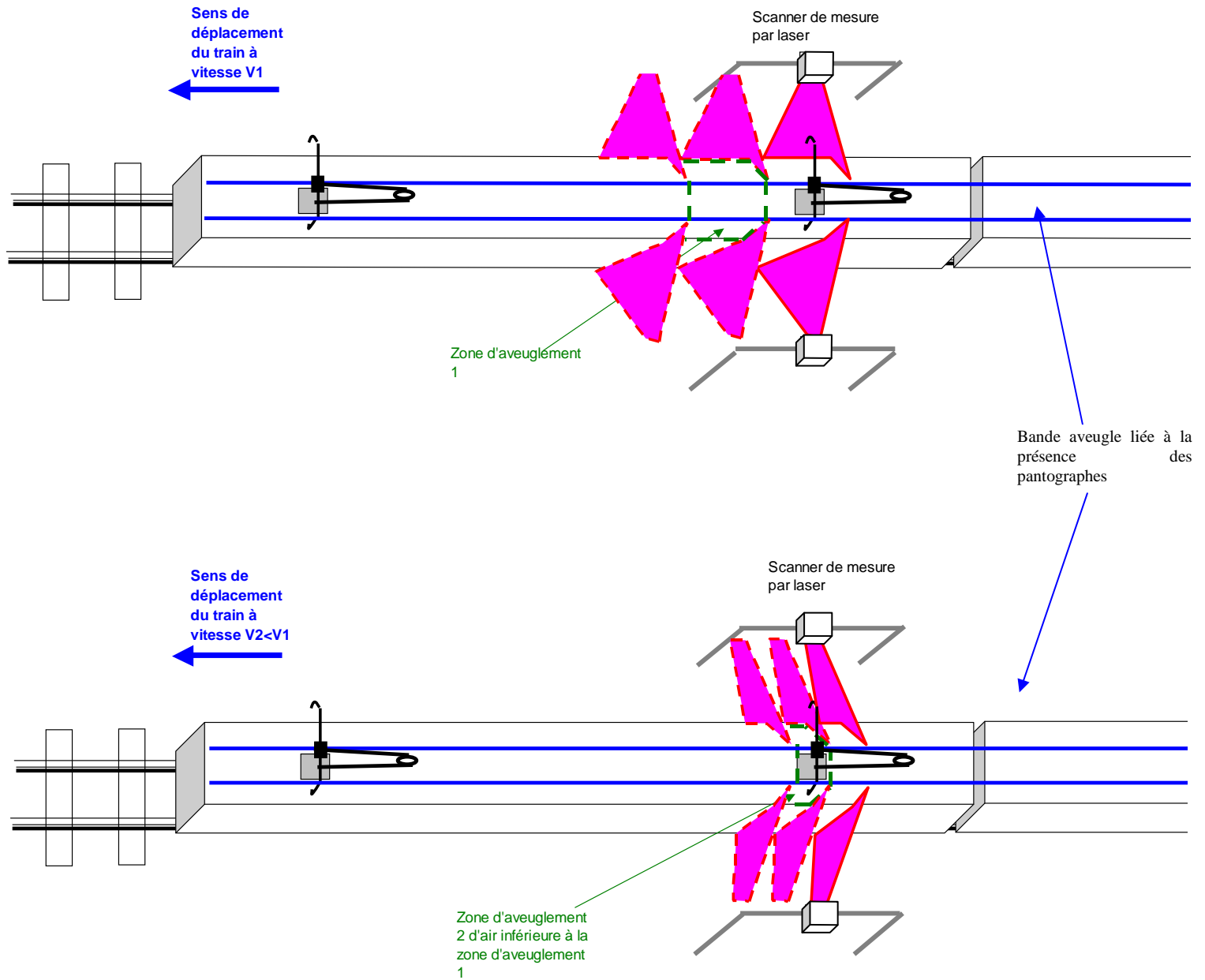


Figura 27 - Esempio di zona di accecamento per un treno alla velocità V_1
e un treno alla velocità $V_2 < V_1$ con la tecnologia della scansione di misura tramite laser.

=> Le dimensioni della zona di accecamento dipendono dalla velocità dei treni per la tecnologia basata sullo scanner di misura tramite laser

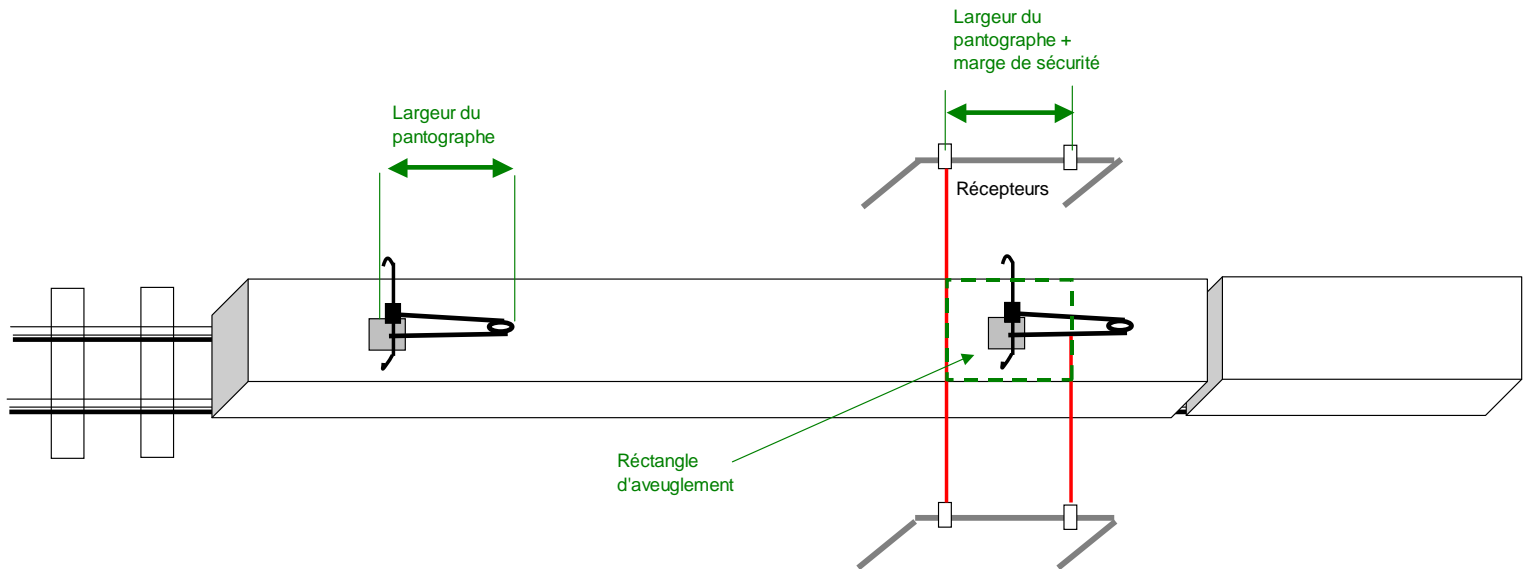


Figura 28 - Esempio di zona di accecamento con la tecnologia basata sull'emissione/ricezione laser

Un vantaggio della scansione di misura tramite laser è che permette di far combaciare il profilo della parte bassa del treno con la zona oggetto della scansione, e che si può pertanto rilevare il profilo degli ostacoli bassi dei treni con precisione. Questa opzione riveste tuttavia un interesse limitato per il nostro sistema essendo lo scopo quello di evitare una collisione tra il treno e il tunnel, e non di rilevare con precisione il profilo dei treni. Tenuto conto delle sezioni trasversali nel tunnel osservate, solo i marciapiedi risultano a rischio: noi cercheremo di verificare unicamente che la sagoma bassa del treno non entri in contatto con questi marciapiedi.

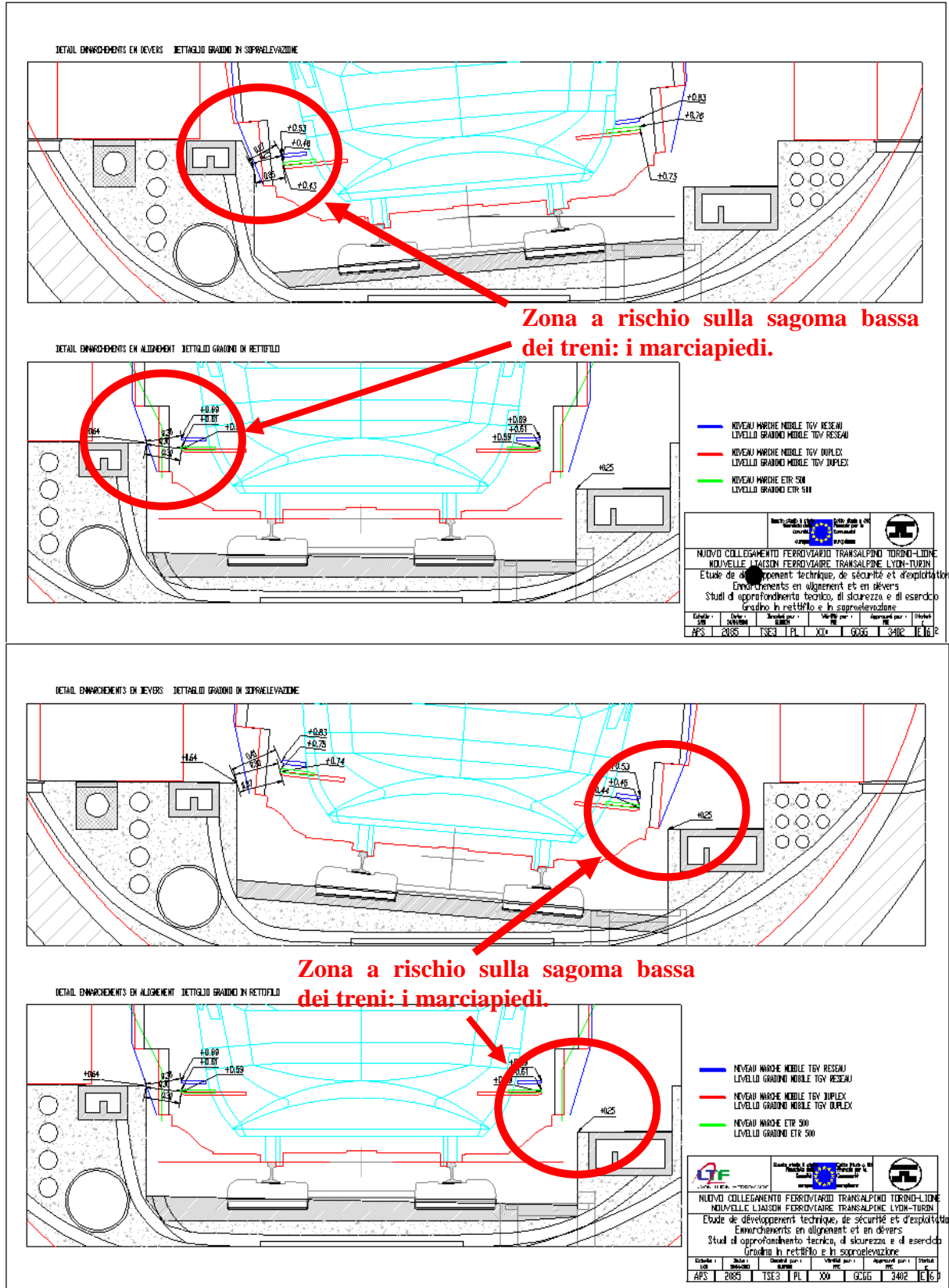


Figura 29 - Definizione delle zone a rischio delle sagome basse nel tunnel.

