

# LIASON LYON - TURIN / COLLEGAMENTO TORINO - LIONE

Partie commune franco-italienne  
Section transfrontalière

Parte comune italo-francese  
Sezione transfrontaliera

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

PROJET DE REFERENCE FINAL – PROGETTO DI RIFERIMENTO FINALE

CUP C11J05000030001

EQUIPEMENTS – IMPIANTI

TELECOMMUNICATIONS – TELECOMUNICAZIONE

PROPAGATION DES ONDES RADIO EN TUNNEL – RADIOPROPAGAZIONE NELLE GALLERIE  
GÉNÉRALITÉS – ELABORATI GENERALI

DOSSIER D'ÉTUDE D'ARCHITECTURE DU SYSTÈME RADIO : ETUDE DE COUVERTURE RADIO  
INFRA

RELAZIONE DEL SISTEMA RADIO : STUDIO DI COPERTURA RADIO IMPIANTI

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérifié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
		Révisions précédentes phase PD2 (0210_B) et PR (0095_B) Revisioni precedenti fase PD2 (0210_B) e PR (0095_B)			
C	15/11/2016	Première diffusion phase PRF - PRV / Prima emissione fase PRF - PRV	E. OPITZ (Systra)	G. BOVA C. OGNIBENE	M. FORESTA A. MORDASINI
D	15/01/2017	Révision suite aux commentaires TELT FCOM 2047 Revisione a seguito commenti TELT FCOM 2047	E. OPITZ (Systra)	G. BOVA C. OGNIBENE	M. FORESTA A. MORDASINI
E	10/04/2017	Passage au statut AP / Passaggio allo stato AP	E. OPITZ (Systra)	G. BOVA C. OGNIBENE	M. FORESTA A. MORDASINI



COD E DOC	P	R	F	C	2	B	T	S	3	0	2	1	0	E
	Phase / Fase		Sigle étude / Sigla		Émetteur / Emittente			Numero			Indice			

A	P	N	O	T
Statut / Stato		Type / Tipo		

ADRESSE GED INDIRIZZO GED	C2B	//	//	20	05	00	10	01
------------------------------	-----	----	----	----	----	----	----	----

ECHELLE / SCALA
-



TELT sas – Savoie Technolac - Bâtiment "Homère"  
13 allée du Lac de Constance – 73370 LE BOURGET DU LAC (France)  
Tél. : +33 (0)4.79.68.56.50 – Fax : +33 (0)4.79.68.56.75  
RCS Chambéry 439 556 952 – TVA FR 03439556952  
Propriété TELT Tous droits réservés – Proprietà TELT Tutti i diritti riservati

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



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

## SOMMAIRE / INDICE

SOMMAIRE / INDICE.....	2
LISTE DES FIGURES.....	3
1 OBJET DU DOCUMENT.....	4
2 GLOSSAIRE.....	5
3 DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE.....	6
4 COUVERTURES.....	7
4.1 Réseaux radio.....	7
4.2 Zones à couvrir.....	7
5 ELÉMENTS DE DIMENSIONNEMENT (RF).....	9
5.1 Longueur des zones de Hand-Over.....	9
5.2 Choix de l'infrastructure radio.....	10
5.3 Bilan de liaison radio.....	11
5.4 Description des différents réseaux.....	12
5.4.1 Réseaux de sécurité.....	12
5.4.2 Réseaux GSM-R.....	13
5.4.2.1 Double couverture.....	14
5.4.2.2 Raccordement BTS au BSC.....	14
5.4.3 Réseaux GSM-P.....	15
6 SÉCURISATION.....	16
7 INDICATION DES PUISSANCES CONSOMMÉES.....	19
8 QUANTITE EQUIPEMENTS.....	20

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : HO GSM-R.....	9
Figure 2 : Principe d'architecture des réseaux de sécurité.....	12
Figure 3 : Principe d'architecture du GSM-R.....	13
Figure 4 : Couverture GSM-R avec BTS colocalisées.....	14
Figure 5 : Raccordement BTS au BSC.....	14
Figure 6 : Principe d'architecture des réseaux GSM-P.....	15
Figure 7 : Modules radio.....	16
Figure 8 : Réseaux radio en mode nominal et mode dégradé.....	18
Figure 9 : Exemple de couverture entrelacée.....	19

## LISTE DES TABLEAU

Tableau 1 – Réseaux radio.....	7
Tableau 2 – Réseaux radio et les zones à couvrir.....	8
Tableau 3 – L'infrastructure radio.....	10
Tableau 4 – L'infrastructure rayonnante.....	11
Tableau 5 – Synthétise des impacts.....	17
Tableau 6 – Avantages et inconvénients entre couverture colocalisée et entrelacée.....	19
Tableau 7 – Quantité équipements.....	20

## 1 OBJET DU DOCUMENT

Ce document décrit les systèmes radio dans l'ensemble des tunnels de TELT.

