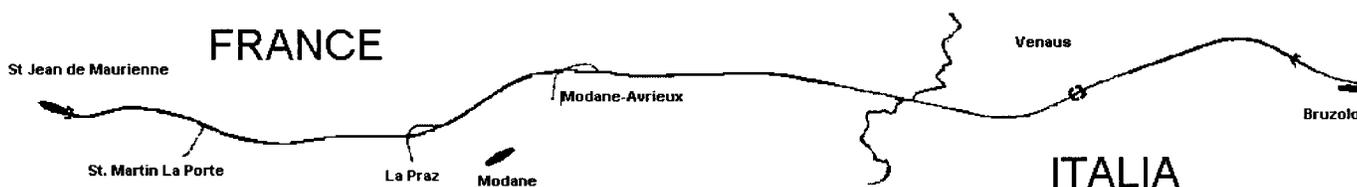


**NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO TRANSALPINO TORINO - LIONE  
NOUVELLE LIAISON FERROVIAIRE TRANSALPINE LYON-TURIN**

**TRATTA CONFINE DI STATO ITALIA/FRANCIA – BRUZOLO**

**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE  
DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N° 443/2001**



**PROGETTO PRELIMINARE**

**SISTEMA RADIO DI SICUREZZA DEI TUNNELS E  
DELLA SICUREZZA DEI BENI E DELLE PERSONE**

Scala :

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato
0	PRIMA EMISSIONE	DELAUBELLE		DUPONT		PRE	22.11.02	
A	EMISSIONE FINALE	DELAUBELLE		DUPONT		PRE	23.01.03	

Rif. Doc	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>T</b>	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>2</b>	<b>N</b>	<b>T</b>	<b>S</b>	:	:	:	<b>S</b>	:	:	:	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>A</b>
	fase	n° S.C.			emittente			tipo doc.	codice geografico			oggetto			n° doc			indice							

## INDICE

1	Introduzione.....	3
2	Descrizione delle aree prese in esame .....	3
2.1	Le aree di trattamento .....	3
2.2	Piano relativo ai mezzi di soccorso .....	4
2.3	I rami.....	4
2.4	Stazione di MODANE.....	5
2.5	I marciapiedi (posizionati lungo tutto il tunnel) .....	5
3	Scenari .....	5
3.1	Numero di rami.....	5
3.2	Configurazioni comuni a tutti gli scenari previsti .....	5
4	Rete radio di sicurezza dei tunnel e di sicurezza dei beni e delle persone .....	6
4.1	Informazioni generali.....	6
4.2	Architettura generale .....	6
4.3	Descrizione generale dei mezzi radio .....	6
4.4	Parco terminali radio.....	7
4.5	Descrizione dei collegamenti radio di soccorso .....	8
4.6	Capitolato d'appalto funzionale semplificato .....	11
4.7	Studio di base.....	14
4.8	Tipo di chiamata radio .....	17
4.9	Protezione .....	17
	ESEMPIO DI COPERTURA RADIO.....	22
4.10	Localizzazione e personalizzazione delle chiamate radio .....	23
4.11	Personalizzazione dei terminali portatili .....	23
4.12	Neutralizzazione dei terminali rubati.....	23
4.13	Connessione su RTC e RTC privata.....	24
4.14	Priorità di chiamata.....	24
4.15	Ergonomia dei terminali radio .....	24
4.16	Perturbazioni e suscettibilità elettromagnetica .....	25
4.17	L'alimentazione in potenza elettrica per la rete 3RP.....	25
4.18	Dimensioni delle attrezzature 3RP .....	25
4.19	Condizioni generali di progettazione e di fabbricazione .....	26
4.20	Autonomia delle batterie dei terminali portatili.....	28
4.21	Riservatezza.....	28
4.22	Aggiornamento .....	28
4.23	Referenziale 3RP .....	28
5	Copertura radio e ingegneria associata .....	29
5.1	Informazioni generali.....	29
5.2	Accoppiamento di più reti RADIO .....	29
5.3	Reti radio da installare (tutti i lotti) .....	32
5.4	Trasmissione del segnale radio su cavo coassiale .....	32
5.5	Trasmissione del segnale radio su fibra ottica .....	32
5.6	Propagazione mediante antenna .....	37
5.7	Propagazione mediante cavo coassiale irradiante.....	39
5.8	Protezione dell'architettura irradiante .....	42
5.9	Architettura .....	45
5.10	Conclusioni .....	57
6	Video.....	62
6.1	Espressione funzionale della necessità .....	62
6.2	Descrizione funzionale .....	62
6.3	Descrizione tecnica della soluzione .....	71
7	Sonorizzazione di sicurezza dedicata alla diffusione dell'allarme di evacuazione.....	77

7.1	Informazioni generali.....	77
7.2	Norme .....	82
7.3	Materiale utilizzato .....	82
7.4	Alimentazione di energia elettrica .....	83
7.5	Diffusori sonori.....	84
7.6	Principi di cablaggio della linea degli altoparlanti. ....	84
7.7	Vicinanza della catenaria .....	88
8	Telefonia d'allarme .....	88
9	Temperature.....	88
10	Caratteristiche tecniche e funzionali generiche .....	88
11	Costi stimati.....	89
11.1	Costi del sistema radio.....	89
11.2	Costi del sistema di sonorizzazione.....	92
11.3	Costo del sistema di sorveglianza video.....	92
11.4	Costo globale del sistema di telecomunicazione .....	94

## 1 Introduzione

Le reti di telecomunicazione rappresentano una parte preponderante della realizzazione dei nuovi sistemi, servizi ed opere. La disponibilità di questi diversi sistemi di telecomunicazione diventa imprescindibile e di primaria importanza quando vi è la necessità di disporre di mezzi adeguati che assicurino gli interventi di sicurezza e di soccorso. Il presente documento evidenzia l'importanza di poter disporre di mezzi di soccorso e di sicurezza affidabili e sicuri.

Il documento descrive i sistemi e le attrezzature di telecomunicazione che verranno utilizzati all'interno dei tunnel dei collegamenti ferroviari oggetto dello studio. Verranno presi in esame esclusivamente i mezzi di telecomunicazione funzionali alla sicurezza del tunnel e dei materiali e delle persone che vi circolano e non quelli utilizzati per il normale esercizio ferroviario.

Il documento affronta gli aspetti relativi alle immagini video, all'audio e alle comunicazioni radio in funzione delle operazioni di soccorso e di sicurezza dei beni e delle persone. Tratta in generale l'argomento dei mezzi di telefonia d'allarme senza entrare nei dettagli, in quanto tale sistema non riguarda il lotto 2.

Lo studio non esclude l'esame della pertinenza e dell'armonizzazione dei diversi mezzi di telecomunicazione per ridurne al minimo il numero ed ottimizzarne la sicurezza.

Il documento affronta inoltre gli aspetti funzionali ed economici.

Lo studio terrà conto delle eventuali specificità (fattispecie) di ciascun aspetto preso in esame, ma si basa per la maggior parte sull'esame di casi standard. I diversi scenari ipotizzati dal genio civile per i tunnel verranno analizzati e saranno oggetto di commenti particolari ove si presentasse la necessità di adattarli o/e modificarli.

Per ciascuna area particolare relativa alle telecomunicazioni vi sono delle attrezzature e delle architetture che prevedono la sicurezza e la ridondanza delle attrezzature situate in punti nevralgici della rete.

## 2 Descrizione delle aree prese in esame

### 2.1 Le aree di trattamento

#### Scopo:

Consentono di gestire i problemi che si presentano nel caso di incendio su un treno.

Ne esistono di due tipi:

#### **a) La stazione di sicurezza**

Nel progetto ALPETUNNEL si trova a livello di Modane. Tale area è riservata per tutti i treni ed è dotata di:

- ⇒ un accesso di sicurezza attraverso le discenderie;
- ⇒ una sala di accoglienza (larga 450 m);
- ⇒ dei rami che consentono l'accesso dei mezzi di soccorso (a cui vengono riservati 2 rami) ed altri per l'evacuazione dei passeggeri (1 ogni 50 m);
- ⇒ un impianto di evacuazione dei fumi e di nebulizzazione;
- ⇒ una sala medica.

#### **b) I siti e le stazioni di intervento**

I siti d'intervento destinati all'evacuazione principalmente dei treni merci ed AF e non dei TAV:

- ⇒ sono posti all'entrata del tunnel (= sito d'intervento);

- ⇒ sono posti all'estremità ovest della galleria di Venaus e in mezzo al tunnel ai piedi di ciascuna discenderia (St martin la porte e La Praz) con accesso diretto ai tubi (stazioni d'intervento);
- ⇒ dispongono di sistemi di evacuazione dei fumi e di nebulizzazione;
- ⇒ dispongono di un accesso di sicurezza attraverso le discenderie con la possibilità di stazionamento e di inversione. Quest'area è dotata di un punto d'accesso al tunnel;
- ⇒ sono attrezzate per una distanza di 750 m.

## 2.2 *Piano relativo ai mezzi di soccorso*

### a) Alla testa del tunnel

- ⇒ un accesso stradale;
- ⇒ una piattaforma di soccorso per le prime cure;
- ⇒ un'area di intervento immediato;
- ⇒ un'area di stazionamento per veicoli e mezzi;
- ⇒ un'area di atterraggio per elicotteri.

### b) Le discenderie (St martin la porte e la Praz, Modane, accesso ovest galleria di Venaus)

#### all'esterno

- ⇒ un accesso stradale;
- ⇒ una piattaforma di soccorso per le prime cure;
- ⇒ un'area di stazionamento per veicoli e mezzi;
- ⇒ un'area di atterraggio per elicotteri.

#### all'interno della discenderia

- ⇒ consente la circolazione dei veicoli di soccorso e di manutenzione;
- ⇒ possibile punto d'incrocio visibile da una parte all'altra (area di max 400 m);
- ⇒ declivio di max 12%.

#### a livello dei tunnel

- ⇒ piattaforma di soccorso;
- ⇒ tre accessi a ciascun tubo;
- ⇒ area per lo stazionamento e l'inversione dei veicoli.

## 2.3 *I rami*

- ⇒ distanziati di 400 m l'uno dall'altro per tutto il tunnel;
- ⇒ distanziati di 100 m a livello di MODANE;
- ⇒ dotati di porta tagliafuoco telecomandata elettronicamente in remoto e manovrabile manualmente in locale;
- ⇒ dotati di locali tecnici ad altri tipi di locali.

### Due tipi di rami:

#### a) Rami di comunicazione

- ⇒ 4 unità di passaggio di larghezza e 2,2 m di altezza;
- ⇒ la loro distribuzione è ottimizzata al fine di avere un ramo in corrispondenza di ciascuna estremità delle aree attrezzate (stazione d'intervento);
- ⇒ sono dotati di un telefono presso ogni entrata;
- ⇒ dispongono di sistemi di sicurezza (illuminazione, prese di corrente, ecc.).

**b) Rami tecnici**

⇒ 1 ramo su 5 è dotato di attrezzature tecniche (rilevamento antincendio, ecc.).

## **2.4 *Stazione di MODANE***

È situata tra le due teste del tunnel ed è dotata di:

- ⇒ binario di stazionamento di 1500 m per senso di circolazione;
- ⇒ 2 linee di stazionamento per i treni di soccorso collegate ad uno dei binari di stazionamento e che consentono l'accesso ai 4 semitunnel che circondano la stazione (a cui non si fa riferimento nel resto della documentazione).

Questa stazione sarà dotata di veicoli ferroviari d'intervento e vi sarà del personale in servizio permanente. Sarà dotata inoltre dell'unico posto di comando con una sala operativa per l'unità di crisi.

## **2.5 *I marciapiedi (posizionati lungo tutto il tunnel)***

### **2 tipi**

**a) Marciapiede di evacuazione**

- ⇒ Larghezza 1,2 m;
- ⇒ Dotato di segnaletica di sicurezza.

**b) Marciapiede di servizio**

- ⇒ Assicura la manovrabilità delle ruote in caso di deragliamento;
- ⇒ Consente l'ispezione degli organi di rotolamento dei materiali.

## **3 Scenari**

### **3.1 *Numero di rami***

Il numero di rami presi in considerazione si aggira intorno a 175.

### **3.2 *Configurazioni comuni a tutti gli scenari previsti***

Accesso ovest del tunnel principale ed accesso est del tunnel di Bussoleno:

**a) un sito d'intervento**

- ⇒ 1 accesso stradale;
- ⇒ 1 piattaforma di soccorso per le prime cure e la cernita dei feriti;
- ⇒ 1 area d'intervento nelle immediate vicinanze della testa del tunnel ;
- ⇒ 1 area di stazionamento per il coordinamento e la gestione dei veicoli e dei mezzi;
- ⇒ 1 area di atterraggio per elicotteri.

**b) 3 stazioni d'intervento.**

*Per gli schemi di configurazione previsti vedere il documento allegato (rif: note tecniche descrittive NTP IG.TL N°11 capitolo 2).*

## **4 Rete radio di sicurezza dei tunnel e di sicurezza dei beni e delle persone**

### **4.1 Informazioni generali**

La rete radio sarà concepita per consentire lo scambio delle informazioni relative alla sicurezza tra i vari responsabili ed i servizi di sicurezza, di soccorso e di manutenzione. Lo studio viene condotto mettendo a frutto le nostre conoscenze e la nostra esperienza in materia di necessità funzionali e dei diversi sistemi e tecnologie nel campo delle radiocomunicazioni professionali.

### **4.2 Architettura generale**

Il sistema radio si divide in due parti:

- 1) La parte del sistema relativa ai trasmettitori/ricevitori radio e alla gestione centralizzata;
- 2) La parte prettamente ingegneristica della rete radio che deve coprire l'insieme dei tunnel ferroviari, le parti\* esterne ed interne di accesso in cui (o su cui) i servizi di soccorso e di sicurezza devono intervenire.

\* che includono i siti d'intervento esterni, le stazioni di intervento all'interno del tunnel, la stazione di sicurezza alla stazione di Modane, le diverse discenderie, i rami, gli accessi stradali, le piattaforme di soccorso per le prime cure, le aree di stazionamento per i veicoli stradali e ferroviari, le aree di atterraggio per elicotteri, la sala medica.

### **4.3 Descrizione generale dei mezzi radio**

Di seguito vengono elencate le diverse reti radio:

- 1) Una rete radio digitale (responsabilità del lotto 1) nella banda di frequenza di 900 MHz per l'esercizio ferroviario (rete radio per i servizi di esercizio e di manutenzione ferroviaria):
  - ⇒ Utilizza il GSM.R;
  - ⇒ Copre la piattaforma ferroviaria, i tunnel, i diversi locali e tutti gli accessi.
- 2) L'utilizzo e l'accoppiamento del GSM pubblico (responsabilità del lotto 1) con la rete GSMR.
- 3) Una rete radio di soccorso e di sicurezza appannaggio dell'operatore ferroviario (responsabilità del lotto 2) descritta qui di seguito:

Utilizzo di una rete digitale ad accesso collettivo (3.R.P.) su una tecnologia P.M.R. largamente diffusa in Europa e coerente con le future reti di radiocomunicazione dei servizi di sicurezza e di soccorso e che assicura un certo grado di compatibilità (ancora da definire) con le altre reti radio [tecnologia PMR (Private Mobile Radio) digitale tipo TETRAPOL]. Questa rete viene utilizzata sia dall'operatore che dai servizi di soccorso e di sicurezza.

Il sistema di radiocomunicazione di soccorso e di sicurezza si compone di:

- ⇒ Un'infrastruttura completa 3 RP [tecnologia PMR (Private Mobile Radio) digitale tipo TETRAPOL] con:
- 1 commutatore di gestione principale e 2 secondari;
  - 1 console di manutenzione e supervisione;
  - Interfaccia PABX (10 collegamenti alla rete telefonica);
  - 1 posto operatore (dispatching);
  - 1 sistema di registrazione delle conversazioni e dell'attività della rete radio;
  - 7 stazioni relè radio a 12 canali;
  - 200 terminali portatili con batteria di riserva (con custodia, batteria, caricabatterie, antenna);
  - 30 terminali radio mobili (kit adattatore per auto);
  - terminali fissi:
    - ❖ 30 terminali con fili;
    - ❖ 20 terminali radio.
  - 12 canali fisici (2 linee di segnalazione e 10 linee di traffico).

#### 4.4 Parco terminali radio

Il numero dei diversi terminali radio dovrà essere indicato nella tabella seguente di concerto con l'accomandante.

Servizi per l'utente	Terminali				Interfaccia con	
	Portatili	Mobili	Fissi	Consolle con fili	RTC pubblica	RTC del concessionario
Vigili del fuoco francesi						
Vigili del fuoco italiani						
Polizia francese						
Carabinieri italiani						
Pronto soccorso francese						
Pronto soccorso italiano						
Sicurezza civile e amministrazione francese						
Sicurezza civile e amministrazione italiana						
Operatore della rete ferroviaria (assistenza tecnica e manutenzione)						
Servizio del concessionario dei tunnel (direzione, assistenza tecnica e manutenzione)						
Varie						

## ***4.5 Descrizione dei collegamenti radio di soccorso***

Il presente capitolo descrive le comunicazioni radio (necessarie in caso di incidente) che dovranno essere garantite dalla rete radio di soccorso (lotto 2).

La rete radio deve consentire ai diversi mezzi di soccorso e di sicurezza (francesi ed italiani) di organizzare e garantire l'evacuazione delle persone. Deve dunque essere in grado di stabilire un collegamento tra il PCC (Posto di comando centrale) ed i PCA (Posto di comando avanzato) ed i PCO (Posto di comando operativo) di ognuna delle entità che lavorano all'interno del tunnel (polizia, SAMU, carabinieri, ecc.).

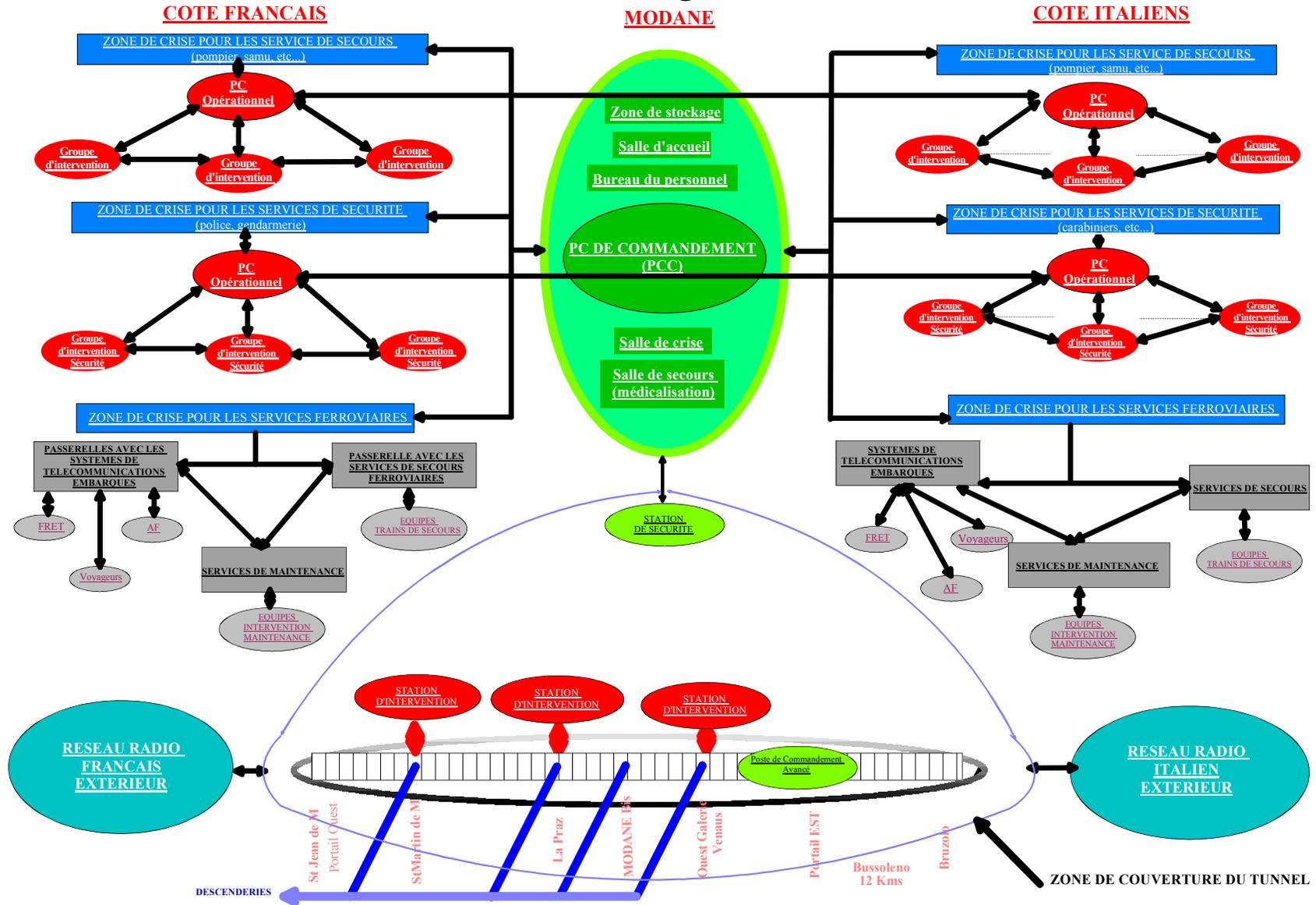
Le schema di seguito riportato illustra la struttura dei collegamenti radio necessari ai mezzi di soccorso per:

- ⇒ I servizi di sicurezza (francese e/o italiano);
- ⇒ I servizi di soccorso;
- ⇒ I responsabili del tunnel (regolazione, manutenzione, ecc.).

E tutto ciò a vari livelli:

- ⇒ Accessi e all'interno del tunnel (o dei tunnel);
- ⇒ Rami;
- ⇒ Posti di comando (passando per la sala anticrisi situata a Modane);
- ⇒ Stazioni e siti d'intervento;
- ⇒ Stazione di sicurezza.

# Schema dei collegamenti radio



## Schema dei collegamenti radio (Legenda)

Accesso francese      Modane      Accesso italiano  
Zona di crisi per i servizi di soccorso (pompieri, pronto soccorso, ecc.)  
PC operativo      Gruppo d'intervento  
Area di stoccaggio      Sala d'accoglienza      Ufficio del personale  
Zona di crisi per i servizi di sicurezza (polizia, carabinieri, ecc.)  
PC operativo      Gruppo d'intervento sicurezza  
Posto Centrale di Comando      Sala di crisi      Sala medica  
Zona di crisi per i servizi ferroviari  
Passerelle con i servizi di telecomunicazione      Passerelle con i servizi di soccorso ferroviario  
Sistemi di telecomunicazione      Servizi di soccorso  
Merci      AF      Passeggeri      Squadre treni di soccorso  
Servizi di manutenzione      Squadre d'intervento manutenzione  
Stazione di sicurezza  
Stazione d'intervento  
Posto di comando avanzato  
Rete radio francese esterna      Rete radio italiana esterna  
Discenderie      Zona di copertura del tunnel

## **4.6 Capitolato d'appalto funzionale semplificato**

### **4.6.1 Programma funzionale dei collegamenti radio necessari per la sicurezza**

La rete deve consentire:

- ⇒ di stabilire la comunicazione con tutti gli utenti presi singolarmente (chiamata selettiva individuale) o in gruppo con possibilità di chiamata generale o di gruppo.
- ⇒ di potersi collegare da terra all'impianto di sonorizzazione del treno mediante delle apposite passerelle
- ⇒ di inviare e ricevere messaggi scritti.