Piantina in sezione nel tunnel al livello basso

L'utilizzo del laser in emissione/ricezione sembra essere il più appropriato per la nostra applicazione, tenuto conto della sua semplicità di funzionamento e dell'affidabilità nella misura. Tuttavia, alcune rilevazioni sulle parti basse delle sagome dei treni ci imporrebbero di collocare i rivelatori al suolo, cosa che ci sembra difficile se si considera l'ambiente nel quale ci troviamo (ambiente aggressivo e forte tasso di incrostazione per le apparecchiature a terra correlati sia al passaggio dei treni che al fatto che le apparecchiature sono situate all'esterno). Decideremo pertanto di sostituire i laser in emissione/ricezione con dei telemetri per tutte le applicazioni in cui il ricevitore dovesse essere posizionato a terra (per ragioni di sicurezza, tutti i laser saranno puntati al suolo).

Per quanto concerne la rilevazione del superamento della sagoma alta dei treni, occorrerà prevedere un sistema di filtraggio al passaggio dei pantografi.

15. Studio dell'architettura e analisi funzionale

Effettueremo in questo paragrafo una descrizione dell'architettura globale e funzionale del sistema di rilevazione delle sagome. Potremo in tal modo descriverne precisamente gli elementi costitutivi e i locali in cui è collocato l'apparato del sistema.

15.1 Architettura

Operata la scelta delle tecnologie, possiamo definire l'architettura generale del sistema. L'architettura generale comprende i sensori, i cavi di trasmissione e di alimentazione elettrica, le postazioni locali e la postazione centrale, così come le interfacce tra le apparecchiature.

15.1.1 Architettura generale

Lo schema che segue presenta una sintesi dell'architettura del sistema.

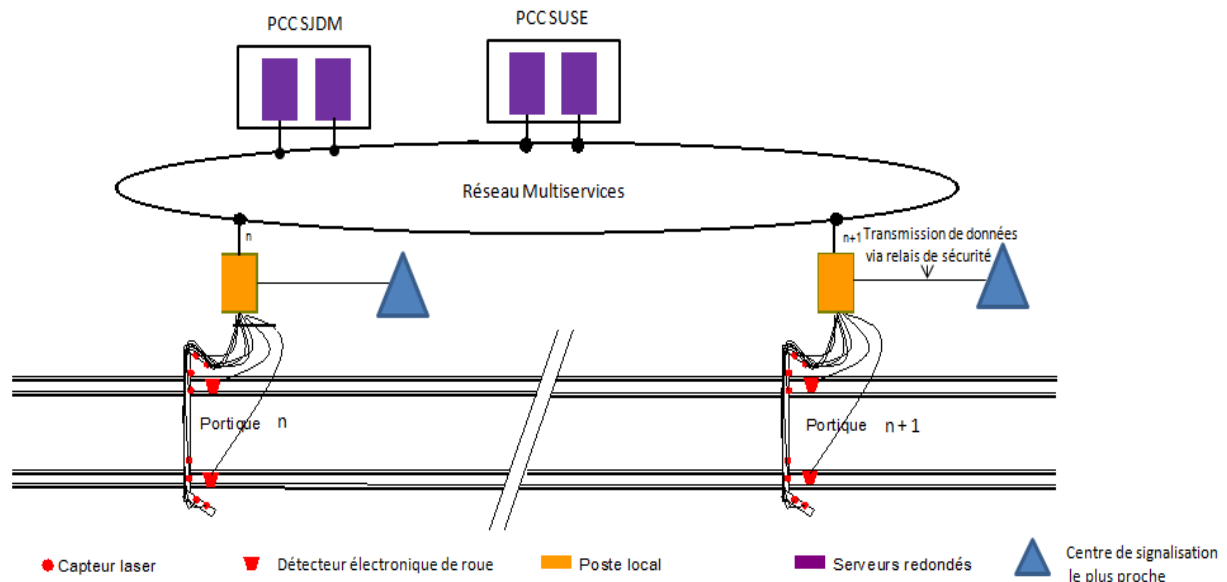


Figura 30 - Schema dell'architettura generale del sistema di rilevazione di sagoma

15.1.2 Sicurezza

Ai sensi della norma IEC 61508 sulla sicurezza funzionale dei sistemi elettrici, elettronici ed elettronici programmabili (E/E/PE) relativi alla sicurezza, abbiamo stabilito che il sistema dovrà essere omologato SIL 4. Raccomandiamo pertanto che le funzioni di sicurezza delle apparecchiature installate per la rilevazione dei locali siano di capacità SIL 4.

15.1.3 Sensori

Per il sistema di rilevazione di sagoma, iniziamo a presentare l'architettura dei vari sensori da installare.

La rilevazione di sagoma alta sarà effettuata con l'ausilio di due laser di classe 1 o 2 in emissione/ricezione.

Il filtraggio sui pantografi sarà realizzato tramite la collocazione di due coppie di laser emettitori/ricevitori. Questo implica che gli oggetti rilevabili saranno larghi almeno quanto i pantografi. La distanza tra i due laser emettitori sarà di 15 cm e sarà regolabile. Questo valore è stato determinato dopo lo studio delle sagome di pantografi. Esso non potrà tuttavia essere validato in assenza di prove. Se, durante le prove reali o in sede di utilizzo del sistema, il valore si rivelasse inadatto, occorrerà procedere ad un riaggiustamento. A tal fine, prevediamo di collocare i sensori su dei binari che permettano di facilitarne la regolazione.

Per poter determinare su quale binario si trova il treno oggetto della rilevazione, due rivelatori di assi magnetici saranno installati su ciascuno dei due binari a livello di ciascun portale (vedere la descrizione dei rivelatori di assi magnetici nel sistema DBC).

La rilevazione delle sagome laterali verrà effettuata mediante l'utilizzo di telemetri laser di classe 1 o 2 diretti verso il suolo.

La rilevazione di sagoma sulle parti basse del treno verrà effettuata mediante l'utilizzo di telemetri laser di classe 1 o 2 diretti verso il suolo.

Presentazione generale:

Ciascun laser o ricevitore sarà collegato a una postazione locale situata in prossimità dei binari.

Ciascun sensore dovrà essere integrato in una scatola provvista di termostato comprendente un oblò ottico obliquo specifico (onde evitare una riflessione eccessiva del segnale luminoso). Sarà inoltre previsto un sistema autopulente sull'ottica per limitare il tasso di incrostazioni legato al passaggio dei treni (segnatamente per il passaggio dei diesel). Questo sistema sarà costituito da tergicristalli, una pompa e un recipiente stagno contenente un prodotto di pulizia anti-gelo.

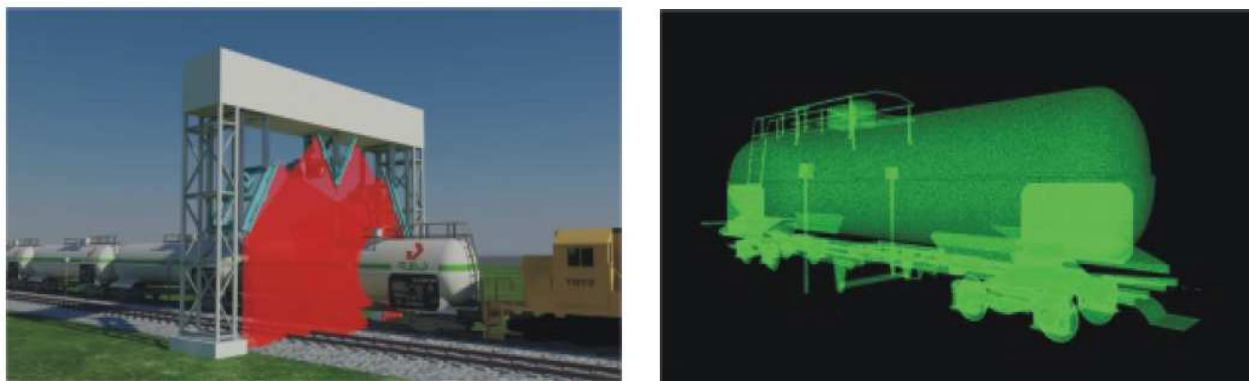


Figura 31 – Esempio di profilo di rilevazione fuori sagoma

15.1.4 Portale

Dopo aver descritto i sensori, tratteremo ora l'architettura del portale.

La rilevazione di sagoma deve poter essere effettuata anche durante l'incrocio di due treni sotto il portale di misura. Con un solo portale sovrastante i due binari, si possono presentare dei problemi legati all'interasse, ovvero alla distanza tra i due treni quando si incrociano (vedere la Figura 11).