## 2 GLOSSAIRE

ACROPOL	Réseau radio de la police française basé sur le standard TETRAPOL
ANTARES	Réseau radio des service de la sécurité civile française basé sur le standard TETRAPOL
BOQ	Bill Of Quantities
BSC	Base Station Controller : cet équipement commande une ou plusieurs BTS et gère les ressources radio
BTS	Base Transceiver Station : équipement composé des émetteurs-récepteurs radio et constituant l'interface entre le BSC et le mobile
C.N.VV.F.	Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco : Corps National des sapeurs-pompiers
E/R	Emission / Réception
EIRENE	European Integrated Railway Radio Enhanced Network = Réseau radio Optimisé Intégré Européen
ERTMS	European Rail Traffic Management System = Système Européen de Gestion de Trafic ferroviaire
ETCS	European Train Control System = Système européen de Contrôle des trains
FO	Fibre Optique
GSM	Global System for Mobile communication
GSM-P	GSM Public
GSM-R	GSM for Railways
HO	HandOver
INPT	Infrastructure Nationale Partageable des Transmissions
LTF	Lyon Turin Ferroviaire maintenant TELT
MSC	Mobile services Switching Center : commutateur fixe adapté à GSM gérant les communications
MU	Master Unit
PCC	Poste de Commande Centralisée
PIRE	Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente
RBC	Radio Block Centre
RF	Radio Fréquence
RF / FO	Radio Fréquence / Fibre Optique
RFF	Réseau Ferré Français
RFI	Rete Ferroviaria Italiana
TELT	Tunnel Euralpin Lyon Turin auparavant LTF
TETRA	TErrestrial Truncked Radio
TETRAPOL	TErrestrial Truncked Radio POLice standard
TREC	Time for RECover
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
WDM	Wavelength-division multiplexing

### 3 DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

- [1] PRF\_C2B\_0289\_20-05-00\_10-02- Relazione di architettura Radio CNVVF\_C

## 4 COUVERTURES

### 4.1 Réseaux radio

Les réseaux radio électriques sont les suivants :

Pays	Utilisateur	System radio	Fréquence
France / Italie	exploitation ferroviaire C.N.VV.F. (Pompier)	GSM-R	876-880 / 921-925 MHz
	maintenance et sécurité	Tetra	415-430 MHz
France	Gendarmerie (Rubis)	Analogique VHF	80 MHz
	Police, (Acropol) Pompier (Antarès)	*INPT Tetrapol UHF	380 – 400 MHz
Italie Ref. [1]	C.N.VV.F. (Pompier)	VHF	73 – 74 MHz
		Satellite <-> Master	434-435 / 444-445 / 870-920 MHz
		UHF	412 – 422 MHz
France / Italie	Operateurs public	GSM-P	900 / 1800 / 2200 MHz
		UMTS	
		LTE	

Tableau 1 – Réseaux radio

#### **Attention :**

Le tableau ci-dessus fait apparaître des conflits de fréquence entre les différents systèmes radio.

Par exemple :

- GSM-R et C.N.VV.F. VHF
- Tetra maintenance et C.N.VV.F. UHF

Le plan de fréquence final doit être vérifié et validé avant la planification finale.

### 4.2 Zones à couvrir

Les zones à couvrir par les transmissions radio électriques sont les suivantes :

Emplacement	Opérationnel	Public
Tunnels	GSM-R INPT (TETRAPOL) TETRA RUBIS C.N.VV.F. UHF C.N.VV.F. VHF	GSM-P UMTS LTE
Trains (à l'intérieur des trains en déplacement)	GSM-R (en cabine)	GSM-P UMTS LTE
Trains (à l'intérieur des trains arrêtés)	GSM-R (en cabine) INPT (TETRAPOL) TETRA RUBIS C.N.VV.F. UHF C.N.VV.F. VHF	GSM-P UMTS LTE