I collegamenti vengono utilizzati sia dall'operatore che dai mezzi di soccorso. Inoltre, sarà necessario dedicare delle linee di traffico ai mezzi di soccorso riservandogli un numero sufficiente di canali radio e/o dirottando sul sistema centrale di gestione della rete 3RP le comunicazioni prioritarie. La rete consente di estendere all'interno del tunnel tutti i collegamenti radio esterni e viceversa.

Inoltre, si potrà prevedere la possibilità di telecomandare individualmente e/o in modo centralizzato alcuni impianti dei tunnel, dei rami, delle discenderie tramite la rete radio (alimentazione, rilevamento antincendio, porte, illuminazione...) in modo da raddoppiare il grado di sicurezza delle comunicazioni via cavo la cui interruzione potrebbe essere causata, ad esempio, dal fuoco e/o da un deragliament.

Tutti i comandi si trovano nell'apposita sala gestita da alcuni operatori ed un supervisore (PCC e una sala operativa anticrisi).

La copertura radio viene assicurata in tutte le aree interessate (tunnel, gallerie di servizio, discenderie, aree di sicurezza, rami, locali tecnici ...) e per tutte le entità interessate: operatori ferroviari, servizi di manutenzione, vigili del fuoco ed altri servizi di soccorso e d'intervento.

### **4.6.2 Analisi funzionale relativa all'interfaccia tra i collegamenti di esercizio e quelli di sicurezza**

Le reti di telecomunicazione (radiocomunicazione, video, sonorizzazione, telefonia d'allarme) si appoggiano all'impianto di base proposto nel lotto 1. Nel presente studio, si considera che tale impianto è altamente protetto e garantisce il massimo grado di sicurezza di funzionamento.

### **4.6.3 Analisi funzionale**

Nello schema riportato di seguito le principali sfere funzionali sono collegate o meno da archi che rappresentano i collegamenti da garantire mediante il sistema. L'analisi funzionale da condurre sugli utenti ed i centri decisionali della rete radio consentirà di descrivere in dettaglio i collegamenti da garantire. Infine, questa analisi funzionale definirà i parametri da programmare all'interno del sistema di gestione della rete 3RP.





## 4.7 Studio di base

La rete di soccorso copre l'insieme degli impianti del tunnel, tra cui:

- ⇒ I binari ed i marciapiedi contigui;
- ⇒ Le diverse stazioni di sicurezza e d'intervento, nonché i loro punti di accesso esterni (discenderie, sala d'accoglienza, ecc.);
- ⇒ I rami;
- ⇒ Tutti gli accessi.

A questo scopo, diversi scenari sono prefigurabili per garantire la copertura completa del sito:

- ⇒ Un solo relè con discesa di antenne;
- ⇒ Diversi relè radio (ad esempio a livello delle discenderie e in corrispondenza degli accessi del tunnel), con discesa di antenne.

A causa dell'estensione del tunnel, delle aree da coprire e dei vincoli di protezione e di sicurezza di funzionamento del sistema radio, viene adottata la seconda soluzione.

L'insieme degli impianti d'intervento (di sicurezza o di soccorso) deve essere dotato di attrezzature adatte a gestire le chiamate provenienti da o rivolte alle squadre coperte dalla rete radio di soccorso, quali:

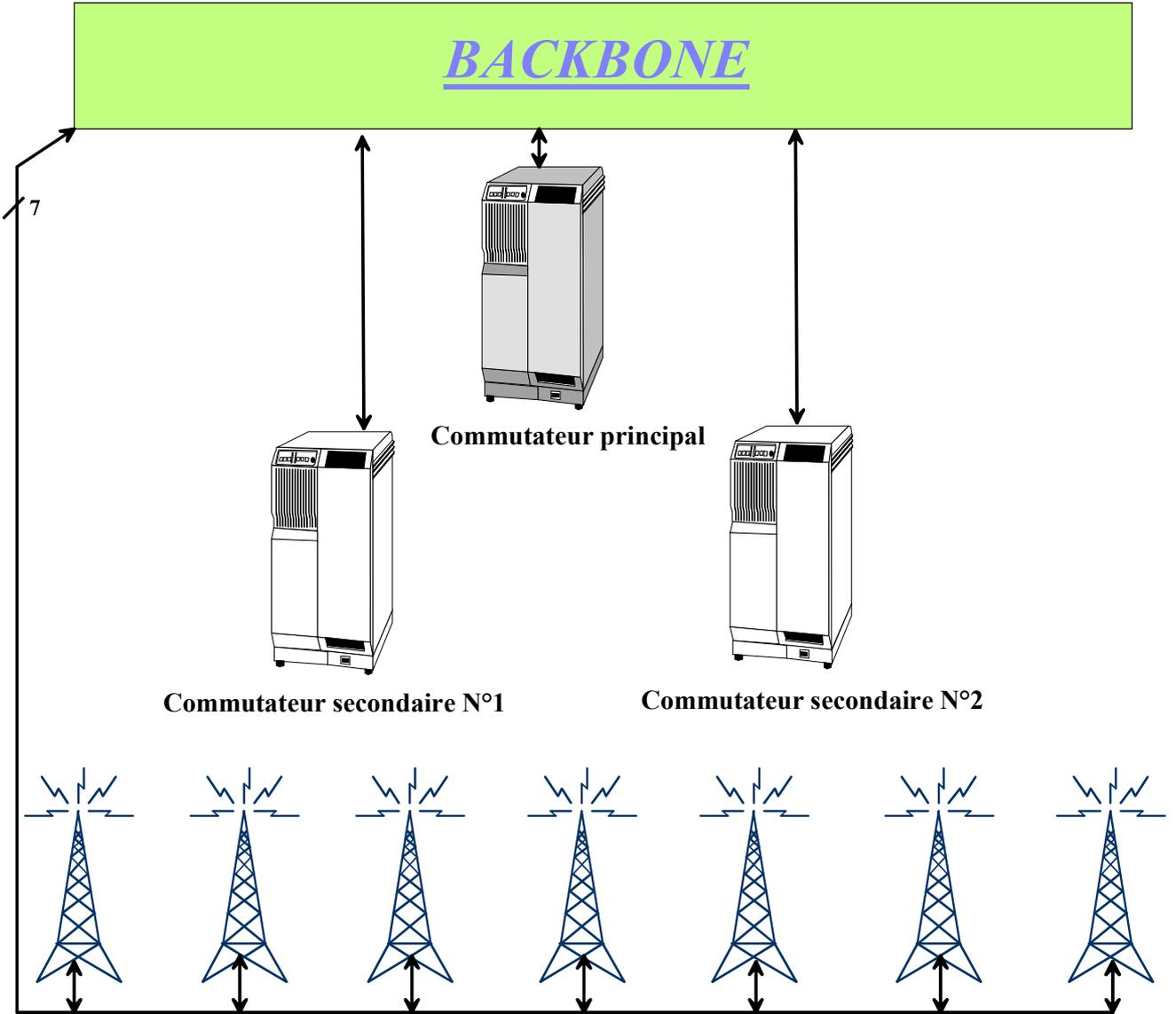
- ⇒ Le squadre di soccorso (vigili del fuoco, ecc.), situate all'esterno (PCO) e all'interno (PCA);
- ⇒ Le squadre di sicurezza ed i relativi PCA e PCO;
- ⇒ Ove necessario, un gruppo d'intervento esterno al tunnel di cui però non si tratterà in questa sede.

Questi collegamenti verranno stabiliti mediante il seguente equipaggiamento:

- ⇒ **Ricetrasmittente portatile PMR**, in grado di
  - funzionare in un ambiente difficile;
  - gestire le chiamate individuali, di gruppo o di emergenza;
  - gestire le chiamate esterne (RTC, RTCP della rete, ecc.);
  - funzionare:
    - ❖ sotto copertura della rete;
    - ❖ in modalità diretta (da posto a posto), vedere spiegazione;
    - ❖ mediante un sistema particolare che consente di garantire su una determinata area la copertura radio necessaria per l'intervento delle squadre di soccorso (transponder, ecc..).
- ⇒ **Stazione di base**, apparecchio per ufficio che offre un'ergonomia particolarmente adatta per l'utilizzo (microfono da tavolo, altoparlante esterno). Questa attrezzatura utilizza un collegamento radio per connettersi alla rete.
- ⇒ **Console da tavolo**. Questo apparecchio è la versione con fili della stazione di base. È particolarmente adatta per gestire le stesse funzioni della ricetrasmittente portatile.

Lo schema riportato di seguito illustra l'architettura generale dell'equipaggiamento radio (fuori dal sistema di copertura radio). Le 7 stazioni relè previste sono interconnesse tra loro grazie ad un'architettura di telecomunicazione ad anello che si appoggia sulla struttura prevista nel lotto 1. I due commutatori secondari ed il commutatore principale si inseriscono nella struttura di base allo stesso modo.

# PRINCIPE D'INTERCONNEXION ENTRE LES EQUIPEMENTS RADIO



Principi di interconnessione tra le attrezzature radio

Backbone

Commutatore principale

Commutatore secondario 1

Commutatore secondario 2

7 relè radio

Posto di comando avanzato Gruppo di sicurezza

Posto di comando avanzato Gruppo di soccorso

## **4.8 Tipo di chiamata radio**

I collegamenti radio si effettuano:

- ⇒ Tra i terminali mediante l'infrastruttura fissa:
  - in semi-duplex alternato o in duplex;
- ⇒ Tra i terminali radio senza passare per l'infrastruttura fissa:
  - in simplex alternato. Questo tipo di collegamento consente di disporre di collegamenti radio a breve distanza tra i terminali anche quando l'infrastruttura fissa non funziona.

La rete 3RP consente di effettuare i seguenti tipi di chiamata:

- ⇒ Chiamata generale o di conferenza;
- ⇒ Chiamata di gruppo;
- ⇒ Chiamata di flotta;
- ⇒ Chiamata individuale;
- ⇒ Chiamata di emergenza,
- ⇒ Chiamata di zona:
  - Allo scopo di ottimizzare le possibilità di comunicazione radio, il sistema consente di effettuare delle chiamate per aree mirate in funzione dell'ubicazione dei terminali. Questa possibilità consente di liberare le cellule per poter stabilire dei collegamenti radio nell'area o nelle aree non occupate; consente inoltre di non passare sistematicamente per la «chiamata generale» per non dover mobilitare ogni volta tutta la rete di comunicazione lasciando così la possibilità al sistema di smaltire anche le altre comunicazioni.

## **4.9 Protezione**

### **4.9.1 Sicurezza del funzionamento in modo degradato**

L'equipaggiamento radio e l'architettura di trasmissione tramite antenna associata sono protette per consentire al sistema di funzionare normalmente anche se si dovesse verificare un guasto su un componente del sistema. Un guasto materiale del sistema non è tollerato.

Ne consegue che l'equipaggiamento, l'ingegneria del sistema antenna associata e la copertura radio hanno un livello di ridondanza alto per tutti quei componenti che potrebbero essere colpiti direttamente dal fuoco e/o da un incidente ferroviario. Per alto livello di ridondanza si intende la presenza di elementi fisicamente separati da una distanza che consente al sistema di continuare a funzionare malgrado il guasto ad un elemento dell'infrastruttura radio che può subire le conseguenze di un incidente ferroviario o di un incendio. Gli equipaggiamenti sufficientemente distanti dai siti che possono subire le conseguenze di un incidente hanno un livello normale di ridondanza.

In caso di guasto o di indisponibilità di uno dei componenti della rete radio, il sistema effettua una diagnostica e passa automaticamente sull'equipaggiamento o la copertura radio ridondata. In questi casi un allarme permanente, all'inizio sonoro ed in seguito luminoso collegato a un organo di esercizio e di supervisione del sistema indica agli operatori che un elemento della rete radio è difettoso. Il ritorno allo stato normale avviene dopo aver riparato ed aver rimesso in funzione l'equipaggiamento guasto.

### **4.9.2 Sistema di protezione della rete 3RP**

La rete radio è protetta e consente la protezione totale della rete 3 RP.

Sul PC di supervisione appaiono degli allarmi normali e gravi ogni volta che sul sistema viene riscontrato un malfunzionamento.

L'equipaggiamento o le schede elettroniche sono ridondati per cercare di ovviare immediatamente agli eventuali guasti (alimentazione, sistema di gestione...). Lo stesso vale per tutti i sistemi informativi (database, configurazione...).

Per l'architettura di trasmissione, in caso di rottura di uno o più collegamenti che provoca l'isolamento delle stazioni fisse collegate, interamente o in parte, queste ultime rimangono utilizzabili in monosito senza comprometterne le prestazioni funzionali.

L'architettura di ingegneria del sistema antenna è protetta in modo da poter disporre nello stesso luogo di una doppia copertura radio. I cavi irradianti sono dotati di doppia alimentazione su ciascuna estremità che permette di funzionare anche in caso di rottura del cavo.

L'architettura delle fibre ottiche utilizzate nelle interfacce Frequenze radio / Fibre ottiche (RF/FO) e Fibre ottiche / Frequenze radio (FO/RF) è protetta in modo tale da non poter provocare interruzioni della copertura radio.

### **4.9.3 Modo degradato dell'infrastruttura fissa del sistema radio**

#### **4.9.3.1 Modo diretto**

Il modo diretto consiste nella possibilità per i terminali radio di collegarsi direttamente senza passare per un'infrastruttura fissa. In questo caso il collegamento radio funziona in modo simplex alternato.

La tecnologia utilizzata per il sistema radio, oltre ai collegamenti radio ad accesso collettivo tramite l'infrastruttura fissa protetta e ridondata a livello della copertura radio, rende possibile l'utilizzo del modo diretto tra i terminali.

#### **4.9.3.2 Funzionamento in situazione degradata (soccorso)**

In caso di guasto:

- ⇒ Della linea di segnalazione, il sistema di gestione trasforma automaticamente una linea di traffico in linea di segnalazione. La rete 3 RP continua a funzionare con  $N - 1$  canali;
- ⇒ Di una linea di traffico, il sistema di gestione non assegna più questa linea. La rete 3 RP continua a funzionare con  $N - 1$  canali;
- ⇒ Del sistema di gestione centrale;
  - La rete 3 RP funziona solamente in modo di trasmissione.
- ⇒ Di un armadio o di più armadi radio:
  - I terminali vengono commutati manualmente e/o automaticamente in modo diretto attraverso la selezione di parametri.
- ⇒ Di un collegamento tra i siti, ciascuna infrastruttura funziona in monosito, senza comprometterne le prestazioni funzionali.
- ⇒ Il sistema abilita la comunicazione diretta tra i diversi terminali in situazione normale ed in situazione degradata della rete.

#### **4.9.3.3 Mezzi radio complementari a disposizione in situazione degradata**

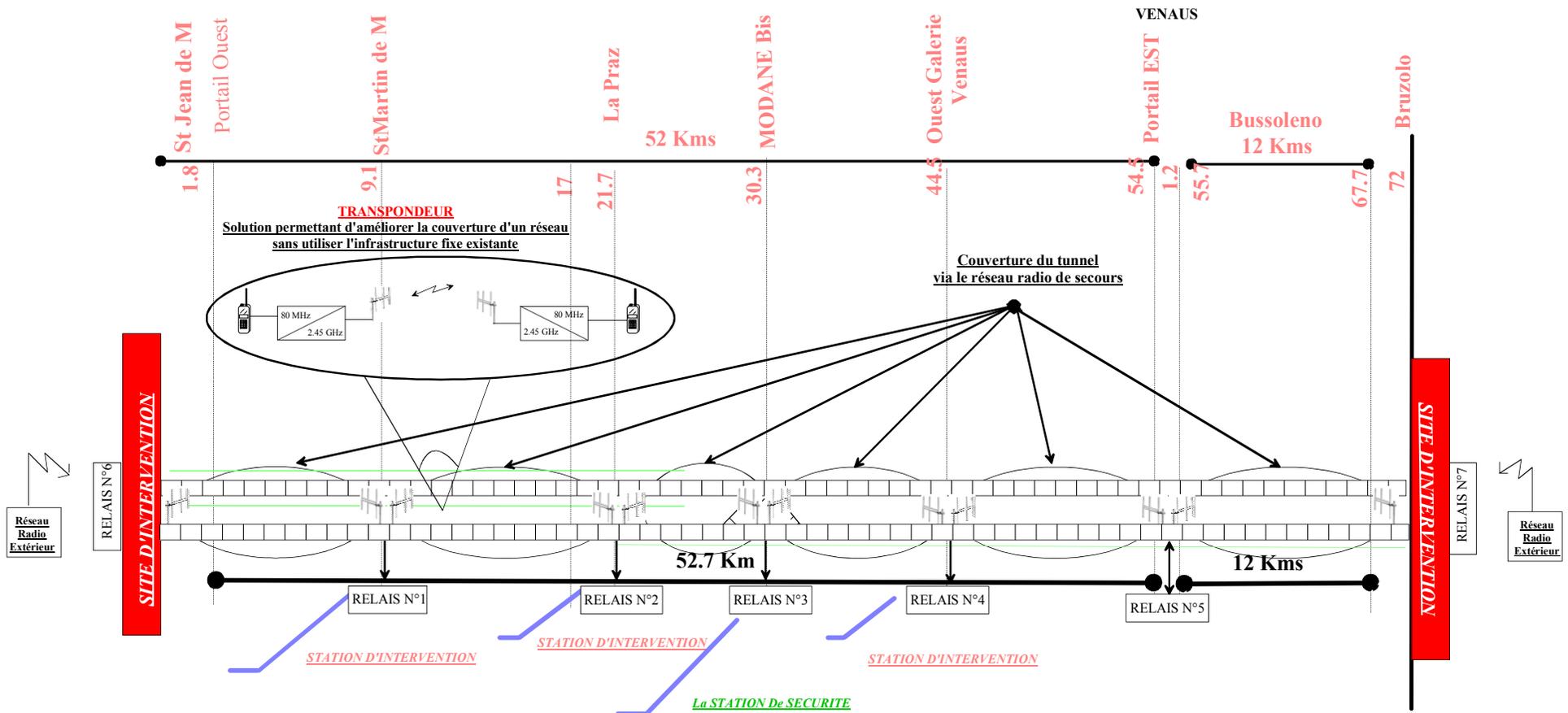
Vedere lo schema riportato di seguito.

Oltre alle varie soluzioni adottabili in situazione degradata della rete elencate in precedenza, si può prevedere anche l'impiego di una rete radio mobile autonoma con trasponder che consente di prolungare i collegamenti radio in modo diretto (simplex alternato) utilizzando dei sistemi mobili.

Questo sistema si compone di:

- ⇒ Due pali telescopici trasportabili;
- ⇒ Due antenne direzionali in banda di frequenza da 2 a 3 GHz;
- ⇒ due «transponder» che effettuano la conversione delle frequenze tra la banda utilizzata dai terminali radio portatili e la frequenza utilizzata per effettuare il ponte di collegamento radio tra i due pali.

# EXEMPLE DE COUVERTURE RADIO





## ESEMPIO DI COPERTURA RADIO

Transponder Soluzione che consente di migliorare la copertura di una rete senza utilizzare l'infrastruttura fissa esistente

Copertura del tunnel tramite la rete radio di emergenza

Rete radio esterna    Relè N. 6    Sito d'intervento    Relè N.7    Rete radio esterna

Relè N. 1 (2/3/4...)

Stazione d'intervento

Stazione di sicurezza

#### ***4.10 Localizzazione e personalizzazione delle chiamate radio***

Il sistema di radiocomunicazione include un sistema che consente di localizzare con estrema precisione le chiamate (necessità funzionale imperativa in caso di chiamata di emergenza, opzionale per una chiamata normale).

È necessario un sistema di localizzazione più preciso rispetto all'identificatore di stazione di base-ripetitore per i terminali portatili e mobili.

Deve essere possibile localizzare i terminali portatili nella zona opaca (interno dei locali, tunnel, sotterranei...).

Le informazioni di localizzazione vengono visualizzate tramite una semplice applicazione che gira su un sistema operativo presso il PCC e nella sala di crisi.

#### ***4.11 Personalizzazione dei terminali portatili***

Il sistema radio consente di personalizzare i terminali portatili. Per personalizzazione si intende una funzione che consente a chi utilizza il terminale radio di inserire il proprio nominativo su un terminale radio all'inizio del proprio servizio digitando ad esempio il proprio nome sulla tastiera. Un database presso il centro nodale di gestione del sistema radio registra il nome dell'utente e/o un alias che rappresenta la funzione svolta (con un formato alfanumerico specifico ancora da definire) e vi associa il numero del terminale radio. Questa funzione consente agli operatori fissi di chiamare selettivamente un utente utilizzandone il nome e/o l'alias che rappresenta la funzione da lui svolta. Questa funzione consente altresì di semplificare l'uso dei radio trasmettitori/ricevitori.

I terminali vengono peraltro identificati chiaramente sulle console di esercizio del sistema radio fisso grazie ad un codice alfanumerico che consente agli operatori fissi di riconoscere immediatamente il profilo della persona che chiama (gruppo, flotta di appartenenza...).

#### ***4.12 Neutralizzazione dei terminali rubati***

Il sistema radio utilizzato consente di neutralizzare a distanza un terminale radio perduto o rubato, ad esempio cancellando il numero del terminale in questione dal database centrale e di personalizzazione.

#### **4.13 Connessione su RTC e RTC privata**

Il sistema radio è connesso alla rete RTC privata e pubblica in modo da consentire ai terminali radio in movimento di mettersi in collegamento con un utente della rete telefonica.

Il sistema radio consente di stabilire tanti collegamenti alla rete telefonica quante sono le linee di traffico disponibili.

Le priorità tra le chiamate telefoniche in entrata ed in uscita e le chiamate radio (in particolare, le chiamate di emergenza) dovranno essere definite più avanti nel corso di un'analisi funzionale dettagliata. Come regola generale, per questo tipo di reti di soccorso e di sicurezza sono pochi i terminali autorizzati a collegarsi alla rete telefonica commutata.

Solo i terminali radio autorizzati potranno chiamare l'RTC privata dell'operatore ferroviario e l'RTC pubblica (un'ulteriore analisi funzionale consentirà di definire quali saranno gli utenti autorizzati).

#### **4.14 Priorità di chiamata**

Il sistema radio implica una gestione delle priorità di chiamata che consenta alle chiamate di emergenza di avere sempre la priorità.

In caso vi siano più chiamate di emergenza in corso, queste vengono gerarchizzate in funzione della tipologia del trasmettitore/ricevitore da cui parte la chiamata. Questa tipologia è registrata in un database incluso nell'organo di gestione del sistema radio.

L'analisi funzionale dettagliata da realizzare in un secondo momento permetterà di concordare con l'accomandante i diversi livelli di priorità esistenti tra le diverse flotte e gruppi di utenti che operano nella struttura principale ed in quelle collegate.

#### **4.15 Ergonomia dei terminali radio**

Sui terminali radio vi è un tasto per la chiamata di emergenza che consente di comunicare immediatamente con il supervisore ed il PC di crisi, senza dover comporre un qualsiasi numero specifico. Quando viene ricevuta una chiamata di emergenza, sul PC appare un segnale d'allarme visivo e sonoro. Questo segnale d'allarme non può essere annullato senza un'azione volontaria dell'operatore del PC e solo dopo aver stabilito la comunicazione con chi effettua la chiamata.