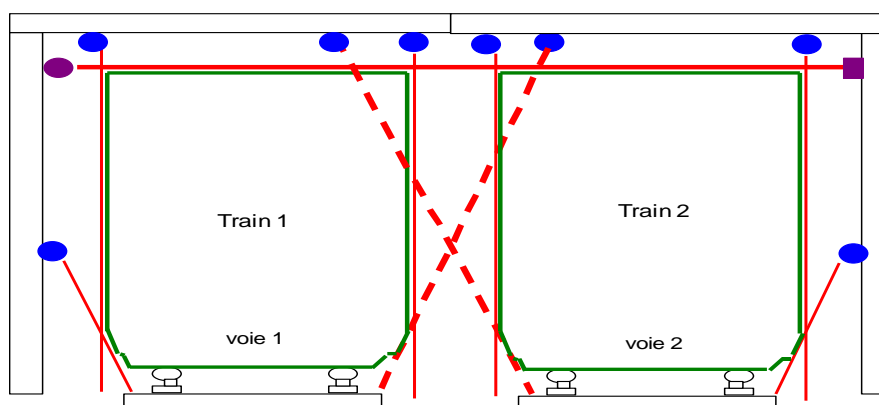


Figura 32 – Impossibilità di rilevazione di sagoma a livello basso delle facciate con incrocio di treni

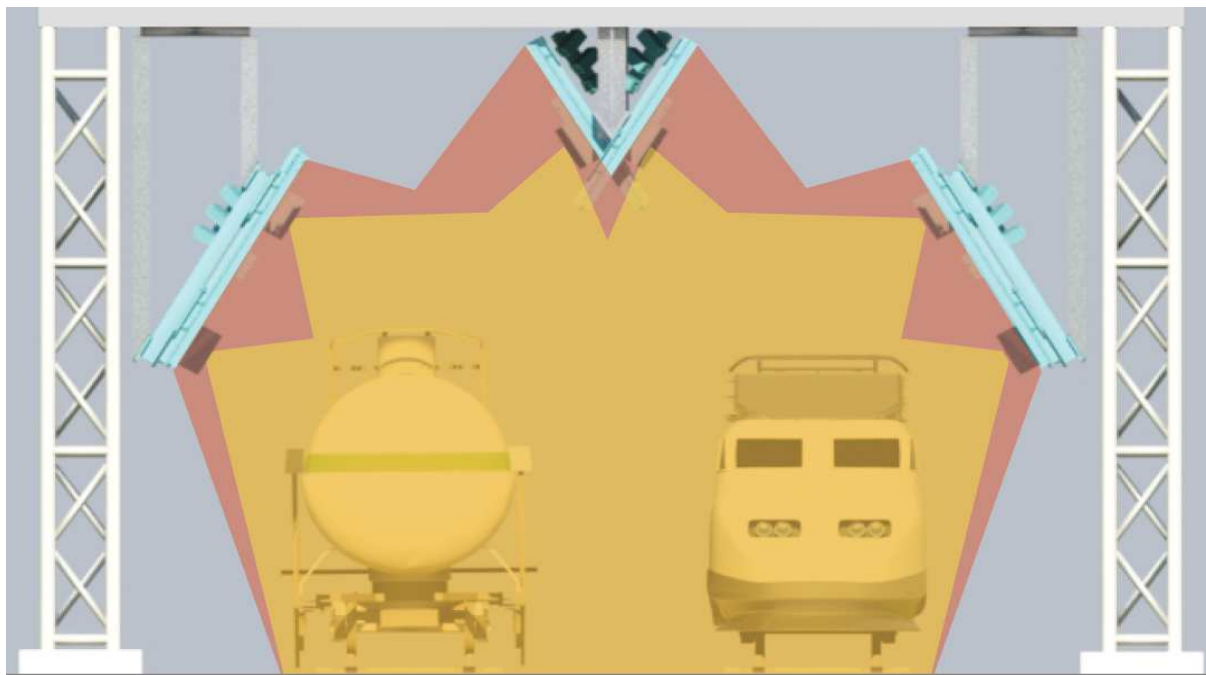


Figura 33 – Esempio di portale con collocazione dei due sistemi (termografico e sagoma)

Calcolo dell'interasse necessario per la rilevazione di sagoma sui due binari con un solo portale (vedere la Figura 13):

- L'altezza massima della sagoma di ostacolo nel tunnel è di 5,44 m,
- L'altezza del punto A è di circa 1,40 m,
- L'angolo che devono avere i raggi laser provenienti dai telemetri laser rispetto alla verticale deve essere nell'ordine di 20°.

La larghezza libera tra le due sagome di ostacoli nel caso in cui due treni si dovessero incrociare è pertanto di:

$$\text{Interdistanza tra le sagome di ostacoli: } (5,44 - 1,40) \cdot \tan(20) = 1,47 \text{ m}$$

La larghezza massima della sagoma di ostacolo è di 3,90 m.

L'interasse minimo necessario tra i due binari per poter realizzare una rilevazione di sagome sui due binari con un solo portale è dunque di $3,90 + 1,47 = 5,37 \text{ m}$.

L'APS indica che l'interasse minimo tra i due binari sarà di 4,06 m sul progetto Corridoio. Questo valore non è stato richiamato in causa nell'APR (Consegna 43). Non conosciamo in data odierna gli interassi della linea storica nelle aree di installazione dei portali, ma è poco probabile che abbiano un valore così importante, essendo gli interassi in genere compresi tra 4 e 5 metri. Ci sembrava impossibile raccomandare un interasse minimo di 5,37 m nei punti di realizzazione dei portali. Ricercheremo pertanto un'altra soluzione al problema prospettato.

Un'altra soluzione percorribile sarebbe stata di collocare tre montanti sui portali, con il montante supplementare tra i due binari. Questa soluzione è stata scartata poiché, anche in questo caso, sarebbe stato necessario definire un interasse minimo tra i binari. Questo interasse sarebbe di valore superiore al valore dell'interasse precedentemente calcolato.

Definiremo quindi un'architettura in cui nessun montante del portale sarà installato tra i due binari.

Per gestire la rilevazione fuori sagoma durante l'incrocio dei treni a livello del portale e della ridondanza dei sensori, il sistema di sicurezza SIL4 risponde ai diversi parametri indicati e non sarà pertanto necessario collocare due portali con un'interdistanza tra i due.

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

La realizzazione di ciascun portale e la distanza dei montanti rispetto ai binari dovranno rispettare le sagome di ostacoli delle norme internazionali in materia di installazione di infrastrutture fisse.

L'architettura del portale dovrà permettere a ciascun sensore di situarsi ad almeno la distanza di isolamento elettrico (in funzione dell'elettrificazione della linea) dalla zona catenaria e dalla sagoma del pantografo.

Il posizionamento e la direzione del fascio dei laser sono specificati nella Figura 13. I due sistemi di rilevazione di sagoma e di punti caldi tramite termografia hanno esigenze analoghe e i vincoli specificati per ciascuno dei portali non sono incompatibili. Per ridurre i costi, raccomandiamo di installare gli impianti dei due sistemi sugli stessi portali.

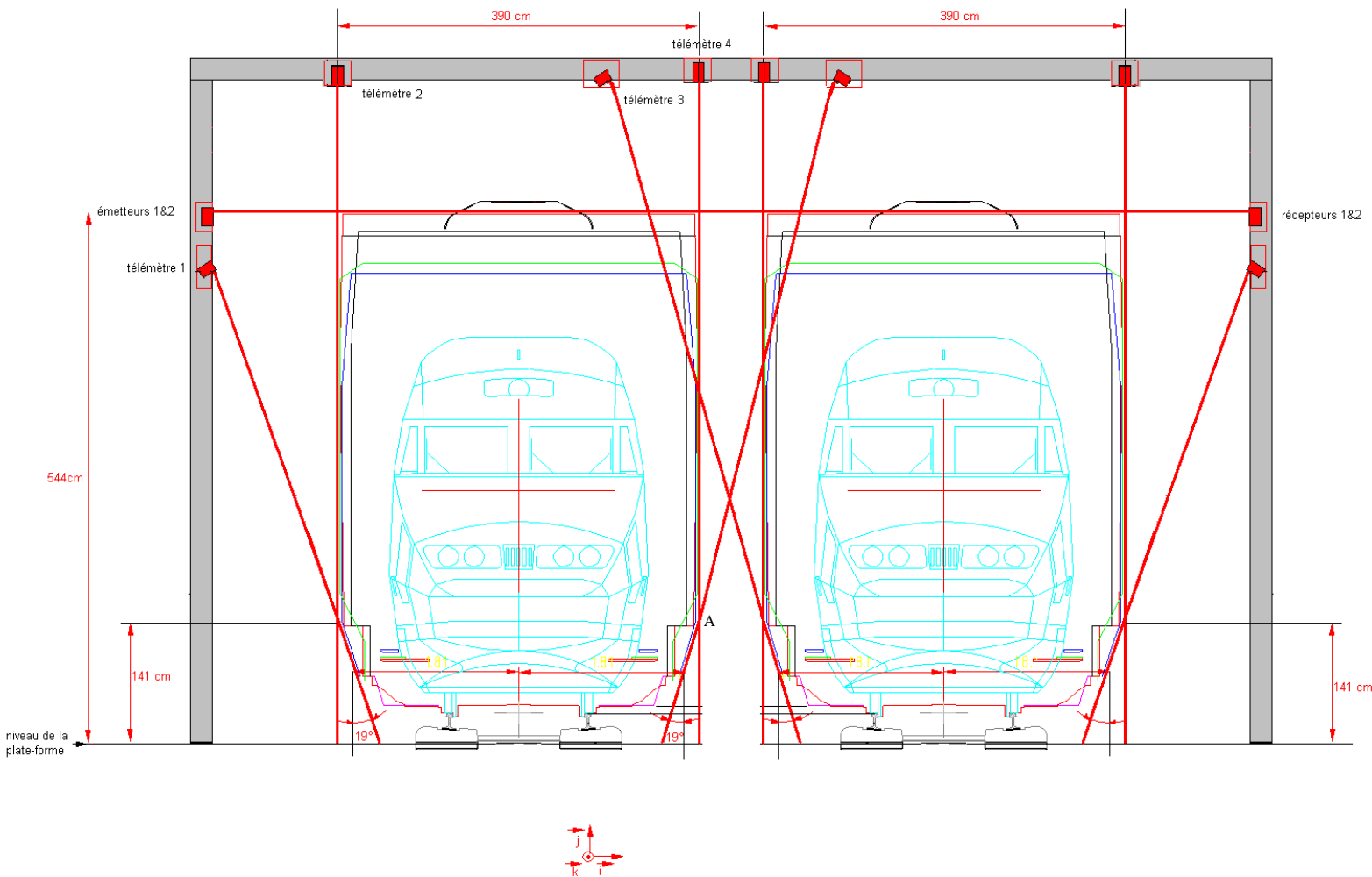


Figura 34 - Schema generale del portale di rilevazione di sagoma

15.1.5 Cavo di trasmissione e di alimentazione elettrica

Dopo aver analizzato l'installazione dei sensori, vediamo ora come gli stessi siano collegati agli altri impianti.