Rameaux	GSM-R INPT (TETRAPOL) TETRA RUBIS C.N.VV.F. UHF C.N.VV.F. VHF	
Descenderies	GSM-R INPT (TETRAPOL) TETRA RUBIS C.N.VV.F. UHF C.N.VV.F. VHF	
Zones extérieures, à l'entrée des descenderies, jusqu'aux limites de l'emprise TELT	GSM-R INPT (TETRAPOL) TETRA RUBIS C.N.VV.F. UHF C.N.VV.F. VHF	
Locaux techniques (souterrain)	GSM-R INPT (TETRAPOL) TETRA RUBIS C.N.VV.F. UHF C.N.VV.F. VHF	
Galeries de reconnaissance (750m + Val Clarea)	GSM-R INPT (TETRAPOL) TETRA RUBIS C.N.VV.F. UHF C.N.VV.F. VHF	
Gares d'extrémité (St Jean, Suse)	GSM-R TETRA RUBIS C.N.VV.F. UHF C.N.VV.F. VHF	GSM-P UMTS LTE
Sites de sécurité	GSM-R (quai) INPT (TETRAPOL) TETRA RUBIS C.N.VV.F. UHF C.N.VV.F. VHF	GSM-P UMTS LTE
puits	TETRA maintenance	

**Tableau 2 – Réseaux radio et les zones à couvrir**

## 5 ELÉMENTS DE DIMENSIONNEMENT (RF)

Les éléments de dimensionnement qui suivent interviendront pour le choix des solutions de couverture.

### 5.1 Longueur des zones de Hand-Over

La longueur de la zone de HO (zone de recouvrement), pour les réseaux radios couvrant l'intérieur des trains, dépend de la vitesse max des trains.

Il en découle que les réseaux

- INPT (TETRAPOL)
- TETRA
- RUBIS
- C.N.VV.F. UHF
- C.N.VV.F. VHF

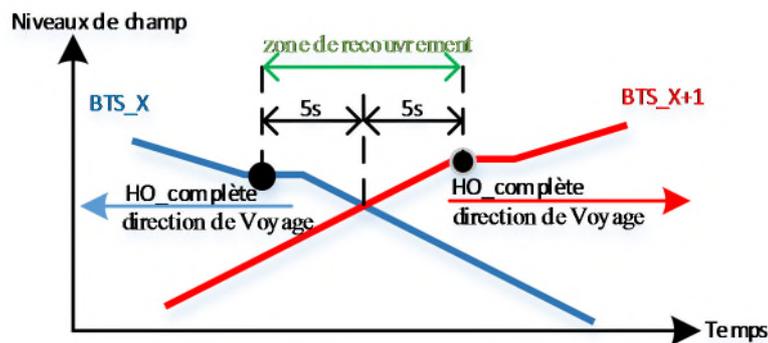
ne sont pas affectés par le Hand Over (HO) dans le train.

La longueur de la zone de HO (zone de recouvrement) pour le GSM-R est calculée avec une vitesse commerciale de :  $V = 220 \text{ km/h}$  les trains parcourent  $61 \text{ m/s}$ .

Le temps nécessaire pour assurer le HO est de :  $T = 5 \text{ s}$  (EIRENE) par direction de voyage.

Il en résulte la longueur de la zone de recouvrement à  $2 \times 5 \text{ s} \times 61 \text{ m/s} = 610 \text{ m}$ .

En ajoutant une marge de 20% la longueur de la zone de recouvrement est d'environ  $732 \text{ m}$ .



Pour les réseaux publics, si les mobiles ont des caractéristiques équivalentes à celles des mobiles GSM-R, les mêmes valeurs sont applicables.

## 5.2 Choix de l'infrastructure radio

Le titulaire du lot doit vérifier et valider le choix de l'infrastructure radio au cours de la phase de design théorique, en s'assurant du respect des exigences des futures utilisateurs des réseaux.

**L'infrastructure radio envisagée est la suivante :**

Pays	Utilisateur	System radio	Tunnel	Descenderies
France / Italie	exploitation ferroviaire C.N.VV.F. (Pompier)	GSM-R	Antennes dédiées	Câbles rayonnants
	maintenance et sécurité	Tetra	Câbles rayonnants	
France	Gendarmerie (Rubis)	Analogique VHF	Câbles rayonnants	Câbles rayonnants
	Police, (Acropol) Pompier (Antarès)	INPT Tetrapol UHF		
Italie Ref. [1]	C.N.VV.F. (Pompier)	VHF	Câbles rayonnants	Câbles rayonnants
		UHF		
France / Italie	Operateurs public	GSM-P	Antennes dédiées	---
		UMTS		---
		LTE		---

**Tableau 3 – L'infrastructure radio**

### **Note :**

L'utilisation de une système des câbles rayonnants dans le tunnel principal pour les réseaux GSM-R; Tetra; TETRAPOL réseaux analogiques et les réseaux publiques, sera aussi vérifiée et validée pendant la phase de design théorique par le titulaire du lot.