Per ogni chiamata radio, sul terminale appaiono il numero del terminale ed il nome e/o l'alias di chi chiama.

Le diverse chiamate [contenuto dei messaggi scambiati (voce, testo), l'identità dei corrispondenti, la data, l'ora, il luogo, l'area da cui proviene la chiamata] vengono registrate.

I terminali radio possono essere utilizzati facilmente nelle diverse condizioni meteorologiche e in ambienti diversi. Possono essere dotati di tutti gli accessori necessari a seconda della funzione svolta dall'utente, come ad esempio:

borsa, fondina, pancerina per trasporto al torace o alla cintura, batteria con autonomia sufficiente, cassetta per il trasporto, auricolari, accessori per l'uso a mani libere per un ascolto ed una trasmissione discreti ...

Le fodere e le borse per il trasporto sono realizzate in materiale antisporcizia. I sistemi per il trasporto, la fondina, la cinghia sono dotati di pratici sistemi di attacco rapido e discreto.

Il sistema consente, a partire dalla console del PC o da un qualsiasi terminale radio destinato ad un'operazione specifica, di mettere in ascolto permanente (ascolto discreto o ambientale) un terminale radio remoto.

I terminali radio portatili devono avere un telaio robusto. Devono essere compatti e leggeri e devono essere di facile utilizzo per gli organi di esercizio (sintonia, regolazione del volume ...).

I terminali radio portatili e mobili sono dotati di uno schermo a caratteri sufficientemente grandi per essere facilmente leggibili anche nelle normali condizioni di esercizio all'interno del tunnel. Lo schermo e la tastiera del terminale vengono retroilluminati per qualche secondo (impostabili da 0 sec all'infinito). L'illuminazione si attiva ogni volta che si esegue qualche operazione sul terminale. I tasti e i pulsanti dei terminali radio portatili sono sufficientemente grandi per essere utilizzati anche da un operatore che indossa guanti spessi.

#### ***4.16 Perturbazioni e suscettibilità elettromagnetica***

Il materiale radio è protetto contro qualsiasi problema di perturbazione e di irradiazione elettromagnetica (irradiazione degli altri radiotrasmettitori, degli effetti delle catenarie e dei diversi dispositivi elettrici a bassa o alta tensione ...). In quest'ottica, il materiale è conforme alle norme EMC.

#### ***4.17 L'alimentazione in potenza elettrica per la rete 3RP***

I diversi componenti dell'attrezzatura per la rete 3RP sono alimentati da 230 Volt 50 Hz per il settore dove vi è fornitura.

Consumo:

Armadio trasmettitore ricevitore fisso 12 canali radio => 3,3 Kw (da moltiplicare per 7);

Commutatori secondari => 400 w (da moltiplicare per 2);

Commutatori principali => 900 w.

#### ***4.18 Dimensioni delle attrezzature 3RP***

##### **4.18.1 Armadio 3RP**

7 armadi 3RP a 12 canali.

Per un armadio: L= 600, P= 480 mm, A= 2000 mm.

Peso  $\approx$  400 Kg.

#### **4.18.2 Commutatore principale e secondario**

1 commutatore principale e 2 commutatori secondari

Per un commutatore: L= 780 mm, P= 600 mm, A= 2000 mm.

Peso  $\approx$  250 Kg.

#### **4.18.3 Commutatore principale**

1 commutatore principale.

È consigliabile utilizzare un numero di fibre ottiche analogo al numero di RF/FO, ovvero 36 fibre.

Se viene adottata la soluzione di protezione per 2 percorsi differenti, sarà necessario raddoppiare il numero di fibre ottiche, ovvero 72 fibre.

### ***4.19 Condizioni generali di progettazione e di fabbricazione***

#### **4.19.1 Semplicità di utilizzo**

Gli organi di esercizio sono protetti al meglio. Sono facilmente reperibili, afferrabili e manipolabili, allo scopo di ridurre al minimo i rischi di operazioni errate. In particolare, i tasti di trasmissione/ricezione e della tastiera sono semplici ed immediati.

Il significato dei segnali luminosi deve essere esplicito.

Sull'equipaggiamento portatile, il dispositivo di inserimento e di bloccaggio delle batterie consente di sostituirle senza alcuno sforzo, né possibilità di inversione delle stesse (sistema di protezione). Tale dispositivo deve eliminare qualsiasi rischio di ferimento dell'utente nel corso di questa operazione, nonché qualsiasi rischio di caduta del materiale.

L'antenna dei terminali portatili viene montata e smontata spesso, pertanto la presa dell'antenna non deve presentare alcun gioco.

#### **4.19.2 Materiale utilizzato**

##### **4.19.2.1 Elementi degli accumulatori**

Tecnologia Nickel-Cadmium o Nickel-Métal-Hydrure.

##### **4.19.2.2 Dispositivi per il trasporto**

La bretella di trasporto e la borsa dei terminali portatili sono realizzati in materiale leggero e imputrescibile (plastica, tessuto plastificato, cuoio, ecc.) che non si restringe se bagnato dalla pioggia o dal sudore e che non provoca reazioni allergiche in caso di contatto diretto con la pelle.

Il fondo della borsa presenta dei piccoli fori che consentono la fuoriuscita di acqua in caso di ruscellamento.

#### **4.19.3 Caratteristiche dei caricabatterie per i terminali portatili**

Sono conformi alle norme in vigore in Francia (Marchiatura CE, Direttiva 73/23/CEE...).

Il caricabatterie è in grado di caricare la batteria senza doverla rimuovere dal suo equipaggiamento.

La segnalazione luminosa deve consentire all'utente di poter distinguere i seguenti stati della batteria:

- ⇒ Caricabatterie in funzione;
- ⇒ Batteria carica;
- ⇒ Batteria in caricamento;
- ⇒ Batteria fuori servizio.

#### **4.19.4 Gradi di protezione garantiti da custodie e involucri**

I materiali sono protetti contro la penetrazione di polvere e di acqua nelle condizioni definite dalla norma francese NF EN 60529. A questo scopo, vengono imposti i seguenti gradi di protezione:

- ⇒ Per l'infrastruttura 3 RP: IP 54;
- ⇒ Per il terminale mobile: IP 51;
- ⇒ Per il terminale portatile con e senza borsa: IP 54;
- ⇒ Per la sola batteria degli accumulatori: IP 54.

#### **4.19.5 Protezione contro la condensa**

I terminali portatili devono essere protetti contro la formazione di condensa che può verificarsi all'interno dei materiali.

#### **4.19.6 Protezione contro la corrosione**

I contenitori dei terminali e, in caso si tratti di contenitori metallici, quelli delle batterie e dei caricabatterie sono in metallo inossidabile o anticorrosione.

Tutte le altre parti metalliche sono realizzate in metallo inossidabile o trattate elettroliticamente.

I contatti dei connettori sono argentati o dorati.

I contatti per la connessione batteria - terminale portatile e quelli degli alveoli per la carica di qualsiasi tipo di caricatore, sono trattati in modo da garantire una conduttività normale.

#### **4.19.7 Protezione contro le perturbazioni elettromagnetiche**

I materiali sono conformi alla direttiva 89/336/CEE.

È necessario adottare tutte le misure necessarie affinché i materiali radioelettrici ed informatici non presentino alcun malfunzionamento per l'esistenza di alcune fonti di perturbazioni elettromagnetiche riscontrate comunemente nell'ambiente ferroviario:

- ⇒ I fulmini, che creano delle sovratensioni temporanee sui cavi. Tenuto conto delle protezioni utilizzate normalmente, queste sovratensioni possono raggiungere un valore massimo di 2 000 V in modo comune ed in modo differenziale;
- ⇒ Le scariche elettrostatiche;
- ⇒ I campi irradiati, la cui ampiezza massima può raggiungere i 10 V/m nella banda di 10 KHz a 1 GHz;
- ⇒ La catenaria;
- ⇒ Le sovratensioni temporanee che si verificano nel cablaggio degli impianti al momento dell'interruzione di energia elettrica delle bobine dei relè.

#### ***4.20 Autonomia delle batterie dei terminali portatili***

Minimo 10 ore con batterie ricaricabili in meno di 4 ore con un caricatore «intelligente» che adatta la durata della carica in funzione della capacità residua della batteria.

L'autonomia di 10 ore viene calcolata come segue:

- ⇒ 10 % in regime di fonia di trasmissione (con modulazione vocale);
- ⇒ 10 % in regime di fonia di ricezione (con modulazione vocale);
- ⇒ 80 % in altri regimi

#### ***4.21 Riservatezza***

La rete radio è digitale proprio per garantire la riservatezza delle comunicazioni radio allo scopo di evitare l'ascolto da parte di terzi non autorizzati mediante mezzi di ascolto commerciali tipo scanner.

#### ***4.22 Aggiornamento***

Le evoluzioni tecnologiche (versioni software ed hardware più aggiornate) dell'equipaggiamento radio distribuite sul mercato dal fornitore garantiscono la compatibilità con le versioni dei terminali e dell'infrastruttura esistenti.

#### ***4.23 Referenziale 3RP***

In caso di contraddizione tra i diversi documenti elencati di seguito, verrà applicato il valore della specifica più vincolante.

Le attrezzature radioelettriche, distribuite sul mercato dopo l'8 aprile 2000, sono conformi alla Direttiva R&TTE o Direttiva 1999/5/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 9 marzo 1999, relativa alle attrezzature hertziane e dei terminali di telecomunicazioni ed il riconoscimento reciproco della loro conformità.

Le attrezzature radioelettriche, distribuite sul mercato prima dell'8 aprile 2000, hanno un attestato di conformità rilasciato dalla ART (Autorité de Régulation des Télécommunications).

Le attrezzature radioelettriche devono essere conformi minimo alla seguente normativa:

- ⇒ NF ETS 300 113 agosto 1993 - Attrezzature e sistemi radioelettrici (RES) - Servizio mobile terrestre. Caratteristiche tecniche e condizioni di collaudo dell'equipaggiamento radioelettrico dotato di un connettore per l'antenna interno o esterno, riservato alla trasmissione dei dati o degli apparecchi vari che consentono contemporaneamente la trasmissione analogica vocale e la trasmissione dei dati;
- ⇒ La Direttiva 89/336/CEE;
- ⇒ Lo standard TETRAPOL.
- ⇒ ETR 028: Attrezzature e sistemi radioelettrici - Incertezza sui provvedimenti relativi alle caratteristiche delle attrezzature radioelettriche mobili;
- ⇒ La Direttiva 73/23/CEE relativa alla bassa tensione recepita nel sistema normativo francese: decreto n°95-1081 del 3 ottobre 1995 (J.O. del 07/10/95);
- ⇒ La Direttiva 89/336/CEE relativa alla compatibilità elettromagnetica. La Direttiva ECM (89/336/CEE modificata dalla Direttiva 92/31/CEE) è stata recepita nel sistema normativo francese: decreto n°92-587 del 26 giugno 1992, modificato dal decreto n°95-283 del 13 marzo 1995;
- ⇒ NF ETS 300 279 dicembre 1998 – Equipements et Systèmes Radioélectriques (RES) – Norma di compatibilità elettromagnetica (ECM) per gli apparecchi radioelettrici mobili terrestri privati e gli apparecchi ausiliari (vocali e vocali /non vocali);
- ⇒ NF EN 60529 ottobre 1992 (IEC 529 - seconda edizione - Novembre 1989) - Gradi di protezione garantiti dalle custodie (Codice IP);
- ⇒ NF EN 60068-2-32 febbraio 1994 - Collaudi di base climatici e di robustezza meccanica. Collaudo Ed: caduta libera;
- ⇒ NF X 60-010 dicembre 1994 – Concetti e definizioni delle attività di manutenzione;
- ⇒ NF F 01-510 settembre 1990 – Materiale rotabile ferroviario. Condizioni ambientali subite o generate dalle attrezzature o dagli organi imbarcati;
- ⇒ NF F 60-002 settembre 1985 – Materiale rotabile ferroviario. Attrezzature elettriche ed elettroniche. Collaudo delle vibrazioni sinusoidali;
- ⇒ NF F 05-510 luglio 1992 – Impianti ferroviari fissi. Condizioni ambientali subite o generate dalla attrezzature o dagli organi di segnalazione o di supporto alla conduzione.

## **5 Copertura radio e ingegneria associata**

### **5.1 Informazioni generali**

Il sistema radio copre l'insieme della piattaforma ferroviaria e degli accessi, inclusi i tunnel di servizio, i siti d'intervento, i marciapiedi di evacuazione e del servizio di manutenzione lungo i binari all'interno del tunnel, la galleria di servizio, le discenderie, gli accessi stradali esterni, le piattaforme di soccorso per le prime cure, le aree di stazionamento e di accesso dei veicoli stradali e ferroviari, le aree per l'atterraggio degli elicotteri, i diversi punti di accesso al tunnel, le stazioni d'intervento, i rami di comunicazione, il posto di comando ed il PC di crisi, la stazione di sicurezza, la sala medica, i locali tecnici e di manutenzione, le entrate, le uscite e le porte del tunnel, le stazioni che circondano i tunnel da una parte e dall'altra. L'ingegneria radio è progettata per offrire una copertura completa tra le diverse aree.

### **5.2 Accoppiamento di più reti RADIO**

La trasmissione di più reti radio in uno stesso sito richiede l'adozione di un certo numero di precauzioni per evitare il peggioramento delle prestazioni di trasmissione delle reti radio.

### 5.2.1 Intermodulazione

I relè e BTS<sup>1</sup> multicanali sono già dotati delle protezioni necessarie contro i rischi di intermodulazione e di protezione rispetto al canale adiacente. Tuttavia, è imperativo adottare un piano coerente relativo alle frequenze per evitare il problema dell'intermodulazione.

È consigliabile verificare che i diversi materiali siano dimensionati in maniera adeguata ed in particolare che gli amplificatori siano di classe A. I valori IP3 (Punto di intercetta di 3° ordine) devono essere sufficienti per essere sicuri che gli amplificatori lavorino nella parte lineare della loro risposta in potenza. Questo vincolo è da verificare in particolar modo nel senso discendente (base verso mobile).

---

<sup>1</sup> Base Transceiver Station o armadio radio

### 5.2.2 Irradiazione superflua

Si tratta dell'energia radioelettrica irradiata al di fuori delle frequenze attribuite al sistema.

Deve essere inferiore a  $-36$  dBm per le reti radio la cui frequenza è inferiore a 1 GHz e inferiore a  $-30$  dBm per il GSM 1800 MHz.

### 5.2.3 Rapporto segnale/rumore

Il fattore rumore dei materiali attivi deve essere più basso possibile. È necessario misurare (in tunnel analoghi) o stimare il livello di rumore presente nella banda di frequenza utilizzata. Il rapporto S/N (segnale/rumore) e/o il BER (tasso di errore bit) sono direttamente legati al rapporto C/N (portante/rumore) e C/I (portante/interferenza).

È consigliabile assicurare un C/I e C/N di 20 dB minimo.

Questo vincolo è particolarmente importante nel senso ascendente (il segnale è più debole).

Nota: L'utilizzo di "n" interfacce RF/FO collegate su una stessa base TETRAPOL comporta un rumore pari a  $10\log(n)$ .

### 5.2.4 Abbagliamento del ricevitore

Corrisponde ad un apparecchio mobile nelle vicinanze che impedisce ad un apparecchio mobile remoto di comunicare.

I rischi di abbagliamento del ricevitore fuori banda vengono eliminati utilizzando dei filtri e dei dispositivi attivi (BTS, ripetitori...) in conformità con le norme. Il livello deve essere inferiore a 113 dB $\mu$ V, ovvero 6 dBm.

I rischi di abbagliamento nella stessa banda vengono eliminati utilizzando degli amplificatori con una dinamica di funzionamento sufficiente. Il controllo automatico di guadagno consente di ridurre al minimo questo tipo di malfunzionamento.

### 5.2.5 Accoppiamento, banda passante e dissipazione di potenza

Gli accoppiamenti delle reti richiedono accoppiatori ibridi, divisori, circolatori, accoppiatori direzionali, duplexer e diplexer, filtri. Tali dispositivi devono essere scelti in base alle attenuazioni del campo, le misure di ROS<sup>2</sup>, le bande passanti, le potenze accettate, le attenuazioni fuori banda, i valori IP3.

L'accoppiamento delle reti radio comporta delle perdite di potenza. Quando queste perdite sono molto consistenti, è necessario amplificare i segnali radioelettrici.

### **5.3 Reti radio da installare (tutti i lotti)**

#### **5.3.1 Reti per i vigili del fuoco, di soccorso e di sicurezza**

Negli anni a venire queste reti dovranno essere sostituite da una rete radio di tipo TETRAPOL nella banda di frequenza 380-410 MHz.

Il numero delle frequenze ed il numero esatto di canali non sono ancora definiti.

#### **5.3.2 Rete di esercizio**

La rete radio di esercizio sarà realizzata con la tecnologia TETRAPOL.

Banda di frequenza: 380 -410 MHz

Il numero delle frequenze ed il numero esatto di canali non sono ancora definiti.

### **5.4 Trasmissione del segnale radio su cavo coassiale**

I segnali radio possono passare attraverso dei cavi coassiali. L'attenuazione dell'ordine di alcuni dB/100m che questa soluzione comporta la rende poco interessante; per questo motivo, questa soluzione viene citata solo a titolo indicativo. Di seguito vengono elencati i principali svantaggi:

- ⇒ L'attenuazione del segnale radio è in funzione della frequenza. Le perdite nei cavi coassiali aumentano molto rapidamente.
- ⇒ Al momento dell'amplificazione del segnale, è necessario separare le bande di frequenza, amplificarle una ad una ed accoppiarle di nuovo (sia in senso ascendente che discendente). Questa amplificazione regolare del segnale comporta un peggioramento del rapporto  $C/N^3$  e  $C/I^4$ .
- ⇒ I cavi coassiali non sono dotati di protezione meccanica e sono poco maneggevoli (raggio di curvatura troppo elevato).

### **5.5 Trasmissione del segnale radio su fibra ottica**

#### **5.5.1 Principio di funzionamento**

Per consentire la trasmissione del segnale radio su fibra ottica (esclusivamente monomodo), si effettua la modulazione (in modulazione d'ampiezza) della portante ottica (lunghezza d'onda 1310 e/o 1550nm) attraverso il segnale radio. La distanza di trasporto è limitata dalla sensibilità ottica. Il tipo di laser utilizzato consente una dinamica di circa 10 dB.

L'attenuazione chilometrica delle fibre ottiche è di 0,4 dB/km a 1310 nm e 0,25 dB/km a 1550 nm, che rappresenta una portata teorica di circa 20 km.

---

<sup>3</sup> C/N: Carrier/Noise o portante/rumore

<sup>4</sup> C/I: Carrier/Interference

Il passaggio del segnale radio attraverso la fibra ottica richiede l'installazione di un modulo di prossimità del relè o BTS denominato "Master Unit" o interfaccia RF/FO<sup>5</sup> locale e di uno o più moduli di prossimità dei sistemi irradianti (antenna o cavo irradiante) denominato "Remote" o interfaccia RF/FO remota.

### 5.5.2 Potenza di uscita

Le interfacce RF/FO remote includono uno o più amplificatori radio per amplificare il segnale emesso dal convertitore segnale ottico/radio. Il livello dell'uscita del convertitore è di 0 dBm (indipendentemente dalla frequenza del segnale radio). Se vi sono più canali in una stessa banda, l'amplificatore deve essere dimensionato in modo da limitare l'intermodulazione (utilizzo della parte lineare dell'amplificazione).

Vi sono 3 tipi di amplificazione:

- ⇒ **Amplificazione per canale.** Ogni canale radio viene amplificato separatamente e poi accoppiato agli altri. Questo tipo di amplificazione può essere interessante quando vi sono pochi canali (meno di 3) e/o se vi è il rischio di amplificare un segnale indesiderato. La potenza in uscita degli amplificatori è di alcuni Watt.
- ⇒ **Amplificazione a banda selettiva.** L'amplificatore amplifica una banda di frequenza, un filtro passa banda evita di amplificare i segnali appartenenti ad altre bande. Dal momento che la potenza dell'amplificatore è limitata (circa 15 W), più canali radio vi sono e meno è importante la potenza per canale (dell'ordine di 100 mW al massimo).
- ⇒ **Amplificazione a banda larga.** L'amplificatore non è dotato di alcun filtro. Dal momento che la potenza dell'amplificatore è limitata (circa 15W), più canali radio vi sono e meno è importante la potenza per canale (dell'ordine di alcuni mW). Questa soluzione consente di non prolungare il ritardo nella propagazione delle reti radio digitali.

### 5.5.3 Banda passante

I diodi laser più comuni consentono la trasmissione solo dei segnali radio compresi tra 30 MHz e 1000 MHz. È necessario un altro tipo di diodo per la trasmissione di segnali compresi tra 1,4 e 1,9 GHz. La tecnologia moderna non consente di trasmettere la totalità della banda passante con un rapporto segnale/rumore accettabile. Recentemente, alcuni produttori hanno progettato diodi laser da 30 MHz a 2,2 GHz (per l'UMTS).

---

<sup>5</sup> Radio frequenza / Fibra ottica

#### 5.5.4 Tempi di propagazione

Le reti radio digitali sono sensibili alle diverse traiettorie di uno stesso segnale. Dal punto di vista del ricevitore, uno stesso segnale radio può provenire da luoghi diversi (segnale diretto e riflesso su una parete). Fintanto che i due 2 segnali arrivano con uno scarto temporale inferiore a 15  $\mu\text{s}$ , le reti radio digitali funzionano correttamente. Oltre i 15 $\mu\text{s}$  e se il livello di potenza radio è vicino ( $\pm 6$  dB), il sistema non è in grado di fare la differenza provocando un'interferenza di intersimbolo. In pratica, il limite è fissato a 12  $\mu\text{s}$  (margine di sicurezza di 3  $\mu\text{s}$ ).

Questi ritardi sono dovuti:

- ⇒ Alla differenza tra la propagazione nell'aria (3  $\mu\text{s}$ ) e in un cavo (coassiale o in fibra ottica 6  $\mu\text{s}$ ).
- ⇒ Ai filtri delle interfacce RF/FO (circa 7 $\mu\text{s}$ ).

È necessario verificare che un terminale mobile non possa ricevere uno stesso segnale con uno scarto temporale superiore ai 12  $\mu\text{s}$ . Il rischio principale interessa allora le aree di copertura tra 2 elementi irradianti (soprattutto antenna) collegati a 2 interfacce RF/FO differenti.