I cavi di comunicazione e di alimentazione, che si trovino 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, saranno C2.

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

15.1.6 Postazioni

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

15.1.6.1 Postazione locale

Una postazione locale sarà installata in prossimità del binario, vicina a ciascun punto destinato a ricevere un portale di rilevazione di sagoma.

Sarà in particolare costituito da centri di misura (destinati al trattamento delle misure effettuate dai laser presenti), da un sistema di alimentazione e di comunicazione.

Una postazione locale sarà sufficiente a elaborare le informazioni derivanti da un portale di rilevazione di sagoma. Una postazione locale dovrà perlomeno trattare:

- 2 coppie di sensori laser in emissione/ricezione
- 8 telemetri laser
- Per questioni di evolutività dei sistemi e delle precauzioni di ridondanza, ciascuna postazione locale dovrà poter gestire:
 - o 3 coppie di sensori laser in emissione/ricezione e
 - o 10 telemetri laser

Le postazioni locali dovranno fornire l'alimentazione necessaria al funzionamento dei sensori.

In aggiunta, un connettore RJ45 sarà disponibile per permettere il collegamento al PC portatile di manutenzione.

Vi saranno in totale quattro portali:

- 2 portali su binari doppi
- 2 portali su binario unico

Vi saranno pertanto quattro postazioni locali, ciascuna delle quali dovrà poter gestire tre coppie di sensori laser in emissione/ricezione e 10 telemetri laser per garantire la sicurezza sul progetto Corridoio.

15.1.7 Interfacce

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

- Alimentazione elettrica

I diversi impianti del sistema di trattamento saranno alimentati da un'alimentazione di soccorso di continuità 230 Vac.

L'impresa responsabile degli impianti di alimentazione dovrà garantire la fornitura del materiale per il collegamento alla rete di alimentazione sino ai piedi di ciascuna postazione locale del sistema di rilevazione di sagoma.

- Comunicazione con il sistema di supervisione sulla rete di teletrasmissione

Tutte le postazioni locali comunicheranno con i server di sicurezza responsabili del sistema di rilevazione di sagoma tramite la rete di teletrasmissione. Il protocollo di comunicazione e le interfacce saranno definiti negli studi sul PCC e in quelli sulle reti di comunicazione, sapendo

che le postazioni locali dovranno poter comunicare con tutti i protocolli standard mediante una scheda di comunicazione adeguata.

L'impresa responsabile degli impianti di comunicazione dovrà garantire la fornitura del materiale per il collegamento alla rete di teletrasmissione sino ai piedi di ciascuna postazione locale del sistema di rilevazione di sagoma.

- Segnalazione

Vi sarà un'interfaccia locale con la segnalazione tramite dei relè di sicurezza per poter arrestare il treno in caso di guasto.

- Portale

L'installazione dei sensori per la rilevazione di sagoma sotto il portale dovrà essere coordinata con quella dei sensori per la rilevazione termografica. Il coordinamento avverrà sulle operazioni di:

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

- Opere civili

La messa in opera dei portali e degli impianti legati alla rilevazione delle sagome dovrà essere coordinata con la realizzazione delle opere civili. I blocchi in cemento delle fondazioni dei portali e delle postazioni locali e le ubicazioni per i cavi dovranno essere disponibili prima del montaggio in loco dei portali e della messa in opera dei sensori e delle postazioni locali.

Per la linea storica, prevediamo di rimuovere le rotaie esistenti a livello di ciascun sito di installazione dei portali per collocare una lastra in cemento monoblocco alla quale saranno fissati i montanti dei portali. Le rotaie utilizzate per garantire la continuità del traffico ferroviario durante la ricollocazione del binario dovranno essere unite a questa lastra.

15.2 Analisi funzionale

Dopo aver descritto l'architettura, effettueremo un'analisi funzionale dei portali di rilevazione di sagoma per spiegare com'è suddiviso il sistema tra impianti di terra, unità di trattamento locale e sistema di supervisione.

15.2.1 Funzionamento del sistema

Descriveremo il funzionamento del sistema per ciascuna delle rilevazioni da effettuare (in alto e laterale).

15.2.1.1 Rilevazione di sagome alte

Si ricorda che i sensori utilizzati per la rilevazione delle sagome alte sono dei laser in emissione/ricezione. Il loro posizionamento è quello descritto nella Figura 13 (emettitori 1 e 2 e ricevitori 1 e 2).

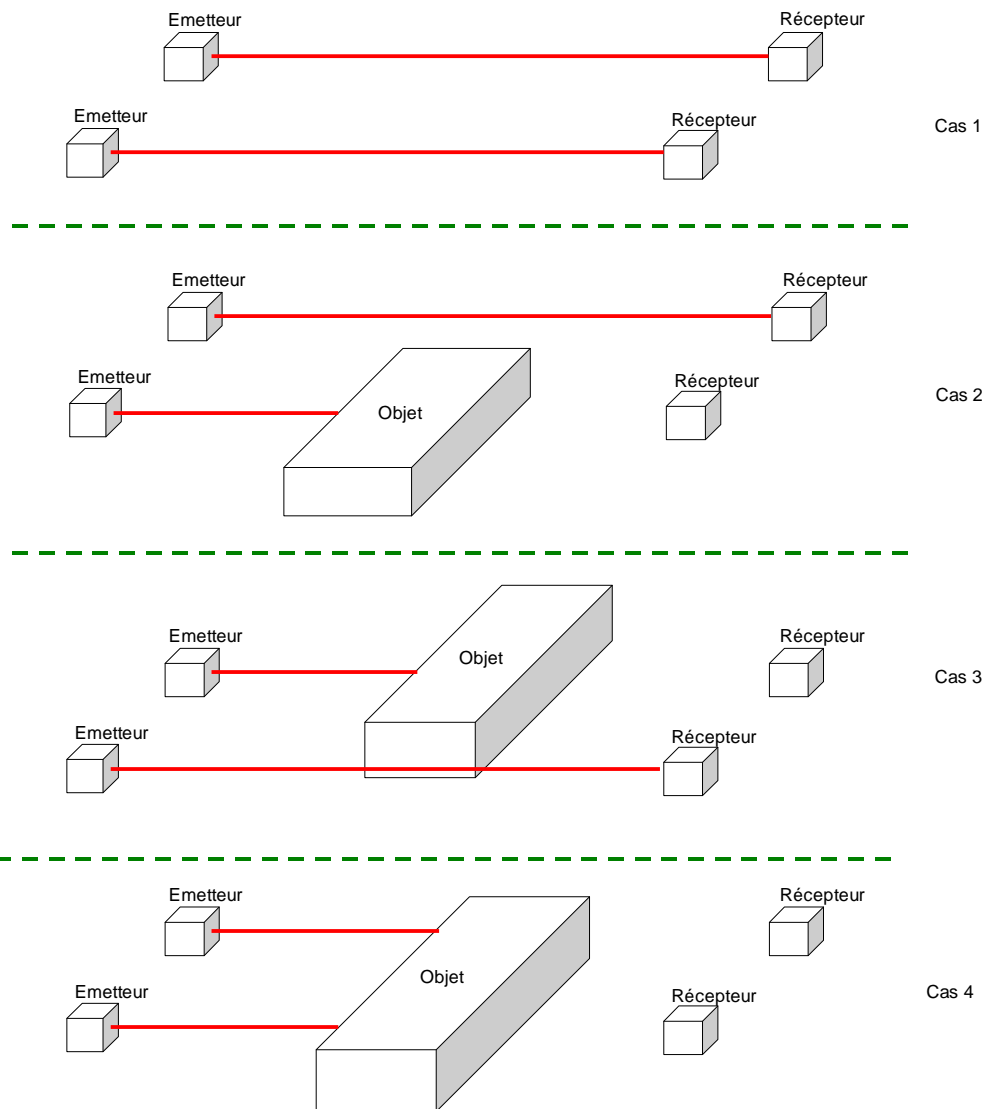


Figura 35 - Principio di utilizzo di una coppia di emettitori / ricevitori laser per rilevare oggetti

Nei casi 1, 2 e 3 della Figura 14, non sarà avviato alcun allarme. Solo il caso 4 permetterà l'avvio di un allarme di fuori sagoma. Il filtraggio realizzato con questo metodo è una risposta alle problematiche poste dal passaggio dei pantografi dei treni. I pantografi sono collocati in alto e sono in contatto con la catenaria. La catenaria nel tunnel si trova a un'altezza di 5,57 m al di sopra del piano di scorrimento. La sagoma alta da rilevare è di 5,44 m. I pantografi generano pertanto obbligatoriamente degli allarmi di fuori sagoma durante il loro passaggio nel portale di rilevazione. È per tale ragione che hanno il filtro.

Considerato che i laser di rilevazione di sagoma alta attraverseranno i due binari, questo sistema di rilevazione non permetterà di identificare su quale binario stia passando il convoglio. Saranno pertanto aggiunti due rivelatori di assi (**uno su ciascun binario a livello del portale**) allo scopo di determinare su quale binario circoli il treno.

Dopo ciascuna rilevazione su un treno, il sistema di autopulizia sarà avviato al fine di pulire le ottiche dei sensori.

15.2.1.2 Rilevazione di sagome laterali

Si ricorda che i sensori utilizzati per la rilevazione delle sagome laterali sono dei telemetri laser.

Ciascun telemetro sarà puntato verso una zona fissa al suolo, in modo tale che la distanza tra il sensore e la zona puntata sia costante. La zona puntata avrà una riflessività sufficiente da consentirle di rimettere una parte del segnale. Questo segnale riflesso sarà analizzato da un ricevitore integrato nella stessa scatola dell'emittitore. Il tempo impiegato dal raggio tra l'emissione e la ricezione è direttamente proporzionale alla distanza che separa il sensore dal riflettore.

Durante il passaggio di un ostacolo tra il sensore e il riflettore, il raggio non sarà più riflesso dal suolo, bensì dall'ostacolo. Il tempo di percorso del raggio sarà pertanto diverso e sarà possibile dedurre che è presente un ostacolo.