En fonction du résultat de design théorique (avantages / inconvénients), l'infrastructure radio à déployée sera choisie en coordination avec le projet TELT et des utilisateurs du réseau.

### 5.3 Bilan de liaison radio

		Câbles rayonnants							Antennes dédiées	Câbles rayonnants							Antennes dédiées	Antennes dédiées						
		Sens descendant								Sens Montant														
		80 MHz	380 MHz	430 MHz	900 MHz	900 MHz	1800 MHz	2200 MHz		80 MHz	380 MHz	430 MHz	900 MHz	900 MHz	1800 MHz	2200 MHz		80 MHz	380 MHz	430 MHz	900 MHz	900 MHz	1800 MHz	2200 MHz
	Acropoli/ Antares	Tétra	GSM-R	Opérateurs				Coupleur	Acropoli/ Antares	Tétra	GSM-R	Opérateurs				Acropoli/ Antares	Tétra	GSM-R	Opérateurs					
Puissance émission	dBm	37	37,0	37,0	43,9	37,0	37,0	37,0		33	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	
Gain antenne mobile/portable	dB	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Masque de personne (REX)	dB	4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0		6	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	
Affaiblissement de pénétration dans le train (REX)	dB	7	10,0	11,0	0,0	16,0	17,0	19,0		7	10,0	11,0	0,0	16,0	17,0	19,0								
Gain de l'antenne fixe	dB	0	0,0	0,0	15,0	18,0	18,0	19,0		0,0	0,0	0,0	15,0	18,0	18,0	19,0								
Affaiblissement de couplage, à 95 % (numérique)	dB	67	70,0	70,0						67	70,0	70,0												
Pertes longitudinales (câbles rayonnants)	dB/100m	1,11	3,2	3,2						1,11	3,2	3,2												
Marges d'ingénierie (pose, REX, ...)	dB	10	10,0	10,0						10	10,0	10,0												
Perte coupleurs	dB	3,3	3,3	3,3	10,0	7,0	7,0	7,0		3,3	3,3	3,3	10,0	7,0	7,0	7,0								
Pertes câbles + connecteurs	m	1	1,0	1,0	4,0	4,0	4,0	4,0		1	1,0	1,0	4,0	4,0	4,0	4,0								
Distance / antenne	m	333,0	333,0	333,0	333,0	333,0	333,0	333,0		333,0	333,0	333,0	333,0	333,0	333,0	333,0								
Pertes système	dB	95,9963	108,956	109,956	114,7	124,7	125,7	126,7		98,0	109,0	110,0	114,7	124,7	125,7	126,7								
Puissance reçue	dBm	-58,996	-71,956	-72,956	-70,8	-87,7	-88,7	-89,7		-65,0	-76,0	-77,0	-81,7	-91,7	-92,7	-93,7								
Distance / antenne	m	666,0	666,0	666,0	666,0	666,0	666,0	666,0		666,0	666,0	666,0	666,0	666,0	666,0	666,0								
Pertes système	dB	99,6926	119,612	120,612	124,4	134,4	135,4	136,4		101,7	119,6	120,6	124,4	134,4	135,4	136,4								
Puissance reçue	dBm	-62,693	-82,612	-83,612	-80,5	-97,4	-98,4	-99,4		-68,7	-86,6	-87,6	-91,4	-101,4	-102,4	-103,4								
Distance / antenne	m	999,0	999,0	999,0	999,0	999,0	999,0	999,0		999,0	999,0	999,0	999,0	999,0	999,0	999,0								
Pertes système	dB	103,389	130,268	131,268	130,0	140,0	141,0	142,0		105,4	130,3	131,3	130,0	140,0	141,0	142,0								
Puissance reçue	dBm	-66,389	-93,268	-94,268	-86,1	-103,0	-104,0	-105,0		-72,4	-97,3	-98,3	-97,0	-107,0	-108,0	-109,0								
Distance / antenne	m	1332,0	1332,0	1332,0	1332,0	1332,0	1332,0	1332,0		1332,0	1332,0	1332,0	1332,0	1332,0	1332,0	1332,0								
Pertes système	dB	107,085	140,924	141,924	134,0	144,0	145,0	146,0		109,1	140,9	141,9	134,0	144,0	145,0	146,0								
Puissance reçue	dBm	-70,085	-103,924	-104,924	-90,1	-107,0	-108,0	-109,0		-76,1	-107,9	-108,9	-101,0	-111,0	-112,0	-113,0								
Distance / antenne	m	1665,0	1665,0	1665,0	1665,0	1665,0	1665,0	1665,0		1665,0	1665,0	1665,0	1665,0	1665,0	1665,0	1665,0								
Pertes système	dB	110,782	151,58	152,58	137,1	147,1	148,1	149,1		112,8	151,6	152,6	137,1	147,1	148,1	149,1								
Puissance reçue	dBm	-73,782	-114,58	-115,58	-93,2	-110,1	-111,1	-112,1		-79,8	-118,6	-119,6	-104,1	-114,1	-115,1	-116,1								
Bruit	dBm	-133	-134,0	-130,0	-121,0	-107,0	-113,0	-115,0	1 vers 4	-102,0	-103,0	-99,0		-92,0	-98,0	-100,0								
C/I+N	dB	15	15,0	15,0	15,0	9,0	9,0	9,0	1 vers 16	-96,0	-97,0	-93,0		-86,0	-92,0	-94,0								
Seuil de réception	dBm	-75	-95,0	-95,0	-92,0	-98,0	-104,0	-106,0	1 vers 32	-92,9	-93,9	-89,9		-83,0	-89,0	-91,0								