#### 5.5.5 Collegamento delle interfacce RF/FO sulle fibre ottiche

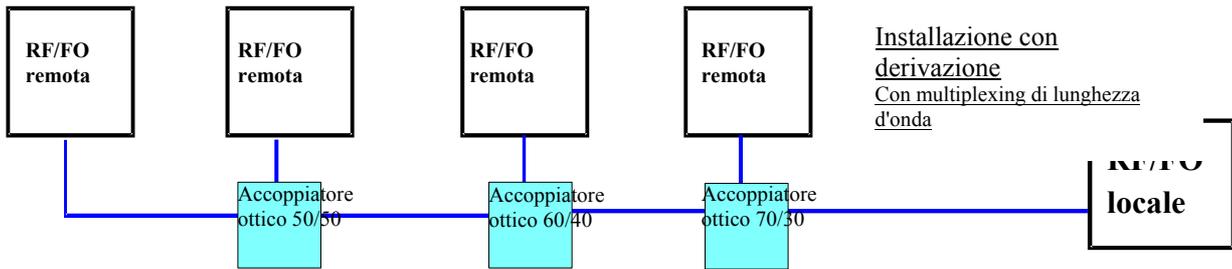
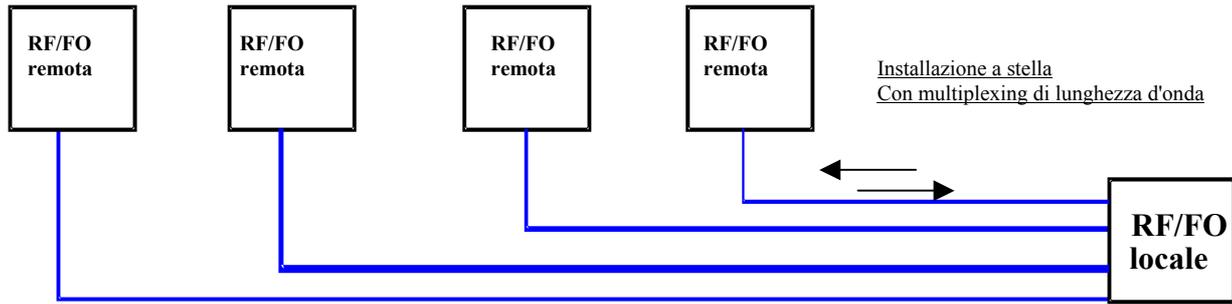
Il collegamento delle interfacce RF/FO locali e remote viene realizzato esclusivamente per mezzo delle fibre ottiche monomodo.

Dal momento che la sensibilità di collegamento è debole (dell'ordine di 10 dB al massimo), è imperativo ridurre tutte le attenuazioni dovute ai collegamenti. L'esperienza della SNCF in questo campo mostra che è preferibile saldare il più possibile i collegamenti. Ogni disconnessione di una FO può essere causa di guasti (depositi di polvere o vapore acqueo sull'anima della FO). Tuttavia, è necessario avere dei connettori alle estremità del collegamento. Si prevede di utilizzare dei connettori SCAPC o DIN 6°.

I collegamenti tra le interfacce RF/FO possono utilizzare 2 lunghezze d'onda: 1310 nm o 1550 nm. L'utilizzo del multiplexing delle lunghezze d'onda consente di effettuare sulla stessa FO sia la trasmissione (ad esempio, 1310 nm) che la ricezione (ad esempio, 1550 nm) consentendo quindi di risparmiare le FO.

Sono possibili diversi tipi di installazione:

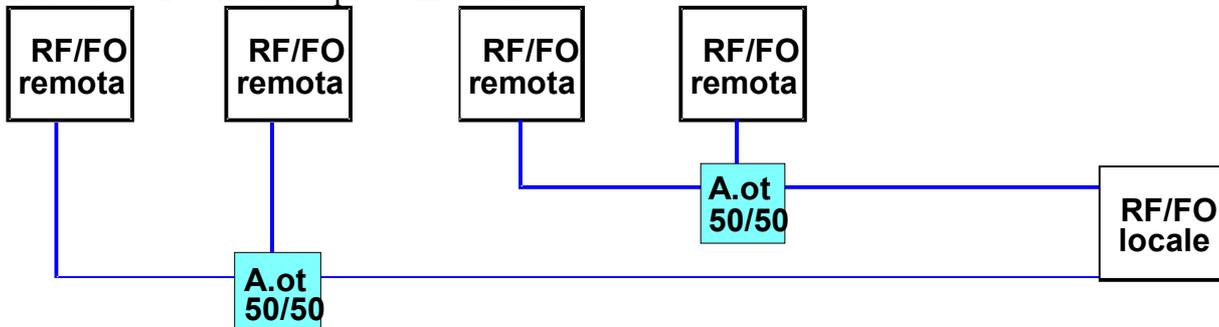
- A stella, in cui ogni interfaccia RF/FO remota è collegata a quella locale tramite 1 o 2 FO.



- In derivazione, in cui le interfacce RF/FO remote sono collegate su 1 o 2 FO. Ogni accoppiamento aumenta il rumore.

Nell'installazione in derivazione, è necessario garantire una sensibilità di trasmissione ottica equivalente indipendentemente dall'interfaccia remota. È dunque necessario utilizzare degli accoppiatori ottici con diversi valori di ripartizione (50/50, 30/70, 20/80, 10/90...ecc.).

Esistono delle varianti a questa installazione.



L'installazione a stella utilizza più FO, ma è anche quella più affidabile. Non vi sono accoppiatori ottici (diminuzione del rischio di guasti) e assicura una migliore dinamica del collegamento. L'utilizzo del mutiplexing delle lunghezze d'onda associata all'installazione a stella consente di limitare l'area del guasto, in caso di rottura di una FO, ad una sola interfaccia RF/FO remota.

### 5.5.6 Interfacce RF/FO

Nelle interfacce RF/FO vi è un sistema di supervisione integrato. La supervisione si realizza a partire da un PC collegato (direttamente o tramite modem) alle interfacce RF/FO locali. Il monitoraggio delle interfacce RF/FO remote viene effettuato mediante l'interfaccia RF/FO locale e la rete di FO.

Al PC di monitoraggio vengono ritrasmesse le seguenti informazioni:

- ⇒ Guasto TX ottico sulle interfacce locali e remote.
- ⇒ Guasto RX ottico sulle interfacce locali e remote.
- ⇒ Guasto alimentazione principale sulle interfacce remote.
- ⇒ Guasto alimentazione secondaria sulle interfacce remote.
- ⇒ Guasto amplificatore sulle interfacce remote.
- ⇒ Errore di temperatura sulle interfacce remote.
- ⇒ Errore di ROS sulle interfacce remote.

In genere, è possibile dotare la struttura di un computer in grado di effettuare dei test automatici sulle attrezzature, di gestire gli allarmi e di archivarli.

### 5.5.7 Alimentazione – Assorbimento

L'alimentazione delle interfacce RF/FO locali è di 220 VCA forniti o 48 VCC. L'assorbimento è di circa 200 W.

L'alimentazione delle interfacce RF/FO remote in genere è di 220 VCA (è possibile un'alimentazione di 48 VCC). L'assorbimento è di 300 W.

Le caratteristiche tecniche sono:

220 V forniti

- ⇒ Monofase 230V +10% -15%
- ⇒ Frequenza 50 Hz  $\pm$ 2%
- ⇒ 48 V forniti
- ⇒ Continua 48V  $\pm$ 8V
- ⇒ Ondulazione inferiore a 1/1000 e inferiore a 48mV.

## **5.6 Propagazione mediante antenna**

### **5.6.1 Le antenne**

L'antenna è un "trasformatore" di energia elettrica in energia radioelettrica. È un circuito accordabile ad una determinata frequenza per irradiare il massimo di energia. Le sue caratteristiche principali sono dunque l'impedenza, il diagramma di irradiazione, il guadagno, il ROS<sup>6</sup>, la polarizzazione e la banda passante.

Per far passare diverse reti radio su una stessa antenna, è necessario che le sue caratteristiche siano compatibili con tutte le reti, il che avviene spesso fatta eccezione per la banda passante.

La banda passante di un'antenna è in genere di qualche decina di MHz. Dal momento che le antenne vengono accordate su una frequenza, alcune vengono concepite per funzionare anche in multipli della frequenza (esempio: antenna 900 e 1800 MHz). Le antenne con le bande passanti più ampie sono dette antenne log-periodiche.

La dimensione delle antenne è proporzionale alla lunghezza d'onda (e dunque inversamente proporzionale alla frequenza).

### **5.6.2 La propagazione all'interno del tunnel**

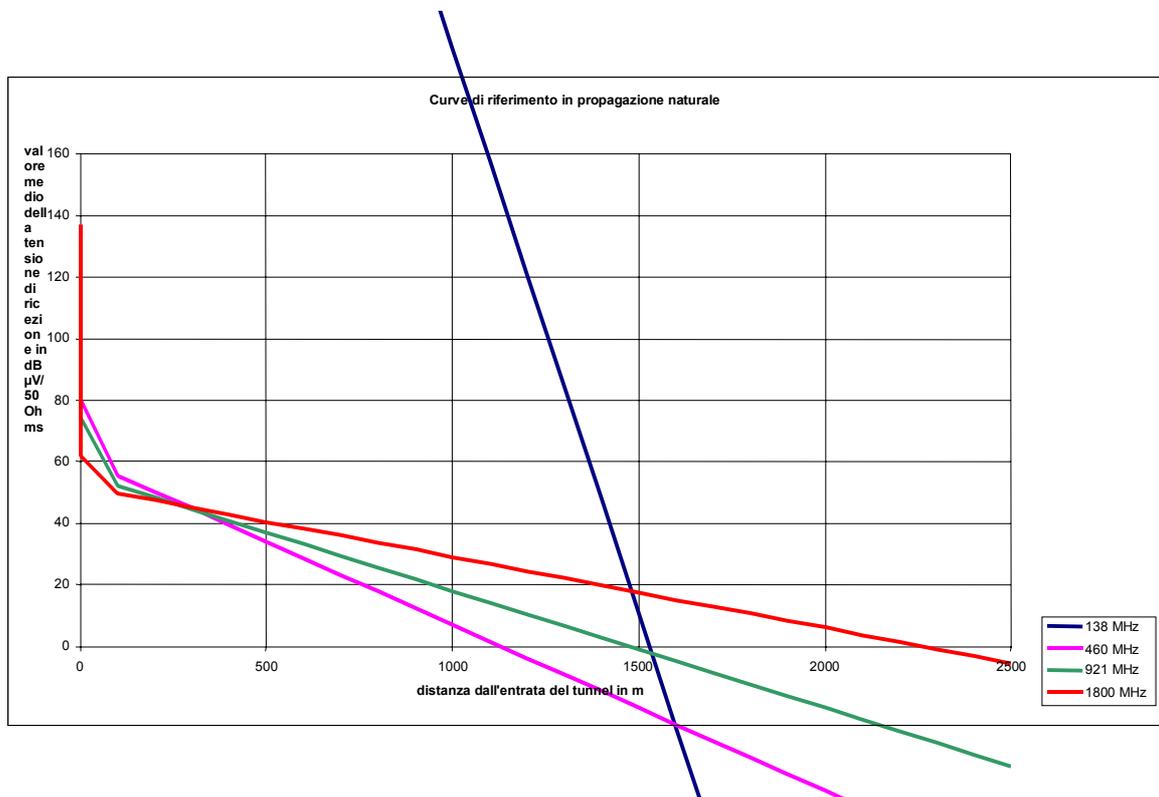
La propagazione delle onde radioelettriche all'interno del tunnel è soggetta a diversi fenomeni in genere penalizzanti, quali:

- l'effetto guida d'onda, in quanto il tunnel funge da guida d'onda sovradimensionata (influenza della lunghezza d'onda),
- le riflessioni multiple sulle pareti e le diffrazioni sugli spigoli (in particolare sulle variazioni rapide di volume) che provocano delle variazioni ed evanescenza del campo elettrico che si propaga nel tunnel,
- gli effetti maschera legati alla presenza di uno o più treni,
- un'attenuazione dovuta alle curve (curve di raggio inferiore a 600 m).

Tenuto conto di questi diversi fenomeni, la modellizzazione della copertura radio all'interno del tunnel è molto complessa. La SNCF, per necessità proprie, ha condotto numerose campagne di misurazione per costruire un modello di propagazione. La curva presentata di seguito corrisponde ad una propagazione all'interno di un tunnel ferroviario a doppio binario senza ostacoli. La potenza di emissione dell'antenna è di 1 W. L'antenna di ricezione è situata all'esterno del veicolo.

---

<sup>6</sup> Rapporto Onde Stazionarie



Si compone di tre parti:

- ⇒ Attenuazione dell'accoppiamento tra l'antenna di trasmissione e quella di ricezione. Questa attenuazione corrisponde alla differenza di livello tra la potenza radio emessa e quella ricevuta.
- ⇒ Attenuazione lineare primaria (su circa 100 m). Il segnale ricevuto dall'antenna ricevente è costituito principalmente da traiettorie dirette, le evanescenze sono deboli, ma il segnale diminuisce rapidamente in funzione della distanza ( $1/D^2$ ).
- ⇒ Attenuazione lineica secondaria. Il segnale ricevuto dall'antenna ricevente è costituito principalmente da traiettorie riflesse, con diffrazioni.

I dati ci permettono di stabilire principalmente quanto segue:

- ⇒ Più il valore di lunghezza d'onda è grande più l'attenuazione lineica è importante.
- ⇒ A frequenza costante, più la sezione del tunnel è grande e più l'attenuazione lineica è debole (curva di forma  $1/x$ ).
- ⇒ La modellizzazione può considerarsi corretta solo se la forma del tunnel è costante. Le modifiche repentine di volume sono assimilabili ad un'interruzione di impedenza.
- ⇒ In caso di maschera (treno semplice o incrocio di treni), la propagazione avviene sull'area libera sopra il treno (riduzione della sezione del tunnel) e viene peggiorata in ragione della modifica temporanea del volume.

La propagazione radioelettrica mediante l'antenna all'interno del tunnel è particolarmente interessante per le frequenze superiori a 450 MHz.

Per i tunnel monotubo con sagome ferroviarie, la distanza tra le antenne (per 410-450 MHz) dovrà essere pari a 400 m (valori misurati sui tunnel di RER E EOLE).

### **5.6.3 Posizione dell'antenna**

Per consentire una sensibilità di collegamento ottimale e limitare l'effetto maschera (creato dai treni), è imperativo che l'antenna sia posta in asse con la volta del treno.

Le antenne più utilizzate all'interno del tunnel sono le antenne Yagi e le antenne ad elica.

Le antenne Yagi sono antenne a due poli a polarizzazione più spesso verticale, alle quali vengono aggiunti un ramo riflettente e dei rami direzionali.

Le antenne ad elica sono a polarizzazione circolare (verso destra o verso sinistra).

Le antenne a polarizzazione circolare forniscono risultati migliori all'interno del tunnel rispetto alle antenne di tipo Yagi.

È consigliabile lasciare una spaziatura circa 500 mm tra l'antenna e la volta (per limitare la deformazione del diagramma di irradiazione).

### **5.6.4 Penetrazione nelle vetture**

Le misure a nostra disposizione mostrano che la penetrazione all'interno di una vettura ferroviaria è dell'ordine di 8 dB in 460 MHz, 14 dB in 900 MHz e 18 dB in 1800 MHz. Più la frequenza aumenta e più aumenta l'attenuazione della penetrazione.

Questa attenuazione dipende anche dalla struttura delle vetture (effetto gabbia di Faraday).

## **5.7 *Propagazione mediante cavo coassiale irradiante***

Il cavo coassiale irradiante è il mezzo più comune utilizzato per la realizzazione di una copertura radioelettrica del tunnel. Lo sviluppo delle reti radio (private o di telefonia) ha permesso di realizzare innovazioni importanti per quanto riguarda le caratteristiche tecniche dei cavi coassiali irradianti. Le principali caratteristiche dei cavi irradianti sono l'attenuazione longitudinale, la perdita di accoppiamento e la banda di frequenza di utilizzo. La propagazione mediante cavo irradiante può essere descritta secondo due modelli: il modo accoppiato ed il modo irradiato.

### **5.7.1 Modo accoppiato**

L'irradiazione radioelettrica si effettua intorno al cavo e decresce rapidamente man mano che ci si allontana da esso. Questo modo di irradiazione avviene in funzione della frequenza e funziona solo per le frequenze VHF (30-300 MHz). Si parla in questo caso di cavo coassiale a dispersione.

## **5.7.2 Modo irradiato**

Vengono realizzate delle fessure nel conduttore esterno del cavo. Queste fessure si comportano come delle antenne e contribuiscono all'irradiazione. La forma delle fessure è in funzione della frequenza. Nella maggior parte dei cavi irradianti le fessure sono disposte secondo un motivo periodico che consente di utilizzare il cavo in questione su una gamma di frequenze più ampia. La posizione delle fessure viene calcolata in maniera tale che le irradiazioni siano messe in fase nella direzione desiderata e si annullino per le altre direzioni.

Per un ricevitore, situato a qualche metro di distanza dal cavo irradiante, l'irradiazione proviene dal gruppo di fessure più vicino.

## **5.7.3 Attenuazione dell'accoppiamento**

Corrisponde alla differenza tra la potenza nel cavo e la potenza ricevuta su un'antenna a due poli. Il principio di misurazione viene stabilito dalla norma IEC1196.

Attenuazione di accoppiamento al 50%: 50% dei punti di misurazione sono superiori al valore indicato.

Attenuazione di accoppiamento al 95%: 95% dei punti di misurazione sono superiori al valore indicato.

Se il divario tra i valori al 50% e al 95% è ampio, significa che il campo radioelettrico varia in maniera consistente (evanescenza del segnale o "fading"). Per ottenere un collegamento di qualità, è preferibile fare in modo che il campo radio sia il più stabile possibile (soprattutto per una rete radio digitale).

Nell'allegato 1.1 vengono riportati alcuni valori di attenuazione dell'accoppiamento per diversi cavi appartenenti ai cataloghi di vari produttori. Si può constatare come i cavi coassiali che hanno una banda passante ampia, presentano un indebolimento dell'accoppiamento più forte che arriva fino a 500 MHz.

## **5.7.4 Attenuazione longitudinale e lineica**

Questa attenuazione viene generalmente espressa in dB/100m ed aumenta con l'aumento della frequenza. Dipende principalmente dalle dimensioni del cavo coassiale, ovvero più il diametro del cavo è alto, più l'attenuazione si riduce. Il principio di misurazione viene definito dalla norma IEC1196.

Nell'allegato 1.2 viene descritta l'attenuazione lineica in funzione della frequenza per diversi tipi di cavi appartenenti ai cataloghi di vari produttori. Si può constatare come i valori superiore a 1 GHz costituiscono degli attenuamenti importanti.

## **5.7.5 Posizione del cavo coassiale irradiante**

Il cavo coassiale irradiante può essere installato sia sulla volta che sul lato del tunnel.

È importante notare come l'ambiente in cui si trova il cavo può contribuire a peggiorarne le caratteristiche radioelettriche (attenuamento lineico e di accoppiamento).

### **5.7.5.1 Sulla volta**

Il fissaggio in volta consente di ottenere un buon accoppiamento con la cabina del conducente. Vi sono infatti poche variazioni in caso di passaggio contemporaneo di due treni. Al contrario, peggiora l'attenuazione dell'accoppiamento per i portatili all'interno del treno.

Le misure a nostra disposizione mostrano che la penetrazione in una vettura ferroviaria è pari a 8 dB in 460 MHz, 14 dB in 900 MHz e 18 dB in 1800 MHz. Più la frequenza aumenta, più aumenta l'attenuazione di penetrazione.

questa attenuazione dipende anche dalla struttura delle vetture (effetto gabbia di Faraday).

La posa del cavo coassiale irradiante richiede l'uso dell'apposita guida.

### **5.7.5.2 Laterale**

Il fissaggio laterale del cavo coassiale consente di ottenere un buon accoppiamento con i portatili in cabina e/o all'interno del treno. La posizione laterale s'intende all'altezza dei finestrini di una vettura. Al contrario, il passaggio contemporaneo di due treni all'interno di un tunnel a doppio binario comporta, per il treno mascherato, un'attenuazione importante e delle variazioni consistenti del segnale radio (variazione del volume del tunnel e spostamento delle maschere). Tenuto conto della separazione dei sensi di circolazione in tunnel diversi, queste variazioni non si verificheranno.

Le misure a nostra disposizione mostrano che la penetrazione all'interno di una vettura ferroviaria è pari a 4 dB in 460 MHz, 6 dB in 900 MHz e 8 dB in 1800 MHz. Più la frequenza aumenta, più aumenta l'attenuazione della penetrazione.

### **5.7.6 Resistenza al fuoco**

I cavi ed i sistemi di fissaggio utilizzati all'interno del tunnel devono essere assolutamente resistenti al fuoco.

È necessario tenere conto delle direttive interministeriali 1998-300 per i tunnel ferroviari e 2000-63 per i tunnel stradali.

#### **5.7.6.1 Resistenza alle fiamme e agli incendi**

I test di non propagazione in presenza di fiamma vengono definiti nelle norme IEC 332-1 e NF C 32-070 CAT.C2.

I test di non propagazione in presenza di un incendio vengono definiti nella norme IEC 332-3, NF C 32-070 C1 e NF C 32-072.

I test di resistenza al fuoco vengono definiti nelle norme IEC 331 (resistenza al fuoco per 3 ore a 750°C, verifica elettrica) e NF C 32-070 CAT CR1 (resistenza al fuoco per 1 ora di cui 15 m a 900°C, verifica meccanica ed elettrica).

La direttiva interministeriale 2000-63 impone la NF C 32-070 CAT C1.

#### **5.7.6.2 Emissione di fumi**

I test di emissione di fumi vengono definiti nella norma IEC 1034.

I test sui gas emessi durante la combustione vengono definiti nella norma IEC 754-1 (L982).

### 5.7.7 Prestazioni dei cavi coassiali irradianti

Per trasmettere dei segnali radio superiori a 1 GHz, i costruttori cercano una soluzione per ridurre l'attenuazione di accoppiamento (cercando di migliorare il modo irradiato) per compensare l'attenuazione longitudinale. In questo caso, l'attenuazione di accoppiamento è leggermente più alta per le basse frequenze (inferiore a 500 MHz). La scelta del tipo di cavo coassiale irradiante deve essere fatta in funzione della gamma di frequenze da trasmettere. Un cavo coassiale irradiante ottimizzato per le frequenze superiori a 1 GHz, penalizza le frequenze "basse". Un cavo ottimizzato per le frequenze al di sotto di 1 GHz non consente di far passare le frequenze più alte. Sembra chiaro che per frequenze superiori a 1 GHz, i cavi irradianti non consentono di coprire un'area superiore a 200/300m.

Per una banda di 380-430 MHz, un cavo irradiante di tipo 1" ¼ consente di coprire generalmente un'area di 800 m.