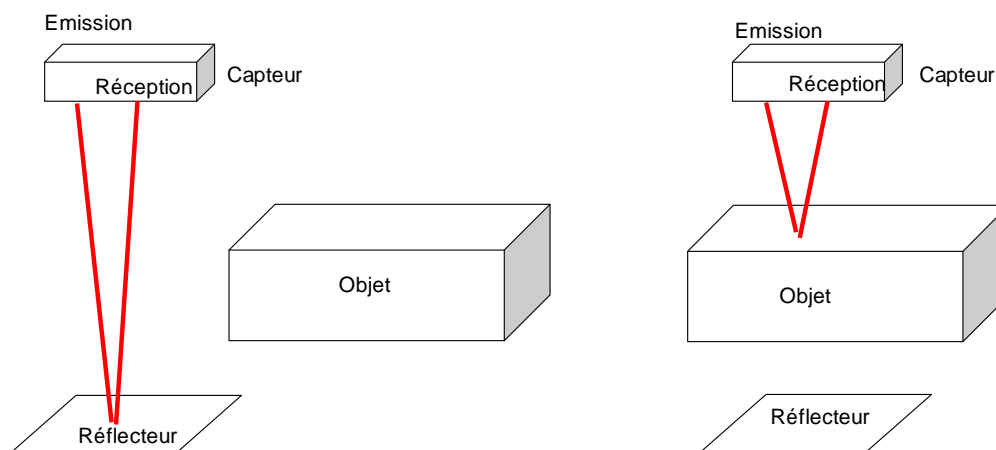


Figura 16 – Principio di utilizzo di un telemetro laser per la rilevazione di presenza di un ostacolo

I telemetri dovranno funzionare con una frequenza nell'ordine di 60 Hz o superiore, affinché le dimensioni degli oggetti rilevabili sul fuori sagoma siano minime (vedere la tabella del paragrafo 3.2.1). A questa frequenza, la riproducibilità della misura sarà limitata (nell'ordine 15 – 20 cm).

Lavoreremo pertanto con un metodo di confronto del valore misurato con un valore soglia per ovviare a questo problema di precisione sulla misura. L'uscita del sensore indicherà se il valore misurato è inferiore o superiore al valore soglia.

- Se è superiore, nessun oggetto è rilevato e il raggio viene sempre riflesso dal suolo
- Se è inferiore, un oggetto è situato tra il suolo e il sensore e un fuori sagoma viene rilevato.

Metodo di calcolo del valore soglia:

Dove:

- d è la distanza tra il sensore e la piattaforma (terreno predisposto su cui è posato il binario)
- res è la risoluzione del sensore, ovverosia la più piccola variazione di distanza che il sensore può misurare
- p è la precisione del sensore, ovverosia l'errore massimo della misura del sensore rispetto a un valore vero (p può essere positivo oppure negativo)
- rep è la riproducibilità del sensore
- $dpft$ è la distanza tra la piattaforma e il valore più basso della sagoma di ostacolo dei treni
- $val\ mes$ è il valore misurato dal sensore

Se

- $Val\ mes < d - res - rep$, l'allarme deve essere avviato.

Il valore soglia da definire per questo sensore è pertanto:

- Valore soglia = $(d - res - rep) + p$, dove p potrà essere positivo o negativo.

Occorrerà che $(res + rep) < dpft/2$, il che impone un limite alla riproducibilità del sensore, essendo la risoluzione fissata in anticipo.

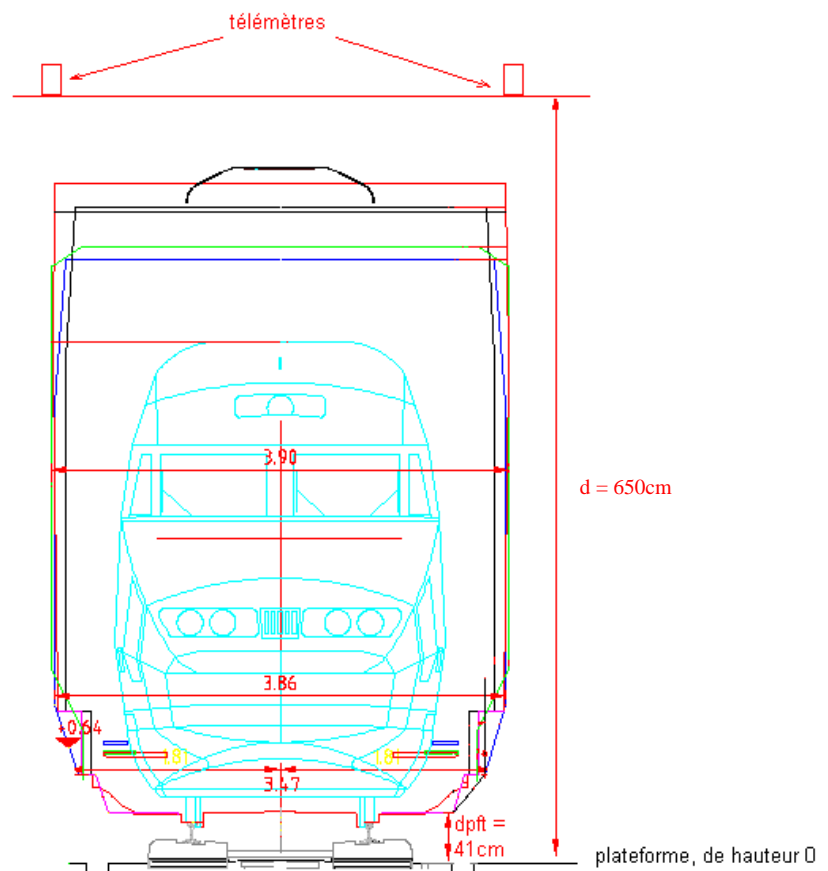
Si conserverà un margine del 20% su questo valore soglia.

Esempio per la nostra applicazione:
rilevazione laterale.

Dove:

- $d = 650$ cm (valore teorico per l'esempio),
- $res = 1$ cm,
- $p =$ valore sperimentale in cm,
- $rep = x$ cm,
- $dpft = 41$ cm (valore teorico per l'esempio).

Quando il sensore misura la distanza al suolo, proporrà 650 cm, più o meno il valore di precisione che è sistematico al valore di



riproducibilità vicino. Il valore indicato sarà il valore vero al valore di risoluzione vicino. Abbiamo qui deciso di imporre il criterio di risoluzione e di determinare il valore massimo di riproduzione ammissibile, che è compatibile con la pratica.

- valore soglia = $(650 - x - 1) + p$ sapendo che $(x + 1) < 20,5$, ovvero $x < 19,5$

Mantenendo un margine di sicurezza del 20% sulla misura, sceglieremo $x = 15$ cm.

Il valore soglia per la nostra applicazione, nell'esempio presentato, è: 634 cm + p, dove p dovrà essere determinato sperimentalmente.

Per il nostro esempio di applicazione, la scelta del telemetro riguarderà pertanto un telemetro di riproduzione < 15 cm e di risoluzione < 1 cm. La precisione non ha importanza dal momento che è sottratta dal valore soglia teorico. La determinazione dovrà essere effettuata durante delle prove sui sensori nella fase di messa in opera.

Durante le regolazioni in sito, i valori soglia dovranno essere ricalcolati in funzione delle dimensioni del portale, dell'altezza della piattaforma rispetto al piano di scorrimento e degli altri valori importanti per il calcolo.

Dopo ciascuna rilevazione su un treno, il sistema di autopulizia sarà avviato per pulire le ottiche dei sensori.

15.2.2 Utilizzo del sistema

Eventuali rilevazioni di anomalia nel sistema o nel materiale rotabile dovranno generare automaticamente l'invio di un allarme al sistema di segnalamento ferroviario tramite dei relè di sicurezza SIL4 nonché in parallelo al sistema di supervisione del PCC tramite la rete di trasmissione. Si avranno quindi due categorie di allarme:

- Gli allarmi tecnici che specificano la presenza di un'anomalia al sistema e che un intervento di manutenzione deve essere attuato,
- Gli allarmi di utilizzo che specificano l'avvenuta rilevazione di un fuori sagoma.

Questo implica che gli impianti fissi dovranno essere in grado di generare un allarme in caso di presenza di avaria nel sistema.

Nel caso in cui un fuori sagoma eccezionale dovesse causare lo sradicamento di tutto o parte del portale e dei suoi elementi, proponiamo la procedura di sicurezza che segue:

- Nel caso in cui almeno uno dei sensori fosse stato rilevato dalla postazione locale come in stato di guasto, il traffico su questo binario dovrà automaticamente essere arrestato per le verifiche prima dell'entrata in uno dei tunnel della linea nuova, al fine di eliminare il rischio che il guasto sia stato creato dallo sradicamento dei sensori da parte del materiale rotabile.

Il trattamento totale delle attività durante la rilevazione del superamento della sagoma e della rilevazione da parte dei sensori con visualizzazione sui PC di sicurezza, deve essere realizzato in meno di 1 minuto.

15.2.2.1 Impianti di terra

Descriviamo qui l'apparato che costituisce i sensori di terra e i trasferimenti di informazioni che realizzano con l'esterno.

In generale, tutte le informazioni ricavate dai sensori laser del portale sono inviate alla postazione locale per il relativo trattamento. Nei sensori non è presente alcun sistema di elaborazione.

Laser:

Le funzioni dei sensori del sistema di rilevazione di sagoma saranno di:

- rilevare il fuori sagoma del materiale rotabile tramite la scansione delle sagome alte, delle sagome laterali e delle sagome basse dei treni
- comunicare le informazioni sulla misura alla postazione locale.

Le informazioni trasferite dai sensori alla postazione locale saranno:

- Laser in emissione/ricezione
 - o Informazioni on/off provenienti dal ricevitore, indicanti che la barriera è aperta o chiusa, utili anche come allarme di anomalia sul sensore se nessun segnale viene più trasmesso per un periodo di tempo stranamente lungo.
- Laser telemetrici
 - o Informazioni on/off provenienti dal ricevitore, indicanti che il valore soglia è stato o non è stato superato, utili anche come allarme di anomalia sul sensore se nessun segnale viene più trasmesso per un periodo di tempo stranamente lungo.
- In generale
 - o Identificativo del sensore.

Rivelatori elettronici di ruota:

Le funzioni dei rivelatori elettronici di ruota saranno di:

- rilevare il passaggio degli assi dei treni
- assicurare l'invio di informazioni alla postazione locale.