Tableau 4 – L’infrastructure rayonnante

## 5.4 Description des différents réseaux

### 5.4.1 Réseaux de sécurité

Réseaux de sécurité (Rubis et INPT (Acropol, Antarès)) :

- Distance de couverture max = 666m
- Installation d'un RF/FO tous les 1332m dans le local technique

Concernant le reseau C.N.VV.F. voir [Ref.1]

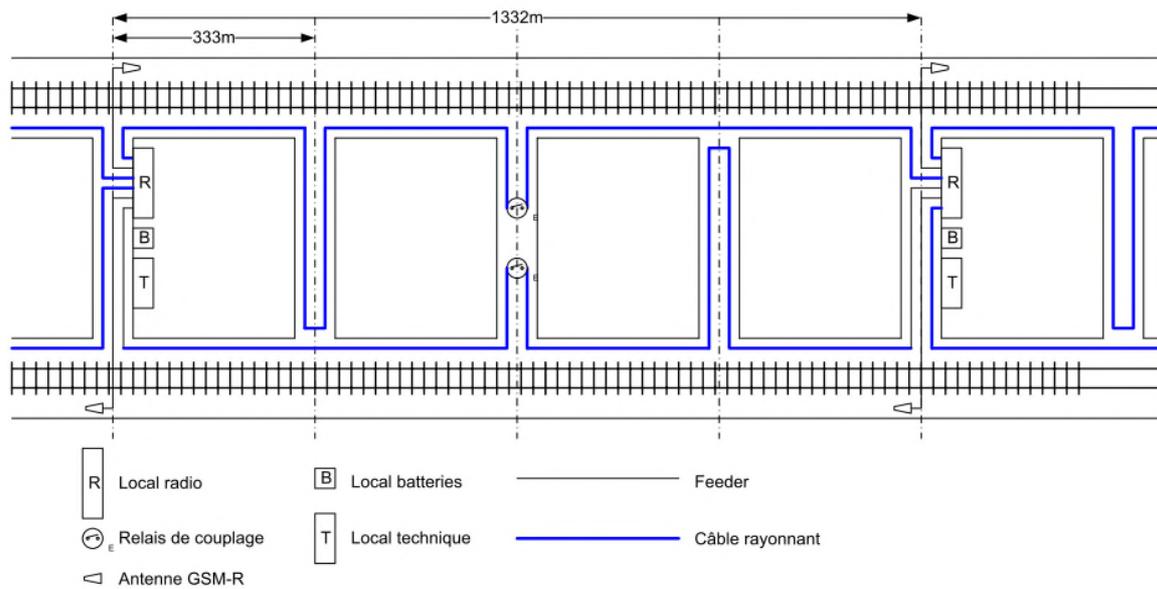


Figure 2 : Principe d'architecture des réseaux de sécurité

Concernant la couverture des rameaux, la couverture radio est assurée par câble rayonnant que les portes donnant sur les tubes ferroviaires soient fermées ou non.