#### Note

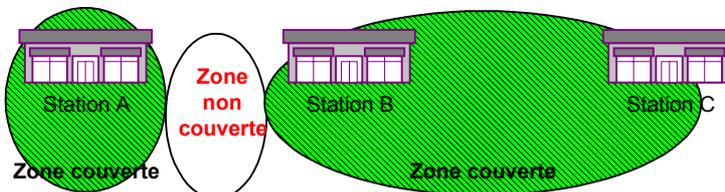
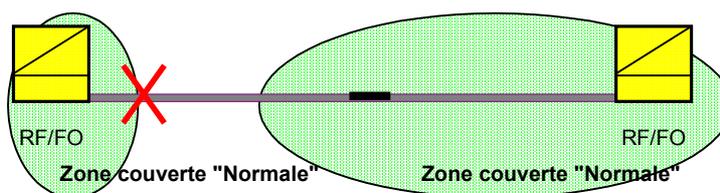
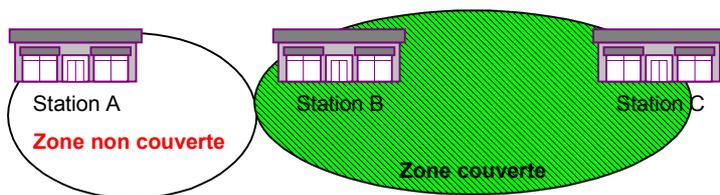
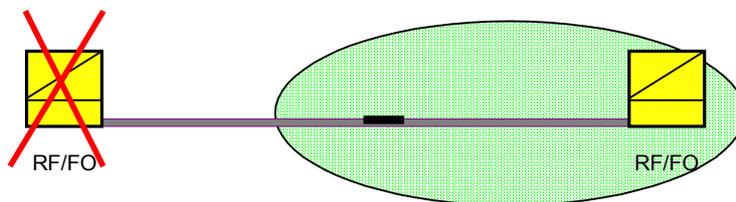
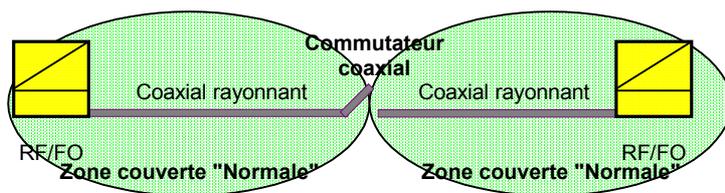
- ⇒ I lavori di restauro del tunnel devono prevedere la posa del cavo coassiale irradiante.
- ⇒ La posizione del cavo coassiale irradiante al centro della volta non consente di effettuare delle ispezioni preventive per verificarne il fissaggio. È già successo in precedenza che un cavo coassiale fissato male (sistema di fissaggio difettoso) sia stato strappato al momento del passaggio di un treno. Si dovrà privilegiare il fissaggio laterale del cavo.

### 5.8 Protezione dell'architettura irradiante

La protezione dell'infrastruttura può essere migliorata intervenendo sui seguenti aspetti:

- ⇒ **Alimentazione.** L'alimentazione è l'elemento sensibile di tutto il sistema. Per renderla più affidabile, è necessario utilizzare un'alimentazione primaria fornita ed un'alimentazione secondaria fornita e ridondante;
- ⇒ **Testa della rete.** Il malfunzionamento di un relè o del BTS in testa alla linea comporta un malfunzionamento su tutta la rete. Per rendere più affidabile il sistema, è possibile duplicare la "testa della linea". Gli allarmi vengono trasmessi ad un centro di manutenzione;
- ⇒ **Diodi laser.** I diodi laser possono essere raddoppiati. Per raddoppiare il numero dei diodi laser, è necessaria una commutazione a livello RF (più affidabile rispetto alla commutazione ottica). Se il ricevitore ottico non riceve più il segnale, vi è una commutazione dal modo normale al modo di emergenza. Questa strategia viene utilizzata per le reti di trasmissione dei dati. La protezione viene migliorata utilizzando percorsi diversi per le fibre ottiche ordinarie e quelle di emergenza;
- ⇒ **Amplificatore.** L'amplificazione radio per bande per le interfacce RF/FO limita un guasto solo ad una banda di frequenza. Raddoppiare il numero degli amplificatori richiede una commutazione a livello di RF;
- ⇒ **Cavo coassiale a irradiazione continua.** La mancanza di copertura radio dovuta ad un guasto verificatosi su un'interfaccia RF/FO remota viene in parte compensata dai siti nelle vicinanze (circa 100 m).

Nel caso di rottura del cavo coassiale irradiante, l'area non coperta dipenderà dal punto di rottura di tale cavo.



Coassiale irradiante    Commutatore coassiale

Zona coperta "Normale"

Stazione A                    Stazione B                    Stazione C

Zona non coperta

Zona coperta "Normale"

Stazione A

Zona non coperta

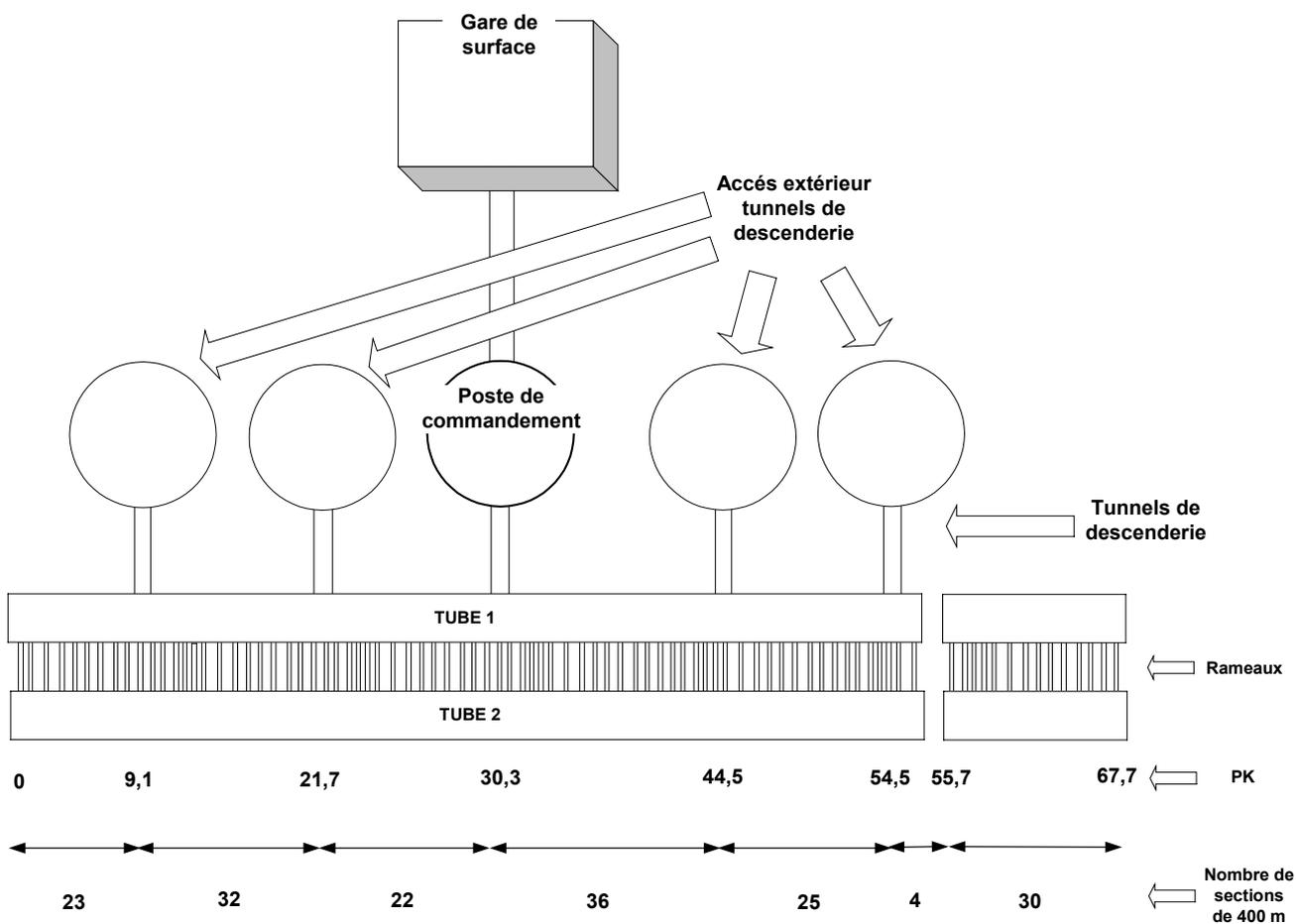
Zona coperta

- ⇒ **Fibra ottica.** La scelta di un'installazione a stella consente di evitare l'installazione di accoppiatori ottici e dunque riduce il rischio di guasti. L'utilizzo di un ramo per il senso di trasmissione e di un ramo per il senso di ricezione consente di evitare l'installazione di multiplexer di lunghezza d'onda e dunque riduce il rischio di guasti. È possibile posare il cavo in fibra ottica in un'ubicazione che lo protegga dalle rotture accidentali e dagli incendi.
- ⇒ **Supervisione.** Tutte le attrezzature devono poter trasmettere degli allarmi. Tutti gli allarmi devono essere centralizzati verso un unico punto.
- ⇒ **Resistenza al fuoco.** I locali in cui vengono posizionate le attrezzature radio devono essere resistenti al fuoco. I cavi coassiali, le antenne ed i sistemi di fissaggio saranno concepiti per resistere al fuoco.
- ⇒ **Scelta dell'architettura.** L'architettura adottata deve consentire la protezione della rete come principio. Una struttura ad anello che consente di raggiungere tutti i punti dell'area da coprire per due percorsi diversi risponde a questo requisito.

## 5.9 Architettura

### 5.9.1 Aree da coprire

Queste aree possono essere schematizzate come segue:



Stazione di superficie

Accesso esterno tunnel della discenderia

Posto di comando

Tunnel della discenderia

Rami

Tubo 1

Numero sezioni di 400 m

## 5.9.2 Discenderie e stazione di Modane

### 5.9.2.1 Discenderie e stazioni di sicurezza

La copertura radio delle discenderie verrà assicurata fino a circa 800 m da un'antenna collegata direttamente alla BTS; oltre questa distanza, sarà necessario installare altre antenne e ripetere il segnale mediante delle interfacce RF/FO.

Gli accessi di emergenza, la sala d'accoglienza ed eventualmente altri locali verranno coperti tramite antenne (una per sala).

### 5.9.2.2 Stazione di Modane

La copertura della stazione di Modane sarà assicurata mediante una rete di antenne collegate direttamente alla BTS (circa 7 antenne). È previsto un prolungamento mediante fibra ottica e RF/FO per le aree più lontane.

## 5.9.3 Soluzione "solo antenna"

Il livello di rumore all'interno del tunnel è stimato a  $-120$  dBm nel canale TETRAPOL.

Per limitare il livello di rumore, ciascun BTS TETRAPOL non deve ricevere più di 31 interfacce RF/FO, ovvero un aumento del rumore di 15 dB.

Le BTS TETRAPOL vengono disposte in corrispondenza di ciascuna discenderia, alla stazione di Modane ed alle estremità. Sono collegate alle interfacce RF/FO dette locali. Una rete a stella collega queste RF/FO locali alle RF/FO remote (sono previste 7 BTS).

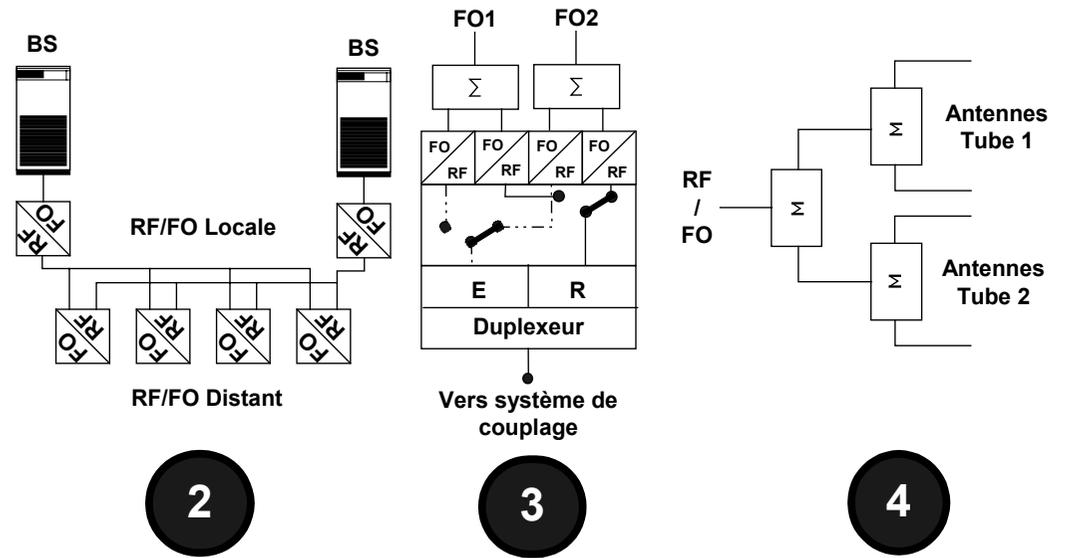
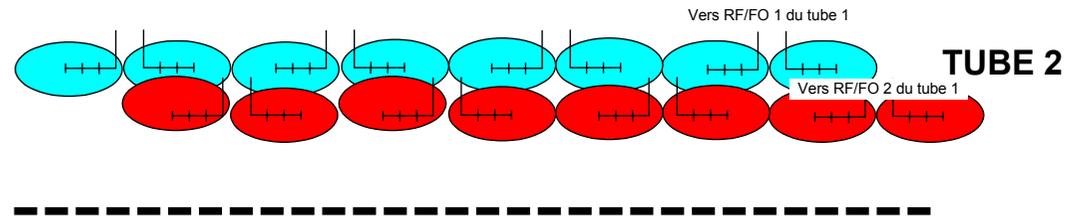
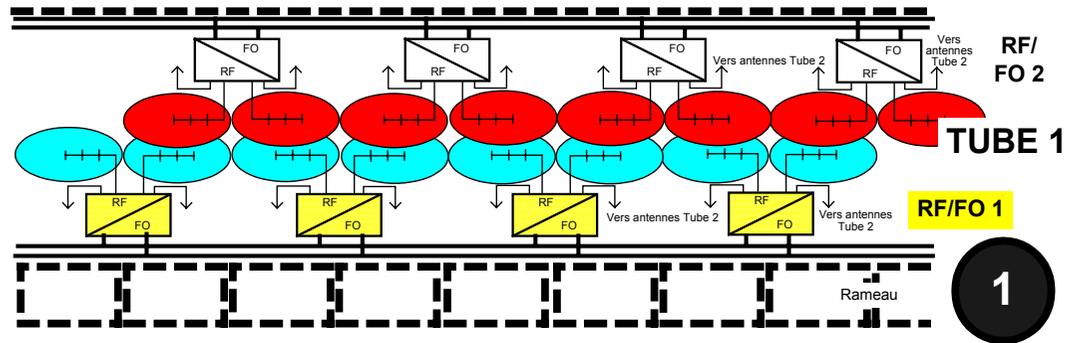
Gli altri punti della soluzione vengono schematizzati di seguito:

Ogni RF/FO remota è collegata, in ciascun tubo, a due antenne spalla a spalla. La portata di ogni antenna è stimata a 400 m. Le interfacce RF/FO sono dunque poste ad una distanza di 800 m (RF/FO 1 di 1) (Vedere 1).

La copertura del tunnel di servizio è assicurata da antenne. Queste antenne verranno installate ogni 800 m in linea con un accoppiatore direzionale 1/10.

Per proteggere l'installazione, vengono proposte le soluzioni seguenti:

- ⇒ **Alimentazione.** Le alimentazioni primarie (rete esterna) vengono fornite, le alimentazioni secondarie (interne al materiale) sono ridondate.
- ⇒ **Diodi ottici.** I diodi sono ridondati. È necessaria un'oscillazione RF (vedere 3).
- ⇒ **Fibre ottiche.** Ogni RF/FO remota è collegata alla RF/FO locale tramite 2 fibre diverse posizionate a monte e a valle (vedere 2).
- ⇒ **Antenne.** Una seconda rete (RF/FO 2) identica alla prima (RF/FO 1), ma le cui antenne sono posizionate a 400 m dalla prima, assicura la protezione della stessa. La sua funzione è quella di assicurare la copertura di un'area scalata rispetto alla prima, in modo da coprire al meglio un'area la cui copertura non verrebbe più garantita dalle antenne della prima rete, in seguito ad una rottura accidentale delle stesse o di un guasto alle attrezzature di trasmissione (vedere 1).





**TUBO 1**

**TUBO 2**

**RF/FO locale**

**RF/FO remota**

**Duplexer**

**Verso il sistema di accoppiamento**

**Antenne tubo 1**

**Antenne tubo 2**

#### 5.9.4 Soluzione "antenne + cavi irradianti "

Come nella soluzione precedente, le BTS TETRAPOL vengono disposte in corrispondenza di ciascuna discenderia, alla stazione di Modane ed alle estremità. Sono collegate alle interfacce RF/FO dette locali. Una rete a stella collega queste RF/FO locali alle RF/FO remote.

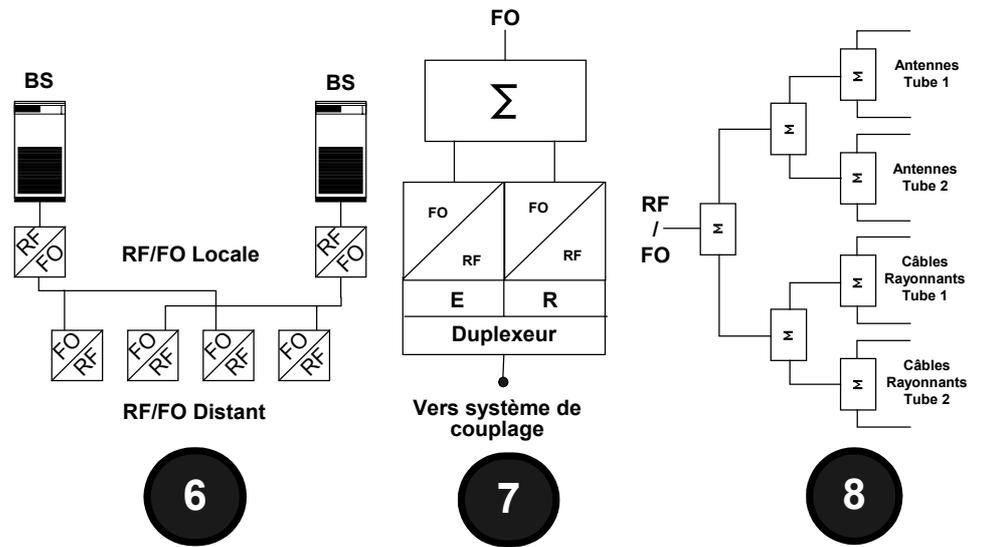
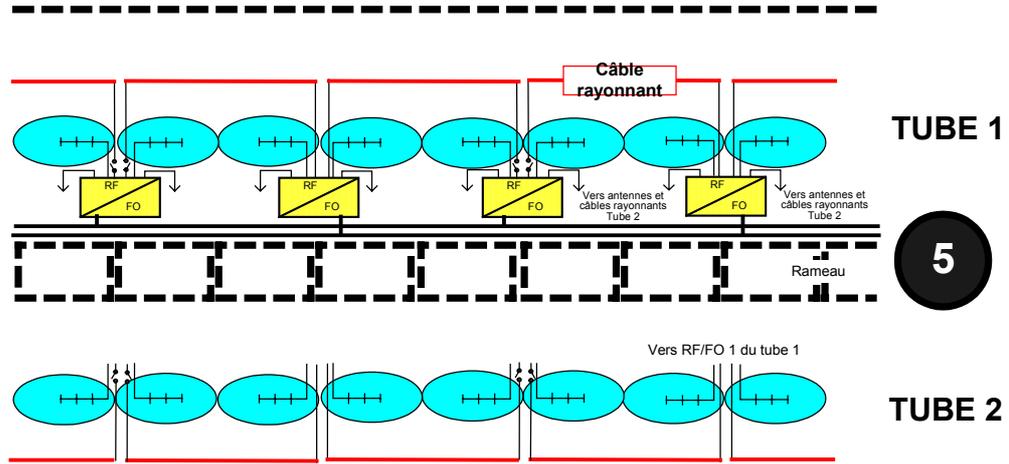
Gli altri punti della soluzione vengono schematizzati di seguito:

Ogni RF/FO remota è collegata, in ciascun tubo, a due cavi irradianti spalla a spalla. La copertura di ciascun cavo è stimata a 800 m. Le interfacce RF/FO sono dunque distanti tra loro di 1600 m (vedere 5). Una copertura complementare viene assicurata da antenne Yagi spalla a spalla, collegate alle stesse interfacce RF/FO in modo da coprire al meglio una zona la cui copertura non verrebbe più assicurata dai cavi irradianti in seguito alla loro rottura accidentale (vedere 5)./

La copertura del tunnel di servizio è assicurata tramite antenne. Queste antenne verranno installate ogni 800 m in linea con un accoppiatore direzionale 1/10.

Per proteggere l'installazione, vengono proposte le soluzioni seguenti:

- ⇒ **Alimentazione.** Le alimentazioni primarie (rete esterna) vengono fornite, mentre le alimentazioni secondarie (interne al materiale) sono ridondate.
- ⇒ **Antenne e RF/FO.** Una seconda rete RF/FO le cui antenne sono posizionate a 800 m dalla prima, assicura una parte della protezione ed integra la copertura fornita dalle antenne della prima rete. Questa protezione viene completata da un'oscillazione della connessione sull'estremità del cavo irradiante adiacente, in caso di rottura del cavo o dell'interfaccia RF/FO situata all'altra estremità (vedere 5).
- ⇒ **Fibre ottiche.** Ogni RF/FO remota è collegata a una RF/FO locale diversa, mediante 1 fibra proveniente alternativamente dal lato a monte e dal lato a valle (vedere 6).





Cavo irradiante

Verso le antenne ed i cavi irradianti tubo 2

Ramo

Verso RF/FO 1 del tubo 1

TUBO 1

TUBO 2

RF/FO locale

RF/FO remota

Duplexer

Verso il sistema di accoppiamento

Antenna tubo 1

Antenna tubo 2

Cavo irradiante tubo 1

Cavo irradiante tubo 2



## **5.9.5 Requisiti e vincoli d'installazione.**

### **5.9.5.1 RF/FO remota.**

L=800 mm, P=600 mm, A=1800 mm

Peso:  $\approx$  80 Kg

Apertura della porta: 180°, a sinistra.

Il punto di collegamento ottico è integrato nella RF/FO (< 1 m)

Assorbimento: 300 W in 220 V CA o 48 V CC.

### **5.9.5.2 RF/FO locale.**

L=800 mm, P=600 mm, A=1800 mm

Peso:  $\approx$  80 Kg

Apertura della porta: 180°, a sinistra.

Situata in prossimità della BTS Tetrapol (< 100 m)

La terminazione ottica è integrata nell'armadio.

Assorbimento: 200 W in 220 V CA o 48 V CC.

### **5.9.5.3 Fibra ottica**

È consigliabile prevedere tante fibre ottiche quante sono le RF/FO remote, vale a dire 36 fibre.

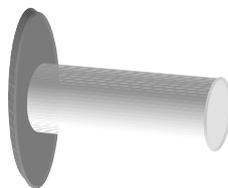
Se viene adottata la soluzione di protezione mediante 2 percorsi differenti, è necessario raddoppiare le fibre ottiche, ovvero 72 fibre.

### **5.9.5.4 Antenna**

È consigliabile riservare uno spazio sulla volta per le antenne all'interno del tunnel.

Il diametro del riflettore è di 700 mm. La lunghezza dell'antenna è di 2000 mm.

Davanti all'antenna deve esservi uno spazio libero di circa 50 m.