Le informazioni trasferite alla postazione locale dai sensori saranno:

il segnale di informazione sul passaggio del treno, utile anche come allarme di anomalia sul sensore se nessun segnale viene più trasmesso.

15.2.2.2 Trattamento locale

Dopo aver trattato i rivelatori, vediamo ora le funzioni garantite dalle unità di trattamento locali.

Le funzioni della postazione locale saranno di:

- assicurare l'alimentazione dei sensori per il loro funzionamento e le servitù
- assicurare il trattamento dei segnali provenienti dalla misura e degli allarmi dei sensori laser e dei rivelatori di assi (vedere il paragrafo che segue per il trattamento delle informazioni)
- rivelare un guasto sui sensori e generare degli allarmi tecnici (l'allarme generato per i guasti dei sensori laser e dei rivelatori di assi potrà avvenire tramite rilevazione dell'assenza prolungata di un segnale dai sensori o ricezione di un segnale prolungato dei laser indicante un fuori forma potenziale, anche quando nessun treno è oggetto di rilevazione)
- rilevare un guasto su uno degli elementi principali costitutivi della postazione locale e generare un allarme tecnico
- assicurare gli scambi di allarmi con il sistema di segnalamento ferroviario
- assicurare gli scambi di informazioni con il PC di manutenzione e il sistema di supervisione.

Il trattamento dei segnali provenienti dai sensori da parte della postazione locale comprende:

- identificare le interruzioni dei fasci laser sui sensori in emissione/ricezione e trattare tali informazioni con un algoritmo di filtraggio del pantografo per la rilevazione di sagoma alta
- identificare i superamenti dei valori soglia dei telemetri, il che significa che un ostacolo si è posizionato tra il suolo e il sensore e che un fuori sagoma è quindi stato rilevato
- enumerare gli assi rilevati dai rivelatori preposti allo scopo di determinare in quale livello del treno è stato rilevato un superamento di sagoma
- trasmettere l'avvio e l'arresto della pulizia delle ottiche dei sensori
- registrare i dati dei sensori che mostrano un'anomalia di sagoma sul materiale rotabile con relativo numero di asse
- registrare i segnali di allarme provenienti dai sensori
- aggiungere l'identificativo del portale che ha rilevato il fuori sagoma
- precisare la posizione sul treno della rilevazione del fuori sagoma (binario 1 o 2, fuori sagoma alta, nord, sud, nord-basso, sud-basso e numero di asse per il quale la rilevazione di sagoma è stata effettuata).

Le informazioni trasferite al sistema di segnalamento ferroviario e al sistema di supervisione dalla postazione locale saranno:

- Gli allarmi tecnici con l'identificativo del sensore o della parte del sistema in stato di guasto. Gli allarmi tecnici dovranno essere trattati in modo tale che il PCC ne sia informato entro un minuto
- Gli allarmi di utilizzo con l'identificativo del portale e l'identificativo del sensore e le informazioni sulla rilevazione (posizione del fuori sagoma sul treno). Gli allarmi di utilizzo dovranno essere trattati in meno di un secondo.

Le informazioni scambiabili tra la postazione locale e il PC di manutenzione saranno:

- Le informazioni che permettono al terminale di manutenzione di realizzare delle simulazioni di funzionamento, di rilevare delle anomalie e di fare le regolazioni dei sensori necessarie
- Un accesso allo stato di tutti gli organi principali del sistema (sensori e organi interni della postazione locale)

15.2.2.3 Sistema di supervisione

Infine, tratteremo ora le funzioni offerte dal sistema di supervisione.

Le funzioni del sistema di supervisione saranno di:

- aggiungere la data e l'ora della rilevazione dell'anomalia e/o dell'allarme
- raffrontare le date e le ore degli allarmi ricevuti con gli orari del passaggio dei treni per validare l'allarme
- raffrontare le date e le ore degli allarmi ricevuti con il traffico previsto dei treni per verificare che il treno oggetto di rilevazione di sagoma dovesse di fatto percorrere i tunnel della linea nuova e non quelli della linea storica. Il sistema di supervisione dovrà pertanto interagire con la GTF
- trasmettere al PCC le informazioni legate agli allarmi per segnalare alle squadre addette alla sicurezza e alla manutenzione la necessità di realizzare le azioni previste

Gli allarmi di utilizzo saranno prioritari rispetto agli allarmi tecnici.

16. Presentazione sinottica di collocazione dei rivelatori - Disegno di dettaglio

Sulla base dei disegni delle opere civili, tratteremo nel paragrafo che segue l'ubicazione e la collocazione dei sistemi.

16.1 Presentazione sinottica di collocazione

Ricordiamo che la rilevazione del fuori sagoma si applica solo ai treni merci e dell'autostrada ferroviaria, i soli a poter essere fuori sagoma.

Calcolo della distanza di installazione minima dei portali rispetto ai binari di incrocio prima degli ingressi del tunnel:

La distanza massima di frenata dei treni merci e dell'autostrada ferroviaria circolanti a velocità inferiori a 160 km/h è di 1500 m (vedere la Consegna 43, § 2.3.15). Sulle specifiche apportate nella Consegna 43, aggiungeremo l'1% alla distanza di frenata per mm/m supplementare della discesa. La pendenza massima per una linea nuova ad alta velocità è definita nella STI dell'infrastruttura a 35 mm/m. Maggioreremo questo valore portandolo a 40 mm/m, che è il valore massimo di pendenza che abbiamo potuto registrare ad oggi sulle reti ferroviarie francesi e italiane.

La distanza massima di arresto dei treni è quindi di $1500 + 40\% = 2100$ m.

Tenuto conto del fatto che questo sistema sarà installato sullo stesso portale della rilevazione termografica, il tempo di trattamento e di reazione ad un allarme sarà portato al tempo del sistema più vincolante, ovvero a 2 minuti, imposto dalla rilevazione termografica.

A 160 km/h, in 2 minuti, la distanza percorsa è di **5400 m**.

La lunghezza dei treni massima ammessa nel progetto Corridoio è di **750 m**.

I portali dovranno quindi essere installati ad almeno $2100+5400+750 = 8250$ m, arrotondato a **8300 m**, prima dell'inizio dei binari di incrocio.

Questa distanza potrà essere aumentata in funzione delle possibilità di installazione in loco rispetto ai vincoli di messa in opera del portale.

La presentazione sinottica generale di collocazione dei rivelatori di sagoma è fornita in "Presentazione sinottica di collocazione dei rivelatori".

Lo schema dettagliato dei rivelatori di sagoma è fornito in "Disegno di dettaglio dei portali termografici".

16.2 Sezione tipo perpendicolarmente ai sensori

Vedere la Figura 12.

17. Prescrizioni tecniche

A partire dai vincoli, dalle prestazioni da ottenere e dall'architettura, il presente paragrafo definisce le specifiche tecniche dei diversi materiali che costituiscono il sistema di rilevazione di sagoma.

Ciascun elemento del sistema realizzato dovrà resistere alle condizioni ambientali presentate nei vincoli ambientali. Pensiamo, in particolare, alle vibrazioni generate dal passaggio dei treni.

17.1 Sezione tipo perpendicolarmente ai sensori

- Principi generali
 - o Norme da rispettare
NV 65 e N 84: "Norme che definiscono gli effetti della neve e del vento sulle costruzioni".
 - o Specifiche funzionali
Per l'applicazione delle regole di calcolo dei portali, si considererà che la somma dell'insieme dei pesi di ciascun elemento è applicata alla verticale in mezzo alla traversa.

Tutti i portali saranno dotati di un sistema di accessibilità posto sul lato di uno dei montanti. Questo accesso sarà protetto da un sistema anti-intrusione e da un dispositivo anticaduta.

- Progettazione meccanica

I portali, le fiancate e altre sezioni della struttura saranno realizzati in alluminio avente uno spessore minimo di 4 mm.

Sull'altezza dei montanti dovranno essere recuperate la pendenza e la differenza di altezza dei blocchi di sostegno.

L'asse della traversa dovrà essere posizionato in modo tale che nessuno dei sensori collocati sul portale sia più vicino alla zona della catenaria della distanza di isolamento elettrico corrispondente all'elettificazione della linea.

- Vincoli di funzionamento (temperatura/umidità)

I portali saranno dimensionati per resistere agli sforzi dovuti al vento e al peso della neve senza rotture né deformazioni. L'applicazione delle norme concernenti vento e neve riguarderà rispettivamente le zone 2 e 3 (classificazioni NV 65 e N 84). Si considererà, per i calcoli da realizzare, che il vento soffi perpendicolarmente al portale.

- Varie

- o Garanzia
3 anni minimo

17.2 Sensori

17.2.1 Telemetro

- Sintesi

- o Norme da rispettare
 - NF EN 60825: "Sicurezza degli apparecchi laser".
- o Specifiche funzionali
 - Il telemetro dovrà essere provvisto di una funzione di confronto con un valore soglia parametrabile.
 - La sorgente luminosa utilizzata sarà di tipo laser, di classe 1 o 2.
 - I telemetri dovranno poter funzionare senza riflettore.
 - La durata delle sorgenti luminose deve essere di circa 50.000 ore o superiore.
 - La distanza focale del fascio luminoso emesso dal sensore sarà regolabile.
 - Frequenza di misura e trasmissione del segnale: $\geq 60\text{Hz}$
 - Distanza minima di misura: 1 m
 - Distanza massima di misura: 10 m
 - Risoluzione: $<1\text{ cm}$
 - Precisione: $<15\text{ cm}$
 - Riproducibilità: $<15\text{ cm}$

- Progettazione elettrica

- o Alimentazione 24Vdc,
- o Potenza consumata massima: 6 W.

- Ingressi / uscite
 - o 1 uscita contatto asciutto per la misura

- Progettazione meccanica
 - o Dimensioni: L = 250 mm, l = 100 mm, A = 100 mm,
 - o Peso massimo: 2000 g.

- Vincoli di funzionamento (temperatura/umidità)
 - o Temperatura di funzionamento: -40°C + 60°C,
 - o Tasso di umidità massimo: 90%.

- Varie
 - o Grado di protezione IP 54
 - o Garanzia 3 anni minimo

17.2.2 Laser in emissione/ricezione per la barriera

- Sintesi
 - o Norme da rispettare
NF EN 60825: "Sicurezza degli apparecchi laser".
 - o Specifiche funzionali

La sorgente luminosa utilizzata sarà di tipo laser, di classe 1 o 2.