## 5.4.2 Réseaux GSM-R

Distance de couverture max = 1332 m

Installation d'une BTS tous les 2664m dans le local technique (1 sur 2)

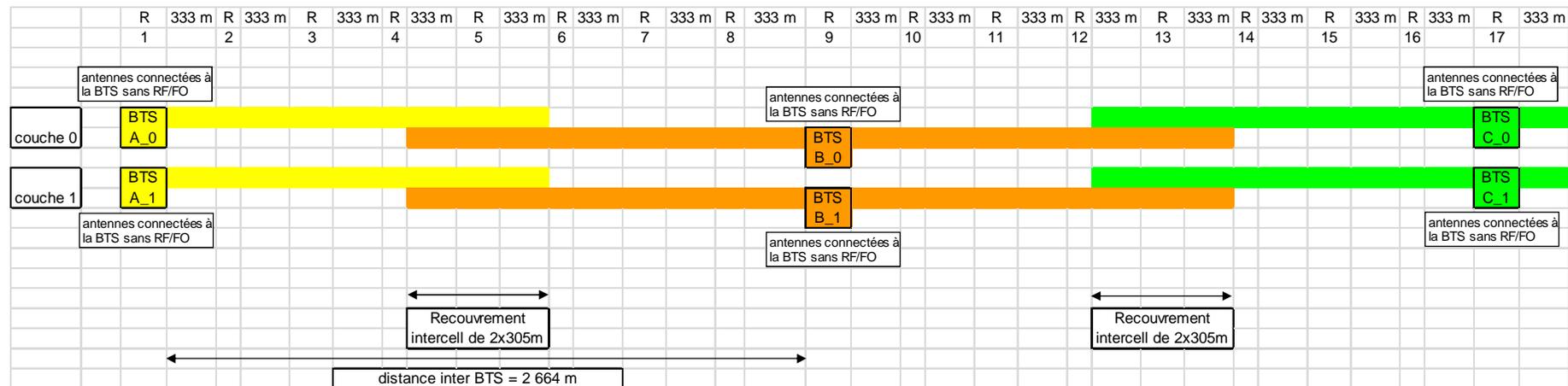


Figure 3 : Principe d'architecture du GSM-R

Concernant les distances de recouvrement :

- La couverture est calculée dans le respect de la standard EIRENE c'est-à-dire pour 95% du temps et de l'espace. Au point d'équivalence entre 2 cellules consécutives, le niveau de couverture des 2 cellules doit être supérieur à -92 dBm.

Concernant la couverture des rameaux :

- Dans les local technique avec BTS, la couverture radio est assurée via un système rayonnant dédié (coupleur directif et antennes par exemple).
- Dans les autres rameaux, la couverture est assurée si les portes donnant sur les tubes ferroviaires sont ouvertes. Si les portes sont fermées, il n'y aura pas de couverture radio. Les téléphones fixes filaires permettront d'appeler le PCC.

### 5.4.2.1 Double couverture

Pour sécuriser les installations GSM-R, une double couverture est prévue, soient 2 BTS distinctes raccordées sur 2 BSC différents (couche A et couche B).

Les BTS sont positionnées à proximité l'une de l'autre, dans un même local ou dans 2 locaux contigus.

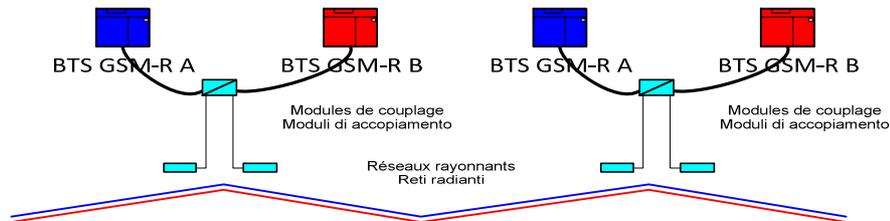


Figure 4 : Couverture GSM-R avec BTS colocalisées

### 5.4.2.2 Raccordement BTS au BSC

Chaque couche de BTS est connectée à un BSC différent comme illustré ci-dessous :