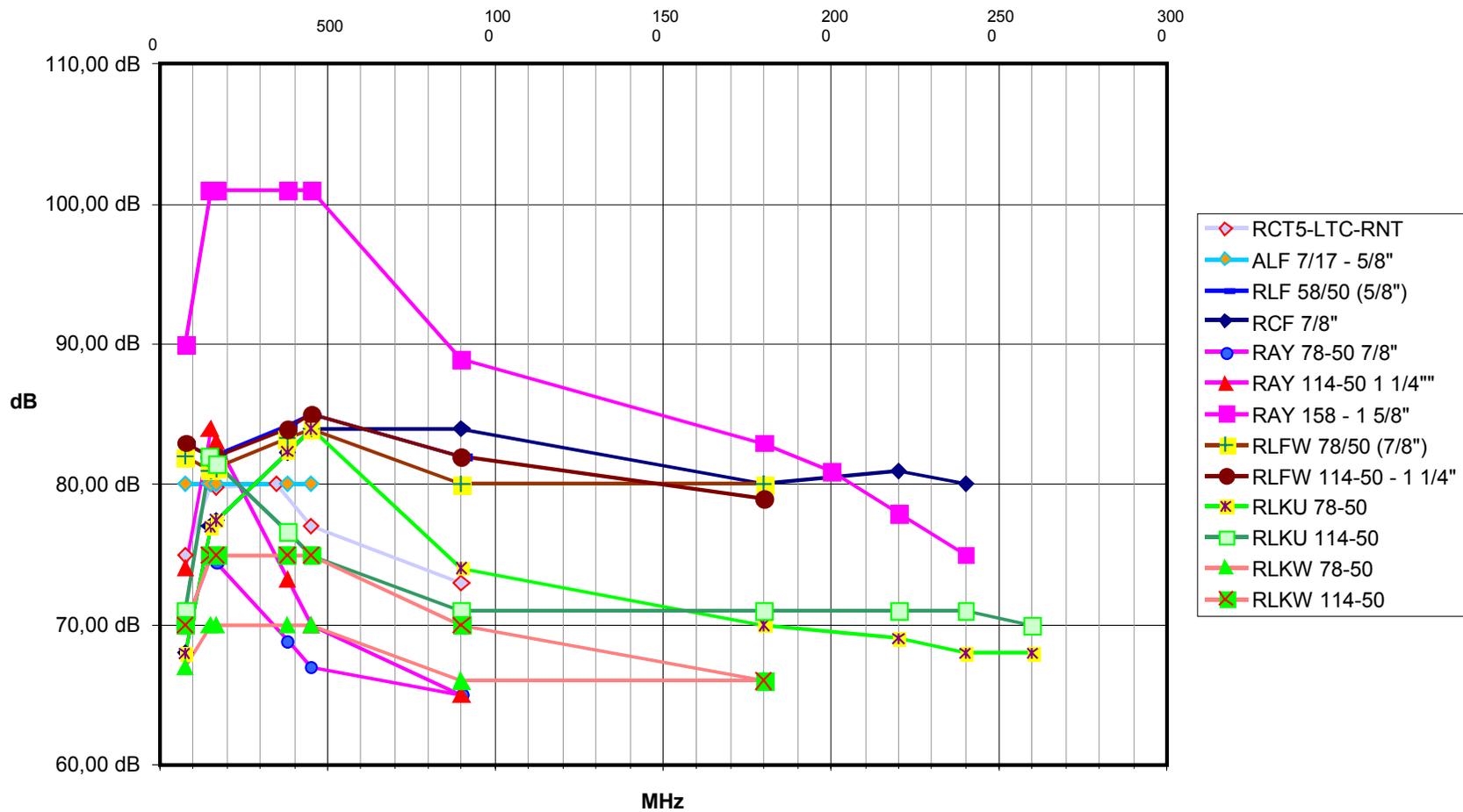
Le antenne nella sala d'accoglienza sono di sagoma ridotta e fissate sul tetto (altezza 250 mm, diametro 300 mm).

## ***5.10 Conclusioni***

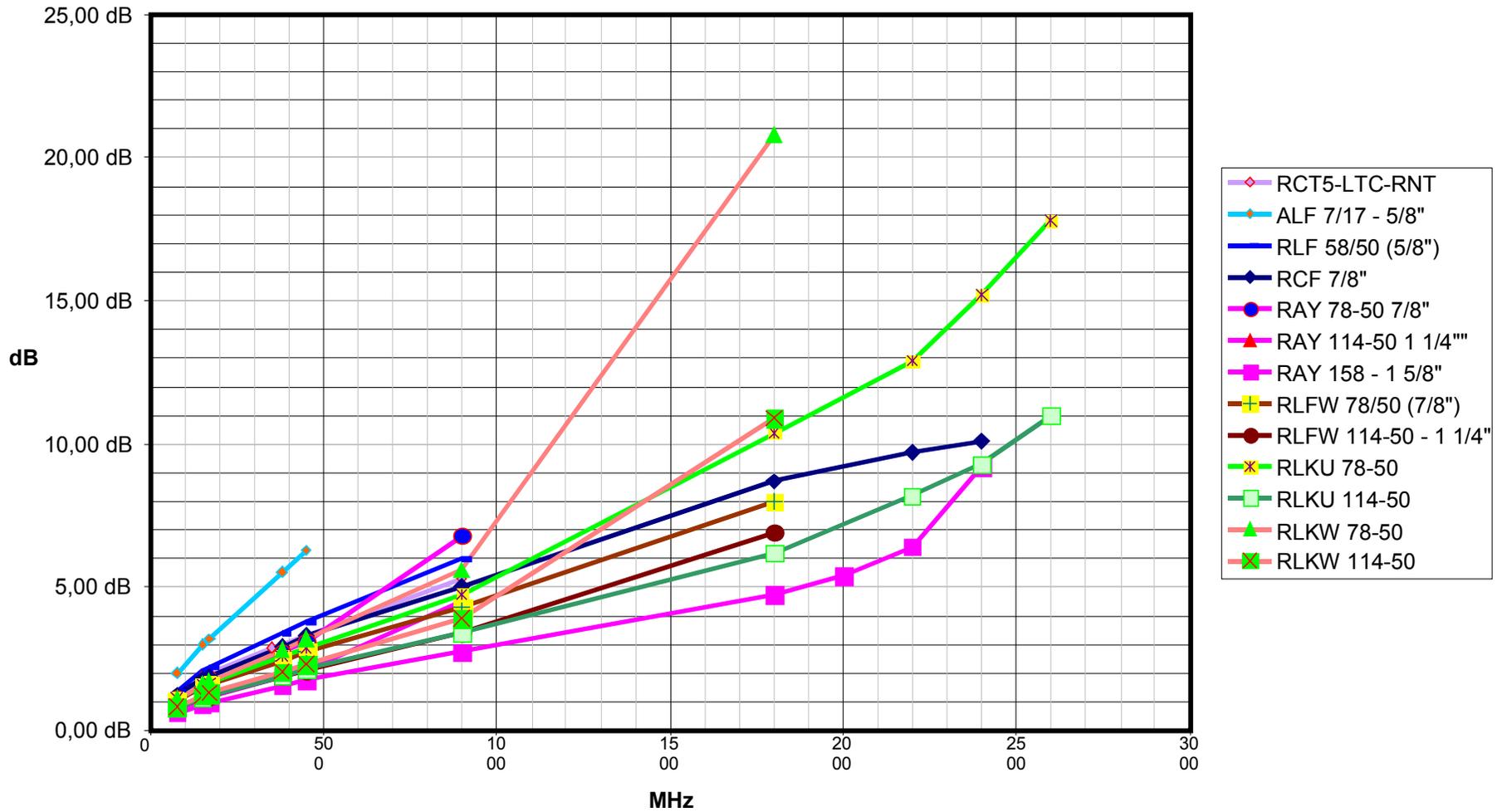
- ⇒ La soluzione «solo antenna» assicura una migliore protezione in caso di malfunzionamento di una rete RF/FO o di un'antenna.
- ⇒ La soluzione «solo antenna» ha i costi d'installazione più bassi.
- ⇒ Le antenne potranno essere installate di pari passo con l'avanzamento del cantiere.

# ALLEGATO 1.1

## Attenuamento di accoppiamento(95%)



Attenuamento lineico







## **6 Video**

### **6.1 *Espressione funzionale della necessità***

Nell'ambito della costruzione del tunnel ferroviario della linea Lione – Torino è stato condotto uno studio preliminare sull'utilizzo di un sistema video sul sito da parte della IG TL. Lo studio preliminare serviva per la presentazione del **Progetto preliminare**. L'oggetto di questo studio è il dimensionamento dei mezzi video da utilizzare a supporto del sistema di controllo d'accesso, del monitoraggio dei punti sensibili del tunnel, dei locali, della stazione (stazione di sicurezza) e dell'integrità del carico prima dell'accesso nel tunnel.

Il presente studio si compone di tre parti:

- ⇒ Una descrizione funzionale;
- ⇒ Una descrizione tecnica;
- ⇒ Una stima dei costi.

#### **6.1.1 Descrizione funzionale**

La parte funzionale si compone di una descrizione sommaria dei mezzi video previsti per rispondere ad un'esigenza. La descrizione funzionale viene integrata da proposte riguardanti mezzi video che possano concorrere al miglioramento della sicurezza dei beni, delle persone e della circolazione nel sito tenendo conto dell'ambiente ferroviario.

#### **6.1.2 Descrizione tecnica**

La parte tecnica si compone della descrizione tecnica sommaria dei diversi mezzi video previsti.

## **6.2 *Descrizione funzionale***

### **6.2.1 Riepilogo delle necessità funzionali in materia di video**

⇒ I mezzi video:

- sono di supporto al controllo d'accesso (oggetto di un altro modulo);
- servono a sorvegliare i punti sensibili del tunnel, dei locali, della stazione;
- sono eventualmente necessari per assicurarsi dell'integrità dei carichi prima dell'entrata nel tunnel dei convogli.

### **6.2.2 Riepilogo dello scenario di lavoro**

Lo studio relativo all'utilizzo della sorveglianza video per il tunnel Lione-Torino viene condotto per lo scenario di costruzione di un tunnel monotubo a binario singolo, doppio tubo a binario singolo per la circolazione ferroviaria e di un tubo di servizio.



FRANCE

# PROJET DE TUNNEL "LYON-TURIN"

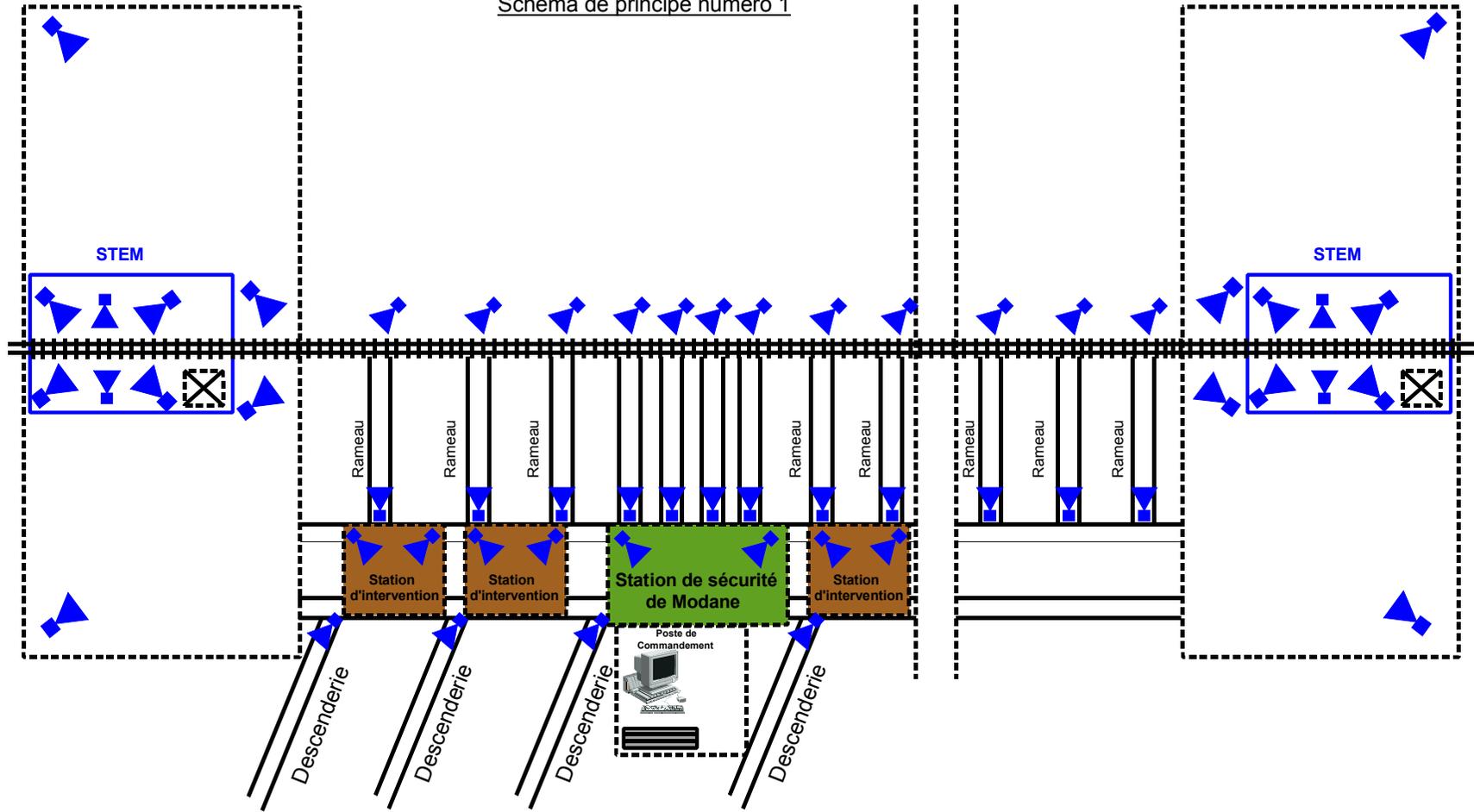
Principe pour une configuration "mono-voie"

ITALIE

Site d'intervention

Site d'intervention

Schéma de principe numéro 1



Accès extérieur Accès extérieur Accès extérieur

 Superviseur	 Enregistreurs	STEM : Surveillance des Trains En Marche	 Dispositif de visualisation	 Guérite
---	---	--	---	---

Francia      PROGETTO DEL TUNNEL LIONE\_TORINO Principio per la configurazione a binario unico      ITALIA  
Sito d'intervento      Schema di principio numero 1      Sito d'intervento  
Ramo Ramo Ramo....  
Stazione d'intervento Stazione d'intervento Stazione di sicurezza di Modane      Stazione d'intervento  
Discenderia      Discenderia      Discenderia      Posto di comando      Discenderia  
Accesso esterno      Accesso esterno      Accesso esterno  
Supervisore      Registratori      STEM      Dispositivo di visualizzazione      Garitta

FRANCE

# PROJET DE TUNNEL "LYON-TURIN"

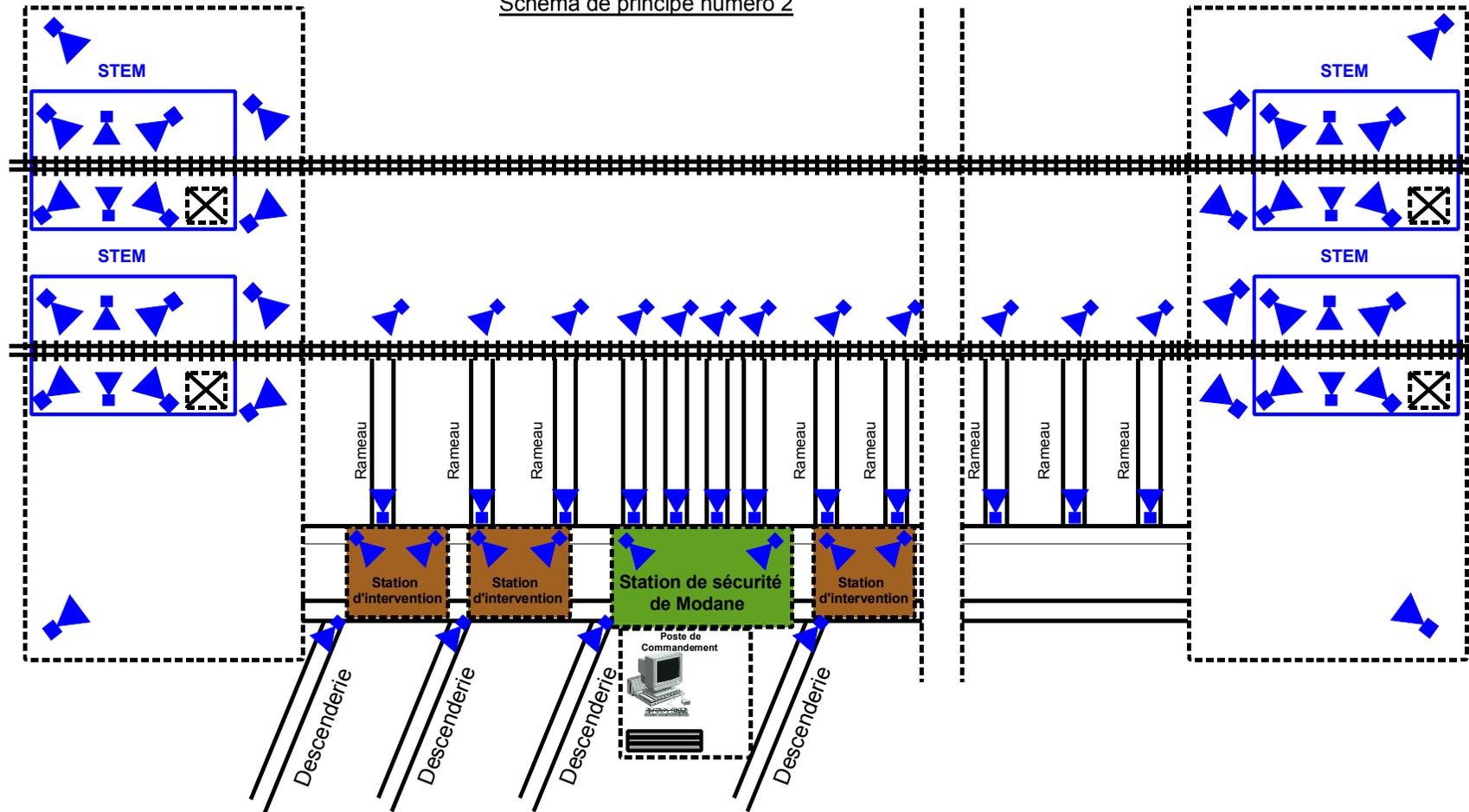
Principe pour une configuration "double-voie"

ITALIE

Site d'intervention

Site d'intervention

Schéma de principe numéro 2



Accès extérieur Accès extérieur Accès extérieur

	Superviseur		Enregistreurs	STEM : Surveillance des Trains En Marche		Dispositif de visualisation		Guérite
---	-------------	---	---------------	--	---	-----------------------------	---	---------

Francia      PROGETTO DEL TUNNEL LIONE\_TORINO Principio per la configurazione a binario doppio  
Sito d'intervento      Schema di principio numero 2      Sito d'intervento  
Ramo Ramo Ramo....  
Stazione d'intervento Stazione d'intervento Stazione di sicurezza di Modane      Stazione d'intervento  
Discenderia      Discenderia      Discenderia      Posto di comando      Discenderia  
Accesso esterno      Accesso esterno      Accesso esterno  
Supervisore      Registratori      STEM      Dispositivo di visualizzazione      Garitta

ITALIA

### **6.2.3 Proposte funzionali**

La soluzione prevista contempla l'utilizzo di mezzi video in aree identificate e l'installazione di una regia di vigilanza che consente l'utilizzo delle immagini in tempo reale e differito.

Le aree destinate all'utilizzo di mezzi video sono le seguenti:

- ⇒ Le aree di trattamento;
- ⇒ Le strutture di emergenza;
- ⇒ I rami;
- ⇒ La stazione di Modane;
- ⇒ Gli accessi su ciascun lato del tunnel.

La regia della sorveglianza video verrà installata nel Posto di comando a livello della stazione di Modane.

Il ruolo della regia è di consentire l'utilizzo delle immagini in tempo reale e differito.

La regia della sorveglianza video deve funzionare in situazione normale e di crisi.

In situazione normale il ruolo della regia è di sorveglianza degli accessi su ciascun lato del tunnel e dell'integrità dei convogli che entrano da ciascun lato del tunnel.

La sorveglianza degli accessi include la sorveglianza dell'entrata del tubo e dell'integrità dei convogli mediante il sistema STEM (Surveillance des Trains En Marche). In situazione normale la regia viene assicurata da uno o due operatori.

In situazione di crisi, la funzione della regia è di sorveglianza dei punti sensibili del tunnel, ovvero le strutture di emergenza, i rami e la stazione di Modane. L'obiettivo della sorveglianza di questi punti in situazione di crisi è di controllare il buon andamento delle operazioni di evacuazione e di soccorso. In situazione di crisi, la regia viene svolta da un numero di operatori superiore all'ordinaria amministrazione. Gli elementi forniti non consentono di eseguire un dimensionamento preciso della regia di sorveglianza video in termini di attrezzature di visualizzazione e di operatori. Come ipotesi di lavoro, si considererà che in situazione normale la regia è gestita da due operatori, mentre viene gestita da tre operatori in situazione di crisi.

Ogni operatore avrà a disposizione un PC dotato di un'interfaccia grafica e potrà accedere a tutte o parte delle immagini a seconda degli scenari di esercizio ancora da definire.

La visualizzazione delle immagini avverrà su una «parete di immagini» (costituita da un insieme di monitor a colori) situata al centro della regia di sorveglianza al fine di consentire la visione delle immagini dal maggior numero di operatori ed eventualmente di personale esterno. Tenuto conto del numero di telecamere utilizzate sull'insieme dei siti, la parete di immagini dovrà consentire la visione simultanea di una sessantina di immagini.

Le immagini selezionate (fino a 60) verranno registrate per una durata di 48 ore.

### **6.2.4 Descrizione funzionale dei mezzi video nelle diverse aree**

#### **6.2.4.1 A/ Sistema video sulle aree di trattamento**

Funzione di queste aree: Consentire la gestione dei problemi in caso di incidente sul treno.

Funzione del sistema video su queste aree: Rendere conto dell'ambiente, verificare che non vi siano situazioni di panico e che l'area non sia troppo ingombra.

Le attrezzature dovranno essere installate in due tipi di aree:

- ⇒ La stazione di sicurezza di Modane;
- ⇒ I siti e le stazioni di intervento.

#### **6.2.4.1.1 La stazione di sicurezza di Modane**

L'utilizzo del sistema video in quest'area riguarda il corridoio dell'accesso di emergenza, la sala d'accoglienza, l'area ed i rami di evacuazione. Il corridoio dell'accesso di emergenza e gli accessi alla sala di accoglienza verranno coperti da telecamere fisse. L'obiettivo è di visualizzare l'ambiente dell'area, il movimento delle persone e dei mezzi di soccorso.

La copertura video della sala d'accoglienza verrà realizzata mediante telecamere fisse destinate a riprendere l'ambiente e gli accessi del corridoio di emergenza e dei rami dall'interno. La sorveglianza dell'area viene rafforzata mediante l'installazione di due telecamere tipo dome per una visualizzazione di un punto preciso su richiesta dell'operatore. L'accesso di ciascun ramo può essere ripreso da una telecamera fissa contenuta in un involucro specifico in grado di resistere in condizioni estreme (fuoco, fumi).