La durata delle sorgenti luminose deve essere di circa 50.000 ore o superiore.

La distanza focale del fascio luminoso emesso dal sensore sarà regolabile.

Angolo massimo di divergenza del fascio: 0.6°

Frequenza di misura e di trasmissione del segnale: $\geq 1\text{kHz}$

Distanza minima di misura: 10 cm

Distanza massima di misura: 20 m

- Progettazione elettrica

Per ciascun modulo di una coppia emettitore/ricevitore (cioè sia per l'emettitore che per il ricevitore):

- o Alimentazione 24Vcc,
- o Potenza consumata massima: 6W.

- Ingressi / uscite
 - 1 uscita contatto asciutto per la misura.

- Progettazione meccanica
 - Per ciascun modulo di una coppia emettitore/ricevitore:
 - Dimensioni: L = 100 mm, l = 50 mm, a = 80 mm,
 - Peso massimo: 2000 g.

- Vincoli di funzionamento (temperatura/umidità)
 - Temperature di funzionamento: da -40°C a +60°C,
 - Tasso di umidità massimo: 90%.

- Varie
 - Grado di protezione: IP 54
 - Garanzia:
 - 3 anni minimo

17.2.3 Postazione locale

- Sintesi
 - Norme da rispettare
 - NF EN 61587-1 (Prove climatiche, meccaniche e aspetti di sicurezza),
 - NF EN 61587-3 (Prove di funzionamento della schermatura elettromagnetica).
 - Specifiche funzionali
 - Gli armadi saranno di tipo “da terra”

Gli armadi saranno dotati di scaffali posti ad altezza ragionevole per la collocazione di un PC portatile di manutenzione durante le relative operazioni.

- Progettazione elettrica
 - L’armadio fornirà la distribuzione elettrica per gli impianti che costituiscono la postazione locale (schede di comunicazione, calcolatori elettronici...) e i sensori del portale.
 - L’alimentazione di ciascun armadio sarà 230Vac senza interruzioni (detta “di sicurezza”) e 400Vac senza interruzioni.

Nell’armadio, sono previste delle alimentazioni specifiche per fornire l’energia necessaria ai sensori del portale.

- Progettazione termica

Un sistema di riscaldamento e di ventilazione sarà integrato nell’armadio per mantenere l’interno a temperature accettabili (vedere i vincoli di funzionamento).

- Progettazione meccanica
 - o Ingombro: 900 di larghezza, 800 mm di profondità, 2100 mm di altezza,
 - o Peso: 300 kg,
 - o Formato degli scaffali dell'armadio: 19'' (standard europeo).

- Vincoli di funzionamento (temperatura/umidità)
 - o Temperature: tra -40°C e 60°C,
 - o Tasso di umidità sempre inferiore al 90%.

- Varie
 - Grado di protezione: IP54.
 - o Garanzia:
 - 3 anni massimo.

18. Elementi di messa in opera e di manutenzione

Dopo aver descritto il sistema di rilevazione di sagome dal punto di vista progettuale, vediamo ora gli elementi della messa in opera e della manutenzione.

18.1 Messa in opera

Per la messa in opera inizieremo con la descrizione delle operazioni di manutenzione del sistema.

18.1.1 Descrizione

Questa parte descrive la messa in opera del sistema di rilevazione di sagome dal punto di vista dei sensori, dei portali e degli armadi.

18.1.1.1 Sensori

I laser saranno installati su binari che ne consentano la regolazione e l'aggiustamento della posizione a seconda degli assi seguenti (vedere la corrispondenza con la Figura 13):

- Telemetri 1 e simmetrico: spostamenti autorizzati secondo l'asse j di ± 20 cm,
- Emettitori e ricevitori 1 e 2: spostamenti autorizzati secondo l'asse k di $\pm 2,5$ cm nello spazio che separa gli emettitori e ricevitori 1 dagli emettitori e ricevitori 2, e di ± 20 cm verso i lati esterni, così da poter regolare la distanza delle due barriere laser per ottimizzare il filtraggio dei pantografi dei treni (vedere la Figura 16),
- Telemetri 2, 3, 4 e simmetrici: spostamenti autorizzati secondo l'asse i di ± 20 cm.

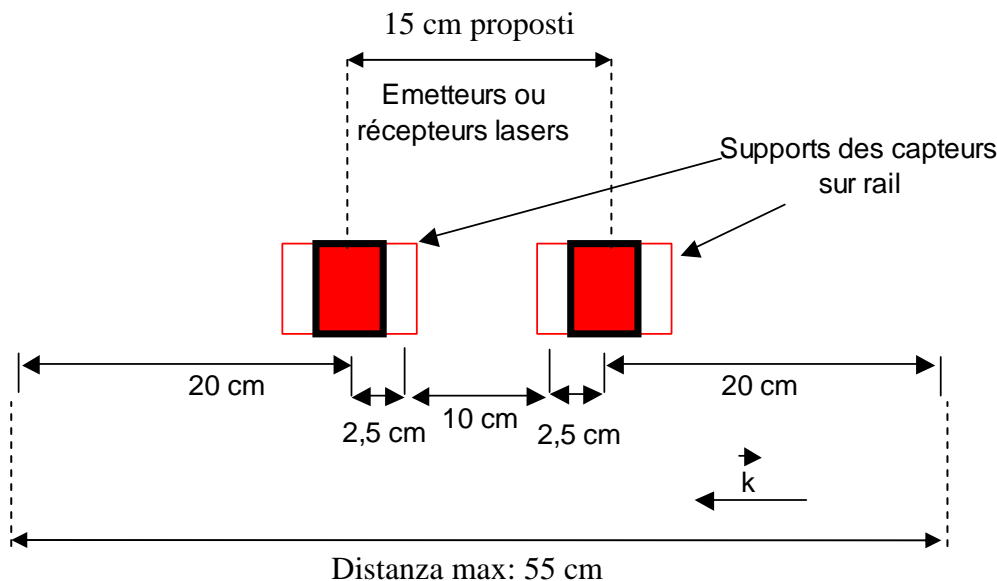


Figura 36 - Spostamenti possibili degli emettitori e dei ricevitori laser

La scelta del lato del portale per la posa dei ricevitori laser dovrà essere operata tenendo conto del fattore che segue: il ricevitore dovrà essere disposto in modo tale che i raggi del sole non entrino mai nella zona attiva del sensore (questo potrebbe avere l'effetto di disturbare la misura).

La divergenza dei fasci luminosi dei laser sarà utilizzata per attenuare il vincolo sull'allineamento dei sensori in emissione e in ricezione e per semplificare per questa ragione la loro messa in opera e le relative regolazioni. Occorrerà tuttavia accertarsi che le dimensioni del punto luminoso sulla distanza che separa gli emettitori dai ricevitori sia inferiore alla distanza minima dei due ricevitori meno il 20%, ovvero il diametro del punto luminoso dovrà essere inferiore a 8 cm. La regolazione delle dimensioni del punto luminoso avverrà giocando sulla distanza focale dell'emettitore.

Il diametro del punto luminoso dovrà essere regolato tra 6 e 8 cm alla distanza che separa gli emettitori dai ricevitori.

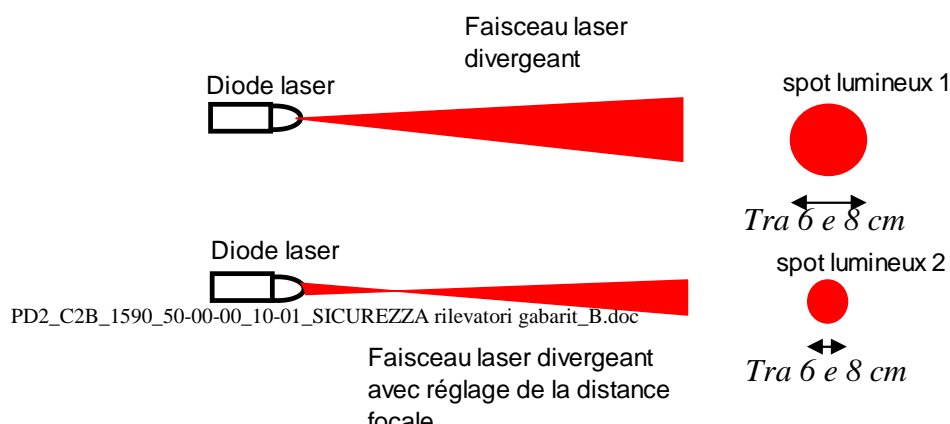


Figura 37 - Regolazione della distanza focale del laser per ottenere un punto luminoso tra 6 e 8 cm

Non occorre mettere gli emettitori e i ricevitori delle due coppie di sensori in senso opposto poiché limitiamo il diametro del punto luminoso a un valore inferiore alla distanza minima dei due ricevitori. Essendo le coppie di sensori emettitori/ricevitori sempre lontane di almeno 10 cm, non vi è rischio di interferenza tra le due coppie.

Per limitare gli effetti delle vibrazioni legate al passaggio dei treni, tutti i sensori ottici collocati dovranno essere fissati sul portale utilizzando delle gomme ammortizzatrici.

Le superfici sulle quali punteranno i telemetri dovranno avere una riflessività sufficiente da permettere le misure prospettate. In caso contrario, una piastra metallica sarà fissata al suolo con l'ausilio di viti al posto della mira dei laser, con la perpendicolare davanti alla piastra in direzione dell'ottica del sensore. La messa in opera di queste piastre non dovrà ostacolare il traffico sul binario né il funzionamento del resto del sistema.

Durante la messa in opera dei sensori telemetrici, dovranno essere effettuati dei test per determinare il valore della precisione dei telemetri per ciascun sensore collocato. Questo valore sarà detratto dal valore soglia il cui calcolo è presentato nel paragrafo 4.2.1.2.

Si regolerà la distanza focale dei telemetri utilizzati per le rilevazioni laterali delle sagome dei treni a metà della distanza tra sensore e suolo.

I supporti dei sensori di classe >1 dovranno prevedere un sistema che impedisca al fascio luminoso proveniente dagli emettitori di entrare nel campo visivo delle persone presenti nei treni (ricordiamo che i laser utilizzati sono di classe 2 e che un contatto prolungato con l'occhio può danneggiare la retina). Questo sistema sarà composto da un pezzo metallico opaco piegato a gomito posto in modo tale da arrestare il fascio luminoso proveniente da un emettitore verso il binario (vedere la Figura 18).