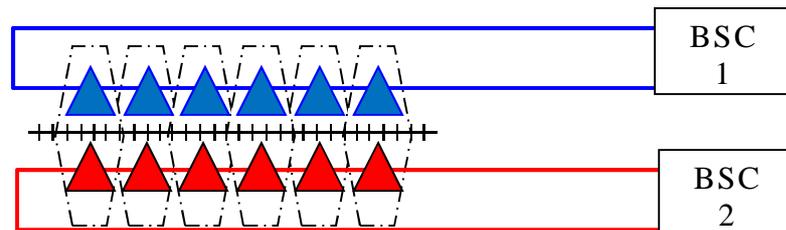


Figure 5 : Raccordement BTS au BSC

Pour éviter de nombreux HO ou re-sélection, il est nécessaire que les mobiles restent sur la même couche. Ceci est à réaliser à l'aide de la couverture et/ou du paramétrage.

### 5.4.3 Réseaux GSM-P

Dans chaque salle technique l'emplacement pour trois baies du système réseaux public (GSM-P) doit être pris en compte.

La couverture des rameaux en GSM-P et les descenderies n'est pas demandée.

L'étude finale (choix des reseaux ainsi que l'emplacement des équipements) doit être réalisée en collaboration avec les opérateurs publics.

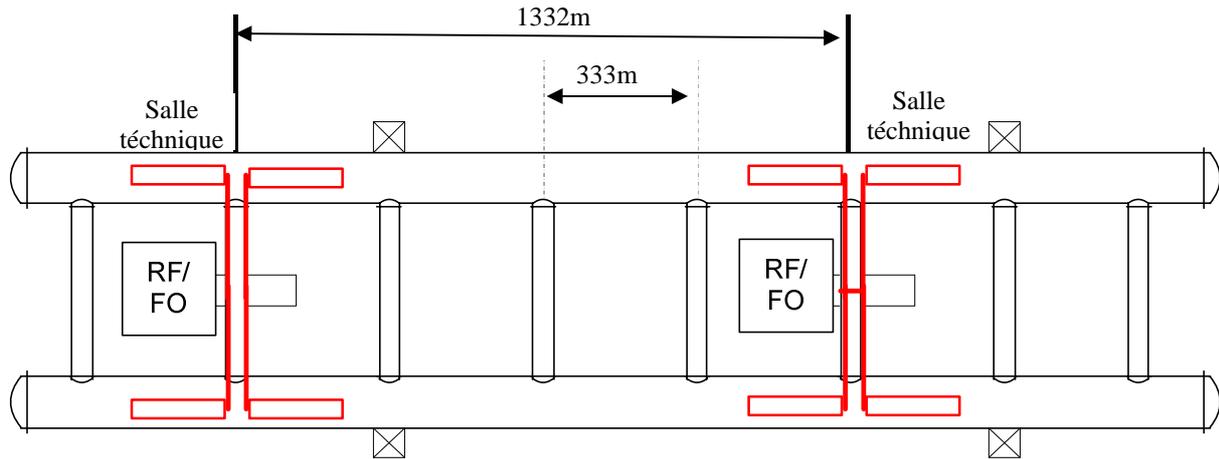


Figure 6 : Principe d'architecture des réseaux GSM-P

## 6 SÉCURISATION

Pour chaque élément de l'ingénierie radio, il est vérifié l'impact d'une panne sur les réseaux radio. Le synoptique ci-dessous décrit les principaux modules de l'ingénierie radio.