***La copertura della stazione di sicurezza può realizzarsi mediante una ventina di telecamere fisse e due telecamere mobili di tipo dome.***

#### **6.2.4.1.2 I siti e le stazioni d'intervento**

Vi sono 5 gallerie d'intervento destinate all'evacuazione dei treni merci e dell'autostrada ferroviaria. Ogni sito d'intervento dispone di un accesso al tunnel. Ogni galleria d'intervento è lunga 750 m. Questo spazio è sufficientemente grande per consentire lo stazionamento e le inversioni.

L'obiettivo del sistema video in questi siti è di consentire una visione completa dell'ambiente.

***La copertura di ogni sito può realizzarsi mediante una ventina di telecamere fisse.***

### **6.2.4.2 B / Le strutture di soccorso**

Funzione di queste aree: Evacuare i feriti e dispensare le prime cure.

Funzione del sistema video: Supporto al coordinamento delle attività nell'area di soccorso.

Le aree riservate alle attività di soccorso si trovano in testa al tunnel e nelle discenderie a livello di ciascuna stazione e siti d'intervento. I mezzi video possono essere sistemati a livello dei tunnel in corrispondenza dei tre accessi di ciascun tubo.

*Per ciascuno dei sei accessi si può prevedere una quindicina di telecamere fisse.*

#### **6.2.4.2.1 I rami**

All'interno del tunnel vi è un ramo ogni 400 m e ogni 100 m a livello della stazione di Modane. Ogni ramo verrà dotato di una telecamera all'entrata, di una telecamera all'uscita dal lato del corridoio di servizio e di due telecamere all'interno.

I rami in totale sono 175. Per l'insieme dei rami, il numero delle telecamere è stimato intorno alle 800.

### **6.2.4.3 C / La stazione di MODANE**

L'utilizzo del sistema video in quest'area risponde ad un obiettivo di sicurezza del sito stesso.

*Per la stazione di Modane si può prevedere l'utilizzo di una cinquantina di telecamere.*

#### **6.2.4.4 D / Gli accessi su ciascun lato del tunnel**

Funzione del sistema video: Sorvegliare l'accesso del tunnel e l'integrità dei convogli prima della loro entrata nel tunnel.

La sorveglianza dell'accesso al tunnel verrà realizzata mediante delle telecamere fisse e delle telecamere dome.

*Su ciascun lato del tunnel si può prevedere l'utilizzo di 4 telecamere fisse e di una telecamera dome.*

## 6.2.4.5 STEM

Per garantire la sorveglianza 24 ore su 24 dei convogli prima della loro entrata nel tunnel, verranno utilizzati 2 dispositivi STEM (sorveglianza dei treni di passaggio) (uno su ciascun lato del tunnel). Ogni sistema consente all'operatore in regia di disporre di dati visivi che gli consentano di rilevare eventuali anomalie sui treni in percorrenza, in base alla seguente sequenza di immagini trasmesse:

- ⇒ All'arrivo del treno: visualizzazione della parte superiore e laterale del treno, compresi gli organi di rotolamento (vista semipanoramica);
- ⇒ Al passaggio del treno: visualizzazione della parte laterale e degli organi di rotolamento;
- ⇒ All'allontanamento del treno: visualizzazione della parte superiore e laterale del treno, compresi gli organi di rotolamento (vista semipanoramica).

Consente allo stesso modo di mettere a disposizione, nelle 96 ore seguenti alla registrazione, le informazioni visive registrate durante la sorveglianza dei treni in percorrenza (sistema sincronizzato).

*Per l'insieme del tunnel, il numero di telecamere (fisse o mobili) è stimato intorno a 1070.*

## 6.2.5 Descrizione funzionale dell'architettura del sistema video

Il sistema video verrà installato su una rete protetta. Il numero di immagini visualizzabili simultaneamente in regia è di 60. I posti di sorveglianza e di supervisione video sono 3. La rete di supporto disponibile per la realizzazione della rete di sorveglianza video è una rete Gigabit Ethernet su fibra ottica. Questa rete mette a disposizione delle porte di accesso Ethernet 10/100/1000baseT commutate.

## 6.3 Descrizione tecnica della soluzione

La soluzione tecnica proposta consiste nell'installare delle telecamere analogiche e nel codificare i segnali video in modo da farli circolare sulla rete.

Un codificatore di segnali video viene posto in ciascun ramo, il che significa che bisognerà fornire 175 codificatori per l'acquisizione delle immagini video a partire dalle telecamere a colori.

Ciascuno di questi 175 codificatori servirà in media 5 telecamere (ovvero circa 800 telecamere in totale).

60 immagini verranno ricevute in quadrivisione a livello della regia di sorveglianza: saranno dunque necessari 15 monitor analogici a colori (per formare una "parete di immagini") e 15 sistemi di quadrivisione a colori.

Per alimentare i 15 sistemi di quadrivisione, sono necessari dei decodificatori video per servire le 60 uscite video.

I codificatori ed i decodificatori video sono collegati alla rete di supporto Ethernet, tramite una porta Ethernet 10/100 Mbps commutata.

Un'immagine video di qualità eccellente a schermo pieno (con codifica temporale) utilizza 3 Mbps di banda passante, un'immagine in quadrivisione ne utilizza 2 Mbps. La rete di supporto deve dunque essere in grado di assorbire 180 Mbps in totale per il trasferimento delle immagini video.

Sul collegamento di accesso commutato Ethernet 10/100 Mbps del codec, possono essere veicolate al massimo 25 immagini a schermo pieno o 37 immagini quad (per una banda passante utile di 75 Mbps per accesso).

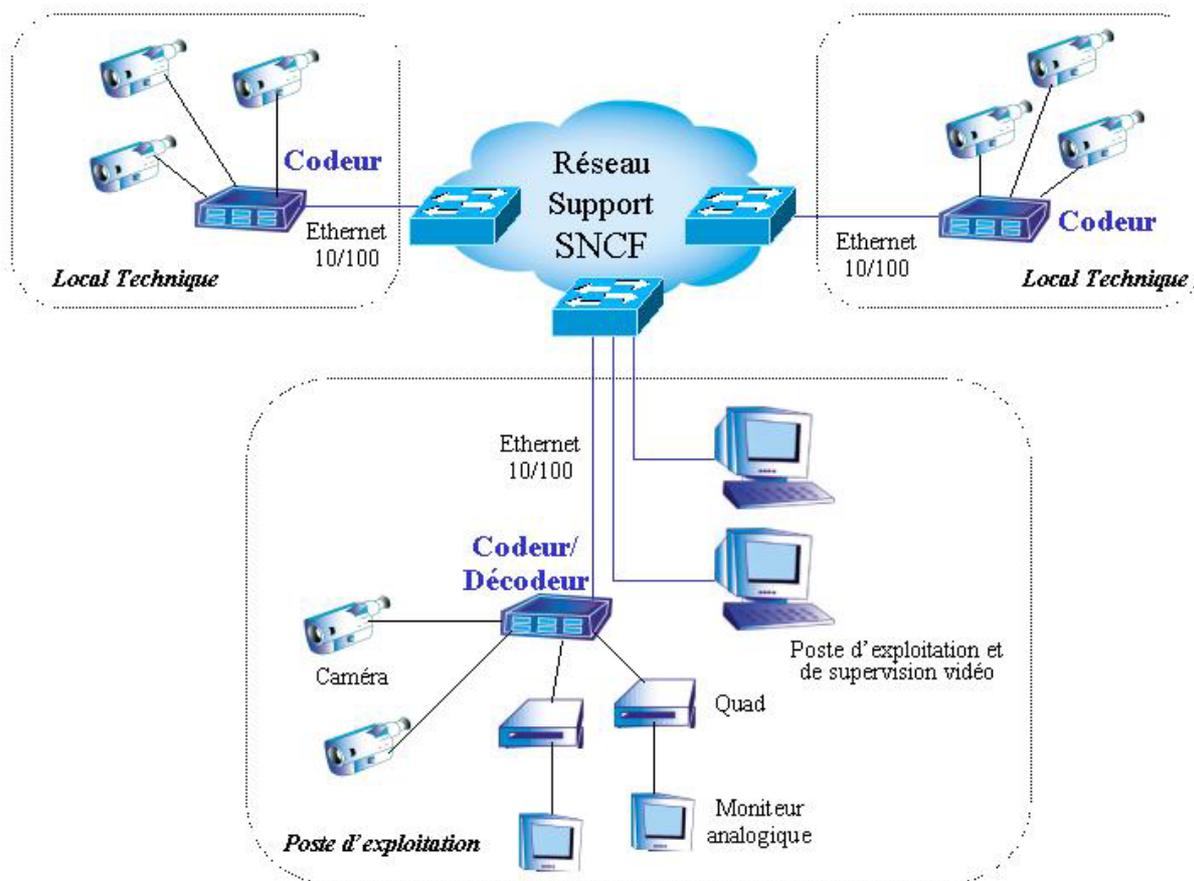
Per evitare qualsiasi problema di ingombro sul collegamento d'accesso, viene presa in considerazione la misura più vincolante per il dimensionamento dei codificatori/decodificatori:

- ⇒ ogni codificatore potrà essere utilizzato da un massimo di 25 telecamere (numero compatibile con il requisito client che corrisponde a 5 telecamere circa per codificatore).
- ⇒ ogni decodificatore potrà trasmettere un massimo di 25 immagini video e dunque alimentare 25 uscite video verso i sistemi di quadrivisione. Per questo motivo, è necessario mettere a disposizione 3 decodificatori per alimentare i 15 sistemi di quadrivisione.

Le immagini selezionate sulla parete di immagini resteranno salvate per una durata di 48 per mezzo di una serie di 4 registratori digitale a 16 vie (una via per ogni immagine selezionata).

### 6.3.1 Architettura della soluzione

#### 6.3.1.1 Schema di principio



Codificatore	Locale tecnico	Rete di supporto SNCF	Codificatore Locale tecnico
Codificatore/Decodificatore			
Telecamera	Quad	Posto di esercizio e di supervisione video	
Posto di esercizio	Monitor analogico		

## **6.3.2 Materiale proposto**

### **6.3.2.1 Telecamere a colori con contenitore di protezione**

Le attrezzature prese in considerazione per l'elaborazione della codifica sono:

In alcuni luoghi si può prevedere l'utilizzo di telecamere a colori con contenitori di protezione standard e alcuni contenitori ideati appositamente per l'uso in ambienti ostili (fumi, fuoco, nebbia, alte temperature...).

### **6.3.2.2 Codificatori/decodificatori video**

Le apparecchiature per l'acquisizione e la ritrasmissione delle immagini video sono i codificatori/decodificatori video.

I codec hanno dei telai con 5 o 8 alloggiamenti per:

- ⇒ Una scheda di controllo con una porta Ethernet 10/100 BaseTx;
- ⇒ Delle schede di codifica/decodifica MJPEG2000 da 4 porte ciascuna che possono essere utilizzate indifferentemente per le telecamere o per alimentare i monitor (parametro di funzionamento).

I codec assicurano la riconfigurazione automatica dei collegamenti interrotti in seguito ad un guasto sulla rete. I collegamenti che supportano i flussi video vengono allora ristabiliti senza intervento da parte dell'operatore.

Infine, i codec includono il supporto per SNMP che consente di consultare statistiche precise e di gestire gli allarmi. Questi dati sono recuperabili ed utilizzabili da qualsiasi software di supervisione.

### **6.3.2.3 Sistemi di quadrivisione**

Questi sistemi consentono di visualizzare fino a 4 immagini a colori divise in 4 settori su uno schermo. Allo stesso modo, è possibile selezionare un'immagine e visualizzarla a schermo pieno (modo sequenziatore). Un'etichetta di massimo 8 caratteri alfanumerici può essere assegnata a ciascuna delle entrate telecamera e appare sullo schermo nel settore corrispondente. Questa attrezzatura utilizza delle interfacce BNC ed è compatibile con le caratteristiche dei flussi video analogici.

### **6.3.2.4 Monitor analogici**

Per l'elaborazione della codifica verrà utilizzato un monitor a colori da 21 pollici.

### **6.3.2.5 Registratori**

I registratori devono essere in grado di registrare 60 immagini selezionate sulla parete di immagini per una durata di 48 ore con una qualità di registrazione pari a 3 immagini al secondo.

### **6.3.2.6 Sorveglianza dei treni in percorrenza (STEM)**

Per ogni sito da sorvegliare, ogni dispositivo richiede l'installazione di:

- ⇒ 6 telecamere (3 telecamere per ogni lato del treno da sorvegliare);
- ⇒ un impianto di illuminazione per la sorveglianza notturna, composto da 7 proiettori e che garantisca l'illuminazione di un'area di almeno 80 metri;
- ⇒ La luminosità deve essere superiore o uguale a 10 lux sulle pareti laterali del treno (a 1,80 m di altezza);
- ⇒ Di un dispositivo di rilevamento dei treni in circolazione sui binari;
- ⇒ Di un dispositivo automatico "master" integrato in una garitta di 2 m X 2 m e collegato al sito "operatore" mediante fibra ottica.

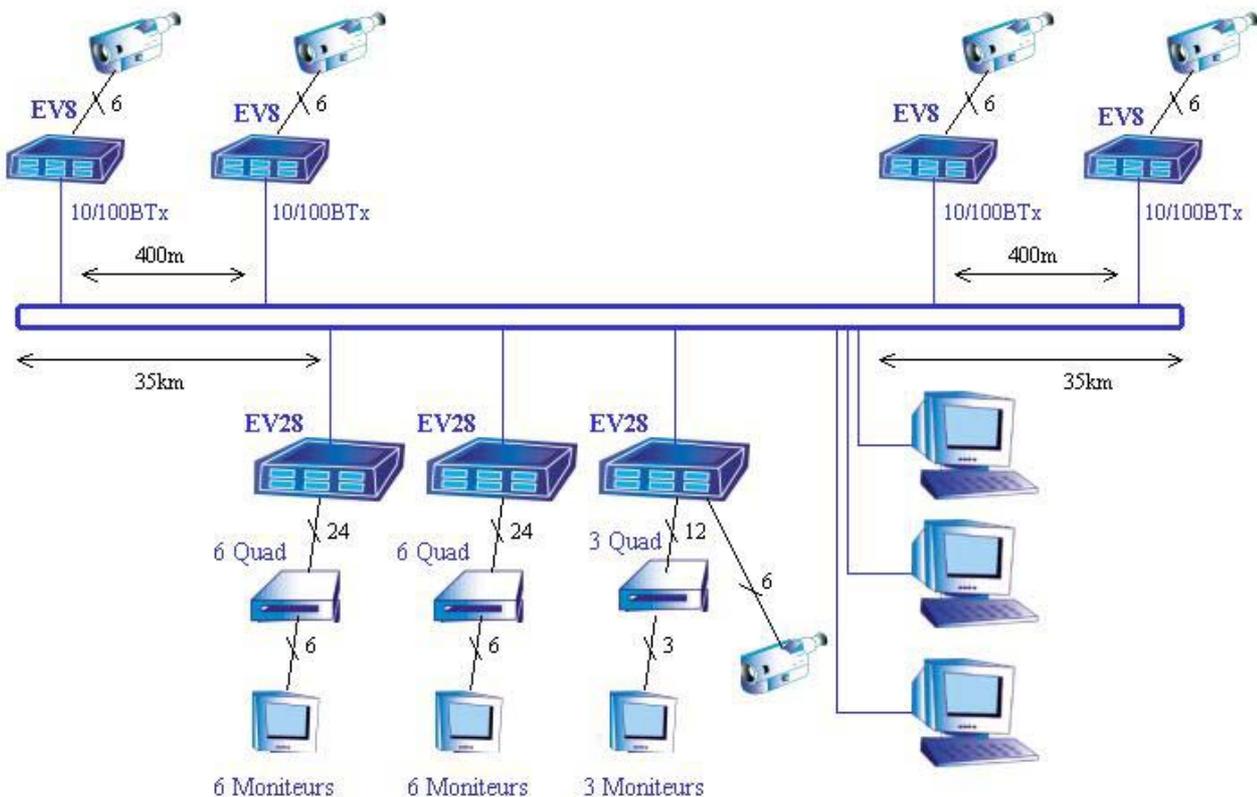
Nel sito "operatore" (che sarà situato a livello della regia di visualizzazione delle immagini) ogni dispositivo richiederà l'installazione di:

- ⇒ un dispositivo di visualizzazione delle immagini formato da 3 schermi;
- ⇒ un dispositivo automatico "slave" collegato al sito da sorvegliare mediante fibra ottica;
- ⇒ una console di gestione;
- ⇒ un dispositivo di allarme acustico.

Le aspettative in termini di STEM per il progetto Lione-Torino vanno oltre le possibilità dei sistemi STEM attuali, pertanto il principio adottato per il presente studio corrisponde ad un'estrapolazione dei sistemi esistenti.

## 6.3.3 Progetto dettagliato

### 6.3.3.1 Rete di sorveglianza video



⇒ Ogni ramo è dotato di un codificatore/decodificatore per il collegamento di almeno 8 camere. (I telai possono montare di base fino a 8 camere supplementari in caso di estensione della rete).

⇒ L'insieme del sito è dotato di:

- Circa 1050 telecamere;
- 175 codificatori/decodificatori (con accesso Ethernet integrato);
- 2 sistemi di acquisizione delle immagini per il sistema STEM.

⇒ Il locale per l'utilizzo delle immagini è dotato di:

- 15 sistemi di quadrivisione;
- una parete di immagini formata da 15 monitor a colori;
- una serie di 4 registratori digitali a 16 vie;
- un dispositivo di visualizzazione delle immagini STEM;
- 3 posti di esercizio (operatori), ciascuno costituito da una piattaforma hardware PC su cui girano le applicazioni software di esercizio, di supervisione e di ripresa video.

## **7 Sonorizzazione di sicurezza dedicata alla diffusione dell'allarme di evacuazione**

### **7.1 Informazioni generali**

Il sistema di sonorizzazione di sicurezza si basa su un'architettura di rete (vedere lo schema riportato di seguito). Il messaggio di evacuazione può essere emesso dal P.C. e in locale dall'unità di amplificazione locale. Gli annunci possono essere trasmessi dal P.C. o dalle unità locali.

Il sistema viene alimentato:

- ⇒ Da una rete di alimentazione elettrica di sicurezza, fuori lotto;
- ⇒ Per il trasferimento dei comandi e dei messaggi vocali, tramite una rete di sicurezza di tipo backbone (lotto 1), fuori lotto.

Le unità modulari per l'amplificazione delle potenze devono poter funzionare correttamente per 2 ore consecutive ad una temperatura di 80°.

Dal momento che la sonorizzazione serve per l'evacuazione delle persone all'interno del tunnel, dovrà avere un livello minimo di intelligibilità fissato a 0,5 in base all'indice STI (Speech Transmission Index), che corrisponde a circa il 75% delle parole foneticamente riconosciute. Per quanto possibile, nelle aree di attesa del pubblico questo valore verrà portato a 0,6.

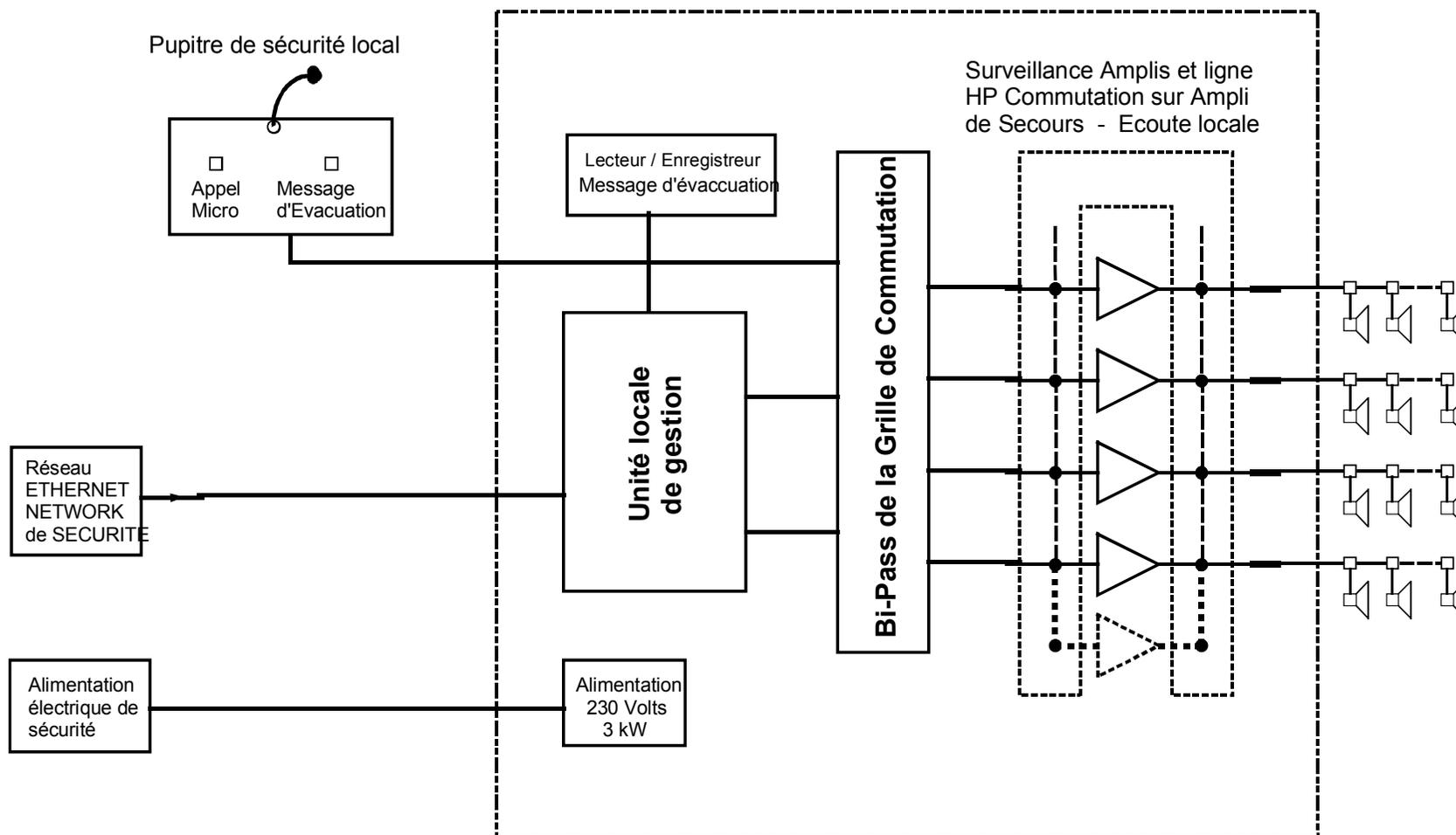
La copertura sonora dovrà essere omogenea e l'installazione dovrà permettere la copertura dei rumori provenienti dall'ambiente e l'eliminazione delle distorsioni in tutte le situazioni, (e mantenere un rapporto segnale/rumore di circa 10 dB(A)) incluse le situazioni di perturbazione (motrice rumorosa, ventilatore e compressore in funzione e ventilatore di evacuazione dei fumi che funziona a grande velocità).

Le interferenze tra i messaggi diversi e simultanei che partono dal P.C. e dei messaggi registrati dovranno essere evitate per non compromettere l'intelligibilità e per distinguere chiaramente la provenienza dei messaggi.