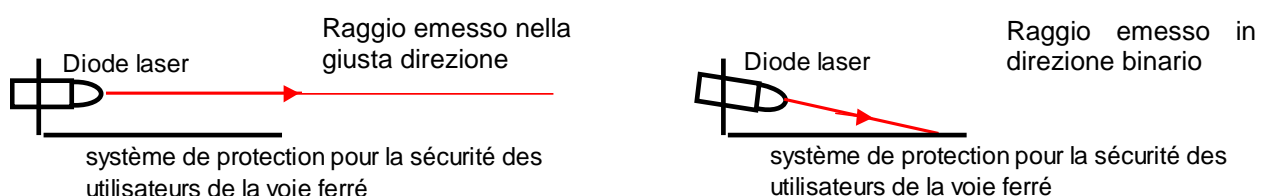


Figura 38 - Sistema di protezione degli utilizzatori della ferrovia

Nota: I sensori le cui temperature di funzionamento non dovessero rispettare i vincoli di funzionamento termici definiti nelle specifiche tecniche dovranno essere inseriti in scatole provviste di termostato.

Rivelatori elettronici di ruota:

Rivelatori magnetici:

Il montaggio al binario dei rivelatori magnetici sarà effettuato tramite dei ganci sotto il portale.

Il rivelatore sarà montato su un supporto a squadra che lo renderà insensibile alle vibrazioni generate dal passaggio dei treni.

Una protezione inferiore sarà installata per proteggere i rivelatori dagli urti delle parti sporgenti.

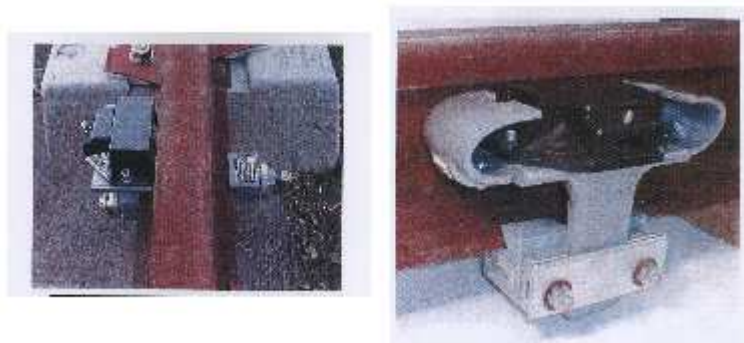


Figura 39 - Foto di montaggio dei rivelatori di assi su gancio con protezione del sensore.

Elettronica di trattamento dei rivelatori di assi:

L'elettronica di trattamento chiusa in una scatola sarà posizionata in prossimità dei rivelatori magnetici, fissata direttamente al portale.

Cavi:

I cavi utilizzati per il collegamento tra i rivelatori di assi e l'elettronica di trattamento dei rivelatori di assi hanno una lunghezza limite di circa 6 m. Questa distanza massima dovrà essere rispettata durante la messa in opera dei sensori.

I cavi utilizzati per il collegamento tra l'elettronica di trattamento dei rivelatori di assi e la postazione locale corrispondente saranno installati in canaline o direttamente nel ballast in una guaina protettiva.

18.1.1.2 Portale

Occorrerà prevedere di installare i portali di rilevazione di sagoma su una sezione piana: le misure sulla sagoma dei treni dovranno essere realizzate su una sezione di binario il cui piano di scorrimento sia orizzontale e, questo, su una distanza sufficientemente lunga perché

ciascun treno sia stabile nella sua posizione. Questo impone implicitamente che la zona di installazione del portale si trovi su una sezione in linea retta con pendenza nulla o scarsa, senza scambio.

Le decisione di collocare un unico telemetro per ciascuna rilevazione laterale dei treni è stata presa per evitare di perdere risoluzione sulla rilevazione degli oggetti fuori sagoma. Per la gestione dei parassiti come le foglie di alberi durante l'utilizzo dei portali, occorrerà prevedere di installare i portali in zone non alberate con latifoglie.

L'installazione dei portali sarà effettuata dopo la posa dei binari e della catenaria. Tuttavia, a causa delle vibrazioni generate dal passaggio dei treni e dell'abbassamento dei binari sul ballast, il portale dovrà essere messo in opera in modo tale che la distanza dal portale alle rotaie e alla piattaforma sia fissa (distanza laterale e orizzontale). Proponiamo quindi di collocare i portali su blocchi in cemento uniti a tiranti/traverse che sostengono le rotaie del binario su cui sarà realizzata la rilevazione. Il blocco in cemento di fondazione dei portali dovrà essere in un unico pezzo onde evitare l'abbassamento eterogeneo dei montanti del portale.

La distanza tra i sensori e le postazioni locali non dovrà superare 40 m a causa dell'attenuazione dei segnali elettrici sulla distanza.

Le prove e le regolazioni finali dei posizionamenti dei sensori ottici potranno essere effettuate sul primo portale che sarà messo in opera.

18.1.1.3 Armadi

Ciascuna postazione locale sarà collocata in un armadio, in prossimità del portale corrispondente. Questo armadio sarà installato sul bordo del binario su un basamento in cemento apposito con camera di distribuzione.

Per la collocazione della postazione locale, si dovrà verificare che la distanza tra la postazione e i sensori di binario non superi la distanza limite ammissibile di 40 m. Le postazioni locali non potranno quindi essere installate a oltre 40 m dal binario.

18.2 Manutenzione

Definiremo ora, per il sistema di rilevazione di sagome, gli interventi da attuare e la relativa periodicità in termini di manutenzione preventiva, correttiva ed eccezionale.

Il periodo degli interventi di manutenzione potrà essere scaglionato in funzione dell'analisi del comportamento del materiale nel corso del primo anno di utilizzo.

18.2.1 Preventiva

La manutenzione preventiva è spesso dovuta all'incrostazione dei sensori. Per i sensori che costituiscono il sistema di rilevazione di sagome, non sono previsti rivelatori di incrostazioni. Occorrerà pertanto prevedere una pulizia regolare dei sensori.

Valori stimati della frequenza delle operazioni di manutenzione necessarie:

- Sensori telemetrici: 6 mesi
- Barriera semplice: 6 mesi
- Rivelatore di assi: 12 mesi
- Postazione locale: 12 mesi

Al termine di 25.000 ore di funzionamento si dovrà procedere a una ritaratura dei sensori laser.

18.2.2 Correttiva

Il dispositivo di rilevazione di malfunzionamento serve a evitare gli interventi di manutenzione correttiva (rilevazione di malfunzionamento tramite assenza di segnale o acquisizione di segnale incoerente proveniente dai sensori). E' anche possibile stimare la data alla quale il sensore dovrà essere cambiato in funzione del proprio utilizzo e dell'MTBF, sapendo che l'elemento più fragile del sensore è il diodo laser.

Valori stimati della frequenza delle operazioni di manutenzione necessarie:

- Sensori telemetrici : > 12 mesi (MTBF diodo laser = 50.000 ore),
- Barriera semplice: > 12 mesi (MTBF diodo laser = 50.000 ore),
- Rivelatore di assi: > 12 mesi
- Postazione locale: > 12 mesi

18.2.3 Rinnovo o manutenzione straordinaria

Gli interventi di manutenzione straordinaria sugli impianti dei binari sono per lo più legati al deterioramento del materiale da parte del materiale rotabile. Parti sporgenti, deragliamenti dei treni, atti dolosi... Risulta difficile fornire una stima della frequenza degli interventi di manutenzione straordinaria.

19. Bilancio di potenza

Il presente paragrafo presenta il bilancio di potenza del sistema di rilevazione di sagoma e termografico.

Il bilancio si farà considerando il funzionamento degli impianti di un portale.

Il bilancio è stato stabilito considerando un funzionamento contemporaneo di tutti gli impianti. Ricordiamo che i sensori del portale sono alimentati dalle postazioni locali.

Designazione	Potenza unitaria (VA)	Quantità	Consumo nominale (VA)
Sistema completo SIL4 portale fuori sagoma su binario doppio	4000	2	8000

Sistema completo SIL4 portale rilevazione sagoma su binario unico	2000	2	4000
Postazione locale	1000	4	4000
Riserva	20%		320
Totale			16.320

** I rivelatori di assi sono valutati con i portali termografici.*

Tabella 8 - Bilancio di potenza

Per ciascuna TGBT che alimenta un portale in un sito di installazione di rivelatori di sagome, il fabbisogno energetico è quindi di **4 kVA** massimo.

Secondo le nostre stime, l'intero sistema di rilevazione di sagoma, aggiungendo le due postazioni centrali, tenendo conto dei quattro siti di installazione dei portali, consumerà **20 kVA**.

Una postazione centrale consuma **1,8 kVA**.

20. Allegati

Caractéristiques des détecteurs de gabarit / Relazione Tecnica Caratteristiche dei rivelatori di Gabarit

20.1 Allegato 1

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 di 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
- LT in esterno	20	07	5		1	1	1	1	2	1		1	1	1	1	1	2		4		3	1	1
<i>Tunnel</i>																							
- Canne ferroviarie	55	09	5		1	5	4	2	3	3		1	1	6	1	1	1		1		3	2	1
- Rami, siti d'intervento e sala 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 9 – Condizioni ambientali

* : per gli impianti situati tra 0 e 2 m dal suolo.

20.2 Allegato 2

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

		2	Significativo
AP	Sismico	1	Trascurabile
		2	Debole
		3	Medio
		4	Forte
AQ	Fulmine	1	Trascurabile
		2	Indiretti
AR	Vento *		
BA	Competenza	1	Ordinarie
		2	Bambini
		3	Disabili
		4	Esperti
		5	Qualificate
BB	Resistenza *		
BC	Contatto con potenziale di terra	1	Assenti
		2	Deboli
		3	Frequenti
		4	Continui
BD	Evacuazione	1	Normali
		2	Difficili
		3	Intasata
		4	Lunga e intasata
BE	Materie	1	Rischi trascurabili
		2	Rischi di incendio
		3	Rischio di esplosione
		4	Rischio di contaminazione
CA	Materiali	1	Non combustibile
		2	Combustibile
CB	Struttura	1	Rischio trascurabile
		2	Propagazione d'incendio
		3	Movimenti
		4	Flessibile

Tabella 10 - Influenze esterne

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

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

A partire dalle diverse designazioni, abbiamo considerato la tabella che segue per la definizione dei fattori di influenza esterna.