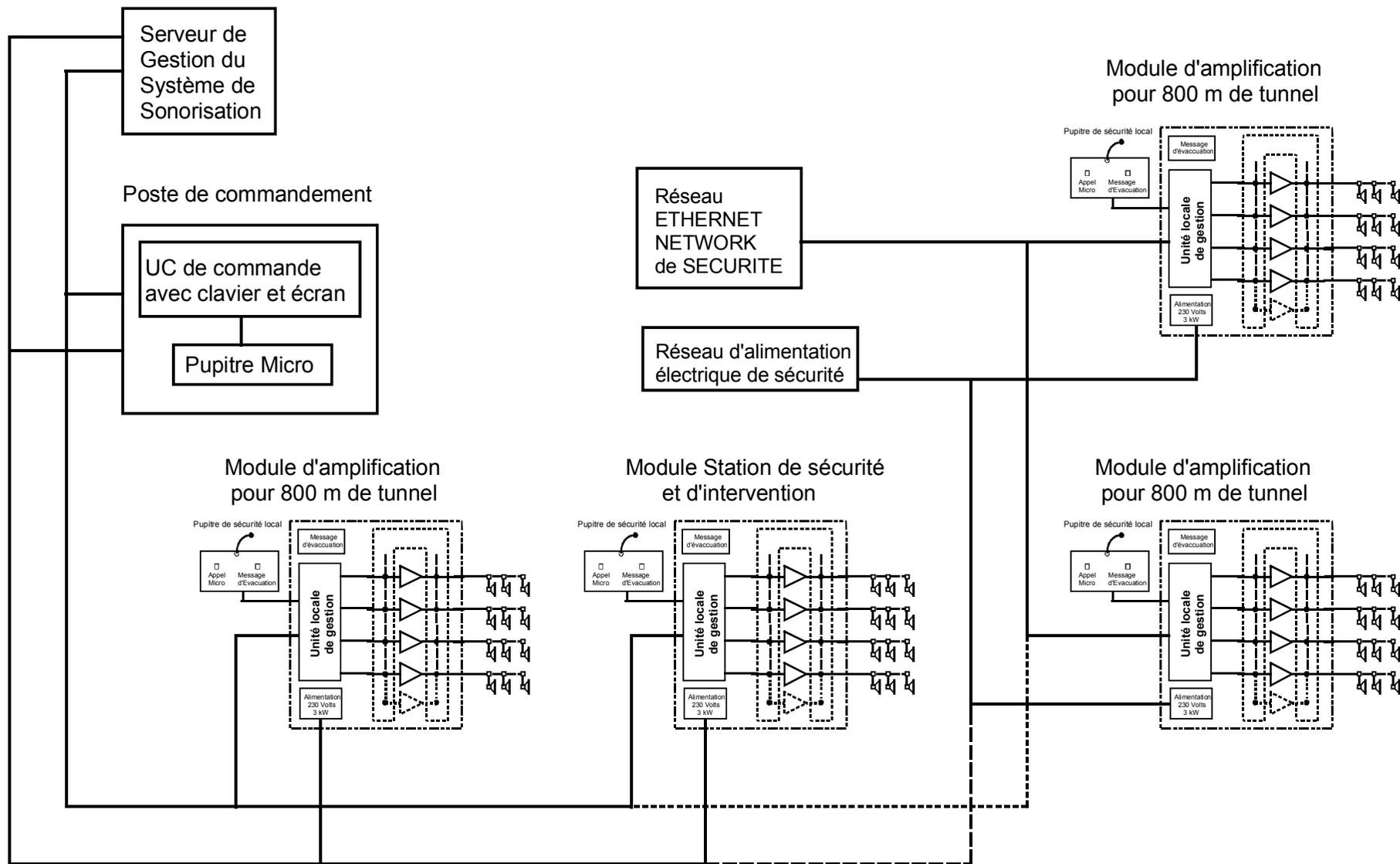
Per coprire con un sistema di sonorizzazione il tunnel Lione/Torino dal lato del marciapiede di evacuazione, è necessario prevedere l'installazione di un dispositivo di amplificazione modulare ogni due rami. Questo dispositivo alimenterà gli altoparlanti da una parte e l'altra del ramo stesso fino a quello successivo a 400 m di distanza. Questa soluzione consente di ottimizzare le lunghezze dei cavi utilizzati.

La copertura delle stazioni di sicurezza e di intervento verrà assicurata da un modulo di amplificazione identico a quello del tunnel.

### Baie de sonorisation CEM



Unité modulaire d'amplification de puissance pour 800m de tunnel et station de sécurité et d'intervention



Architecture du système de sonorisation d'évacuation

Console di sicurezza locale  
Armadio di sonorizzazione EMC  
Sorveglianza ampli e linea HP di commutazione su ampli di soccorso – Ascolto locale  
Chiamata micro      Messaggio di evacuazione  
Lettore/registratore      Messaggio di evacuazione  
Rete Ethernet di sicurezza  
Unità locale di gestione  
By-pass della griglia di commutazione  
Alimentazione elettrica di sicurezza  
Alimentazione 230 Volt 3kW  
Unità modulare di amplificazione di potenza per 800 m di tunnel e stazione di sicurezza e d'intervento  
Server di gestione del sistema di sonorizzazione  
Modulo di amplificazione per 800 m di tunnel  
Posto di comando  
Rete Ethernet di sicurezza  
Console di sicurezza locale  
Chiamata micro      Messaggio di evacuazione  
Messaggio di evacuazione  
Unità locale di gestione  
Alimentazione 230 Volt 3 kW  
UC di comando con tastiera e schermo  
Console micro  
Rete di alimentazione elettrica di sicurezza  
Modulo di amplificazione per 800 m di tunnel  
Modulo stazione di sicurezza e d'intervento  
Modulo di amplificazione per 800 m di tunnel  
Architettura del sistema di sonorizzazione di evacuazione



## **7.2 Norme**

NF C 15 100	Impianti elettrici a bassa tensione.
NF EN 60849	Sistemi elettroacustici per i servizi di emergenza.
NF S 61 936	Sistemi di sicurezza antincendio – Dispositivi di allarme.
NF S 61 940	Sistemi di sicurezza antincendio – Alimentazione elettrica di sicurezza.
NF C 32 070	Condotti e cavi isolati per impianti – Test di classificazione dei condotti e dei cavi dal punto di vista della loro reazione al fuoco.

## **7.3 Materiale utilizzato**

Il materiale di sonorizzazione verrà integrato in armadi EMC rispettando le norme relative ai collegamenti e all'integrazione.

I materiali utilizzati non dovranno generare fumi spessi, né gas tossici in caso di combustione.

### **7.3.1 Sorveglianza degli amplificatori e linea degli altoparlanti**

La sorveglianza degli amplificatori è permanente, fatta eccezione per la diffusione di modulazione, attraverso l'emissione di una frequenza inudibile e si realizza mediante:

- ⇒ La misurazione dell'impedenza della linea dell'altoparlante;
- ⇒ La misurazione dell'isolamento della linea degli altoparlanti rispetto alla terra che non è normata.

La misurazione viene eseguita in automatico e se i risultati sono fuori dai valori di tolleranza, viene segnalato l'errore.

Se viene rilevato un malfunzionamento in un amplificatore di potenza, una commutazione automatica azionerà un amplificatore di soccorso.

### **7.3.2 Sincronizzazione dell'ora**

Al fine di registrare il giornale di servizio con la data corretta, il server deve essere sincronizzato su un orologio interno o su un centro orario radio sincronizzato.

Il server preposto alla sonorizzazione deve sincronizzare le sue periferiche.

### **7.3.3 Console**

Tutte le console del P.C. saranno dotate di un pulsante per l'invio del messaggio di allarme generale di evacuazione che sarà disposto e protetto in modo da evitare che l'allarme scatti intempestivamente.

Una console di sicurezza locale è prevista all'interno del tunnel e per unità di amplificazione. Tale console includerà due pulsanti, uno per la diffusione della chiamata generale, l'altro per far scattare il messaggio di allarme generale di evacuazione. Quest'ultimo sarà disposto e protetto in modo da evitare che l'allarme scatti intempestivamente.

### **7.3.4 Messaggio d'allarme di evacuazione**

I segnali del messaggio preregistrato devono essere registrati in memorie non volatili senza parti meccaniche mobili.

Il messaggio d'allarme di evacuazione verrà fatto scattare manualmente mediante dei pulsanti specifici o automaticamente dal P.C. o, se necessario, dalla centrale di rilevamento antincendio.

### **7.3.5 Allarmi**

I materiali che presentano un guasto generano degli allarmi che verranno ritrasmessi sulle console del P.C. e, se necessario, alla centrale di rilevamento antincendio. Questi allarmi verranno anche archiviati nel server della sonorizzazione e saranno facilmente consultabili.

### **7.3.6 Cavi**

I cavi saranno di categoria CR1 o C2 se installati in una canale protetta taglia fuoco con grado di sicurezza di due ore.

Per i test di resistenza al fuoco dei cavi, sarà necessario tenere conto della specifica dei segnali trasmessi.

### **7.3.7 Cablaggio e scatole di collegamento**

Devono rispettare i seguenti criteri:

- ⇒ Autoestinguibilità (V0, UL 94);
- ⇒ Prova del filo incandescente a 960° C ( CEI 695-2-1).

ed essere stati collaudati.

## **7.4 Alimentazione di energia elettrica**

Verrà calcolata in modo da garantire un'autonomia di 12 ore più un ciclo di evacuazione per l'insieme delle zone d'allarme (ZA) nella gamma di temperatura di funzionamento.

I consumi sono:

- ⇒ 3 kW per unità d'amplificazione;

⇒ 3 kW per il P.C. ed il server.

#### **7.4.1 Alimentazione dell'unità centrale**

L'unità centrale sarà alimentata da 230 Volt a 50 Hz con un'alimentazione di sicurezza. I 230 Volt a 50 Hz sono prodotti da un ondulatore a partire dalle batterie o dalla rete elettrica nazionale. La commutazione dall'una all'altra fonte si effettua senza microinterruzione per mezzo di un commutatore statico per evitare di dover reinizializzare l'installazione.

#### **7.4.2 Alimentazione dell'amplificazione di potenza**

Le unità di amplificazione di potenza sono alimentate da 230 Volt a 50 Hz dalla rete elettrica. L'alimentazione di emergenza viene fornita da un gruppo elettrogeno o feeder a 3200 Volt di segnalazione in assenza di alimentazione principale, con un tempo di interruzione di massimo 15 secondi.

### **7.5 Diffusori sonori**

I diffusori sono diffusori sonori non autonomi (D.S.N.A.) costituiti da altoparlanti.

Devono rispettare i seguenti criteri:

- ⇒ Autoestinguibilità (V0, UL 94);
- ⇒ Prova del filo incandescente a 960° C (CEI 695-2-1);
- ⇒ Membrana in fibra di vetro;
- ⇒ Scatola in metallo o con copertura metallica.

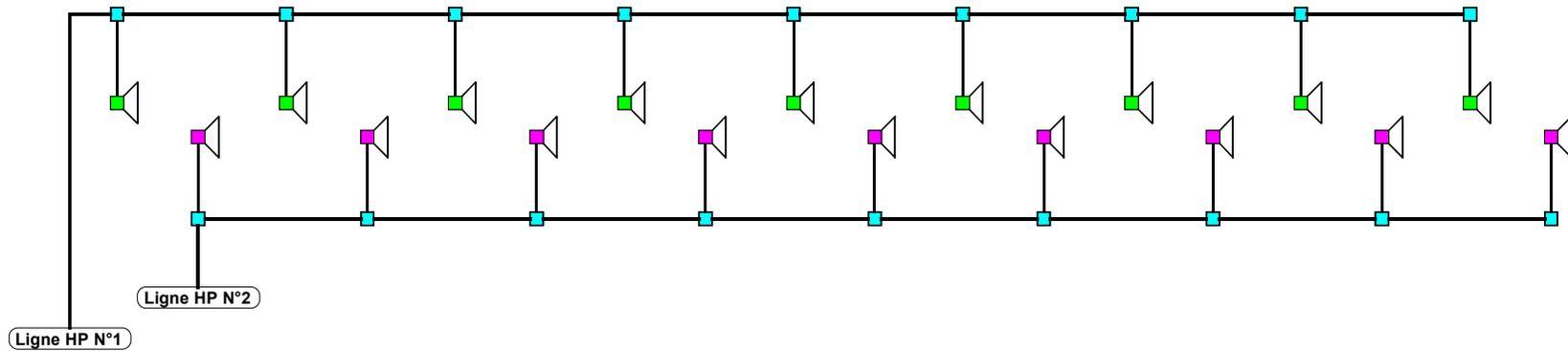
ed essere stati collaudati.

### **7.6 Principi di cablaggio della linea degli altoparlanti.**

Ogni zona di diffusione verrà alimentata da minimo due amplificatori. Per una migliore affidabilità, ogni linea alimenterà un altoparlante su due. Il cablaggio sarà in tipo bus e non a stella, per avere una misura significativa della linea.

Le schema di principio del cablaggio delle linee a 100 Volt viene riportato di seguito.





**Principe de câblage des lignes 100 Volts**

Linea HP 1

Linea HP 2

Principi di cablaggio delle linee 100 Volt

## **7.7 Vicinanza della catenaria**

Tutti i materiali della catena di diffusione sonora verranno installati oltre la distanza limite di vicinanza della catenaria, vale a dire a più di 3 metri sotto tensione, per ridurre i tempi di intervento.

Le operazioni di manutenzione sulla catena di diffusione sonora (altoparlanti, scatole di collegamento e cavi) devono potersi effettuare senza dover rimuovere la catenaria.

## **8 Telefonia d'allarme**

Nei diversi locali, gli accessi, le entrate/uscite, le sale, i tunnel, la galleria, le stazioni, le discenderie, i marciapiedi, le banchine sono installati dei telefoni di allarme direttamente collegati al posto di comando e alla sala di crisi.

I telefoni di allarme vengono messi in comunicazione semplicemente sganciandoli (suoneria e sistema luminoso di chiamata urgente nel posto di comando e nella sala di crisi).

Possono essere chiamati selettivamente a partire dal posto di comando e dalla sala di crisi. Questi ultimi hanno la possibilità di collegare tra loro tutti o una parte (da definire con un'ulteriore analisi funzionale) dei telefoni di allarme per consentire la diffusione delle informazioni verso più operatori. Le chiamate effettuate simultaneamente dai telefoni di allarme vengono messe in attesa ma segnalate in tutti i casi.

## **9 Temperature**

I materiali utilizzati per le diverse funzioni di telecomunicazione funzionano correttamente nella gamma di temperatura da - 30 a + 70°C.

## **10 Caratteristiche tecniche e funzionali generiche**

All'interno del tunnel le attrezzature devono poter resistere agli effetti aerodinamici dei treni che circolano ad una velocità normale.

Le diverse attrezzature, i cavi, i connettori, ecc. sono protetti contro la corrosione tenuto conto dell'ambiente termico e del contenuto di minerali nell'aria presente all'interno del tunnel.

# 11 Costi stimati

## 11.1 Costi del sistema radio

### 11.1.1 Costi delle attrezzature 3RP

Costo lordo delle attrezzature 3RP senza il costo dell'architettura di telecomunicazione fissa			
Indicazione	Prezzo unitario Euro HT	Quantità	Prezzo totale HT
<b>Infrastruttura:</b>			
Commutatore di gestione principale o secondario	175 000	3	525 000
Stazione relè radio 12 canali (2 vie segnalazione, 10 vie di traffico simultanee);	130 000	7	910 000
Console di manutenzione e di supervisione;	17 000	1	17 000
Interfaccia PABX (collegamento alla rete telefonica);	7 000	10	70 000
Posto operatore (dispatching);	6 000	1	6 000
Sistema di registrazione;	5 500	2	11 000
Documentazione sistema	2 000	1	2 000
Strumenti per la realizzazione e collaudi	15 000	1	15 000
<b>Terminali portatili con ricambio:</b>			
Terminale portatile, custodia, batteria, caricabatterie, antenna.	1 350	200	270 000
<b>Terminali mobili:</b>			
Terminale mobile (kit d'adattatore per auto)	1 600	30	48 000
Strumenti di programmazione e di collaudo dei terminali portatili e mobili	10 000	2	20 000
<b>Terminali fissi:</b>			
Terminale con filo	2 500	30	75 000
Terminale radio	2 500	20	50 000
<b>Formazione:</b>			
Formazione per l'esercizio e la manutenzione del sistema	15 000	10	150 000
<b>Azionamento, parametraggio dei commutatori principale e secondari, stazione di relè radio:</b>			
Commutatori principale e secondari, stazione relè radio	80 000	1	80 000
<b>TOTALE:</b>			<b>2 249 000</b>

### 11.1.2 Costi dell'architettura del sistema di antenne della rete 3RP

I prezzi riportati di seguito corrispondono al costo per km.

Queste stime non tengono conto della rete di fibre ottiche, né dell'alimentazione primaria. primaires.

	<b>Fourniture</b>	<b>Travaux</b>	<b>TOTAL</b>
	P U	P U	
<b>Solution tout antenne</b>			
<b>Tube 1</b>	45 440 €	13 646 €	59 087 €
<b>Tube 2</b>	6 455 €	2 840 €	9 296 €
<b>Tube Service</b>	3 246 €	1 428 €	4 675 €
<b>Descenderies + salles d'accueil</b>	28 000 €	5 100 €	33 100 €
<b>Sécurisation</b>	51 896 €	16 487 €	68 382 €
<b>Solution coaxial + antenne</b>			
<b>Tube 1</b>	55 172 €	61 212 €	116 384 €
<b>Tube 2</b>	16 187 €	50 406 €	66 593 €
<b>Tube Service</b>	3 246 €	1 428 €	4 675 €
<b>Descenderies + salles d'accueil</b>	28 000 €	5 100 €	33 100 €
<b>Sécurisation</b>	49 060 €	10 845 €	59 904 €

Fornitura	Lavori	TOTALE
Soluzione solo antenna		
Tubo 1		
Tubo 2		
Tubo di servizio		
Discenderie + sala d'accoglienza		
Protezione		
Soluzione coassiale + antenna		
Tubo 1		
Tubo 2		
Tubo di servizio		
Discenderie + sala d'accoglienza		
Protezione		

## 11.2 Costi del sistema di sonorizzazione

Il sistema di sonorizzazione protetto include:

2 linee di altoparlanti da ramo a ramo	73 194
2 amplificatori da ramo a ramo	10 175
Prezzo per 800 m di tunnel	83 369
Prezzo per 1 Km di tunnel	104 211
Prezzo per 1 accesso di emergenza	83 369
Prezzo del PC con sistema	60 000

**Prezzo per 1 PC, 100 Km di tunnel e 6 accessi di emergenza 10 981 314 €**

Nella stima riportata in allegato il prezzo viene calcolato sul numero esatto di chilometri da coprire secondo lo scenario scelto.

## 11.3 Costo del sistema di sorveglianza video

La stima in Euro di seguito riportata tiene conto:

- del costo relativo alle attrezzature il cui numero varia in funzione del chilometraggio "nel tunnel" definito dai diversi scenari previsti (parte 1),
- del costo relativo alle attrezzature il cui numero è indipendente dal chilometraggio "nel tunnel" definito dai diversi scenari previsti (parte 2).

Il calcolo per la parte 1 tiene conto: del costo video per km di tunnel (97 577.41) e del costo video fuori tunnel (519 363.66)

		Prix total Scénario 5A	Prix total Scénario 5'C	Prix total Scénario 7A	Prix total Scénario 7C	Prix total Scénario 13
1	Vidéo codeurs/décodeurs et caméras	6 949 715 pour 65,9 km	10 130 739 pour 98,5 km	11 213 848 pour 109,6 km	11 213 848 pour 109,6 km	13 380 067 pour 131,8 km
2	Plate-forme administration réseau	60 281	60 281	60 281	60 281	60 281
	Prestation administration réseau vidéo	40 000	40 000	40 000	40 000	40 000
	Systèmes de quadravision	15 799	15 799	15 799	15 799	15 799
	Moniteurs	10 845	10 845	10 845	10 845	10 845
	Enregistreurs numériques	31 000	31 000	31 000	31 000	31 000
	STEM	458 000	458 000	458 000	916 000	916 000
	Plate-formes Postes Opérateurs	8 454	8 454	8 454	8 454	8 454
Prestation installation/configuration Postes Opérateurs	40 000	40 000	40 000	40 000	40 000	
	<i>Sous-total</i>	664 379	664 379	664 379	1 122 379	1 122 379
		7 614 094	10 795 118	11 878 227	12 336 227	14 502 446

Prezzo totale scenario 5A/5C/7A.....  
Video codificatori/decodificatori e telecamere  
Piattaforma di amministrazione della rete  
Prestazione amministrazione rete video  
Sistemi di quadrivisione  
Monitor  
Registratori digitali  
STEM  
Piattaforma posti operatore  
Prestazione installazione/configurazione posti operatore  
Subtotale

Nota: La copertura video per uno scenario "bitubo a binario singolo " sulle estremità (scenari 10 e 13) avrà un impatto sull'utilizzo dei sistemi STEM.

Sarà possibile utilizzare 2 sistemi STEM alle estremità del tubo supplementare (in relazione allo schema di principio riportato nella sezione video), ovvero un sovracosto stimato di 458 000 €.

Per ciascuno degli scenari 7, 10 e 13, si potrà tener conto del costo "telecamera + codificatore/decodificatore" in relazione al km del tunnel.

#### ***11.4 Costo globale del sistema di telecomunicazione***

I prezzi comprendono tutta la copertura dei tunnel ferroviari e di servizio, ma non sono inclusi il costo delle discenderie (non vi sono dati relativi alla loro lunghezza necessari per ricavare il costo globale; è possibile moltiplicare il prezzo al km totale per il numero di chilometri di discenderia).

#### ***Vedere stima dei costi riportata in allegato.***

Al fine di determinare il numero di attrezzature da utilizzare per coprire le aree dette fuori tunnel (discenderie, punti d'accesso, ecc..), lo studio si basa su un totale di 5 Km di rete fuori tunnel da coprire.

#### **Rete radio di emergenza**

Indipendentemente dallo scenario previsto, il costo della rete radio di emergenza è identico, solo l'ingegneria cambia a seconda del numero di chilometri di tunnel da coprire.

#### **Video**

Nessun costo aggiuntivo verrà generato dall'utilizzo delle attrezzature video per la copertura del tunnel di servizio. Questa copertura sarà integrata nella copertura video del tunnel principale.

Per il sistema video, saranno 6 gli accessi (le 4 discenderie e le 2 entrate del tunnel), ad essere attrezzati (idem per la sonorizzazione).

#### **Sonorizzazione**

Il calcolo che consente di ricavare il costo degli impianti di sonorizzazione per l'insieme del tunnel tiene conto delle attrezzature fisse (PC, ecc..).

Vengono proposte 2 versioni:

La sicurezza (ridondanza degli ampli, delle linee di altoparlanti, ecc..) dell'insieme degli impianti (tunnel principale e di emergenza)

La sicurezza esclusivamente del tunnel principale, mentre le attrezzature del tunnel di emergenza non sono protette.

I prezzi indicati tengono conto dei diversi riferimenti normativi applicabili per gli impianti all'interno del tunnel. In questo contesto, alcuni criteri potranno essere studiati nuovamente al fine di ridurre, ove necessario, i costi generati da queste attrezzature