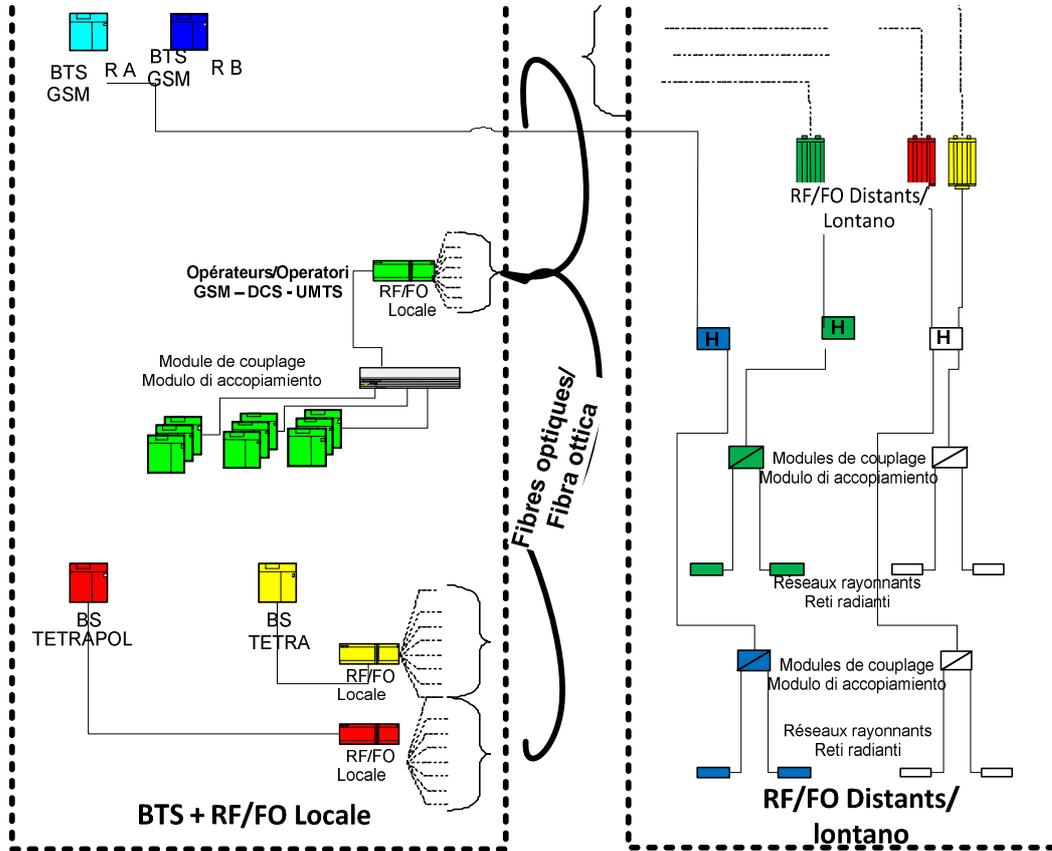


Figure 7 : Modules radio

Le tableau ci-après synthétise les impacts.  
 Dans ce tableau, les conventions suivantes ont été appliquées :

NOK	Le service associé au matériel impacté est hors service
OK	Le matériel considéré est opérationnel

	Si un défaut intervient sur l'élément ci-dessous	Analogique (VHF)	INPT (ACROPOL/ANTARES)	TETRA (UHF)	GSM-R	GSM-P	UMTS	LTE	Impact du défaut
Câble rayonnant Antennes Module Couplage	Câble rayonnant en tunnel	NOK	NOK	NOK	OK	OK	OK	OK	Pas de réseaux de sécurité sur la zone d'incident (~1332m)
	Câble rayonnant en descenderie	NOK	NOK	NOK	NOK	---	---	---	Aucun réseau radio disponible sur la zone d'incident (~800m)
	Antenne GSM-R en tunnel	OK	OK	OK	NOK	OK	OK	OK	Sur une zone de ~1332m, couverture radio faible, mauvaise qualité radio, risque de coupure de comm.
	Antenne operateurs public	OK	OK	OK	OK	NOK	NOK	NOK	Sur une zone de ~1332m, couverture radio faible, mauvaise qualité radio, risque de coupure
	Module Couplage	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Sur le réseau concerné, pas de réseaux sur la zone d'incident
Répéteur Ou FO entre répéteur et Master Unit	Répéteur Analogique VHF	NOK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Perte d'une couche radio sur la zone d'incident
	Répéteur INPT	OK	NOK	OK	OK	OK	OK	OK	
	Répéteur TETRA	OK	OK	NOK	OK	OK	OK	OK	
	Répéteur GSM-R	OK	OK	OK	NOK Descenderie uniquement	OK	OK	OK	
	Répéteur operateurs public	---	---	---	---	---	---	---	Pas de répéteur
Master Unit (MU) (répéteur)	MU Analogique VHF	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Pas d'impact parce-que les MU sont redondés sauf lors du temps de basculement du MU impacté vers le MU de secours
	MU INPT	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
	MU TETRA	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
	MU GSM-R	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Pas de MU
	MU operateurs public	---	---	---	---	---	---	---	
BS / BTS	BS Analogique VHF	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Pas d'impact parce-que les BS/BTS sont redondés sauf lors du temps de basculement du BS/BTS impacté vers le BS/BTS de secours
	BS INPT	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
	BS TETRA	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
	BTS GSM-R	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
	BTS operateurs public	OK	OK	OK	OK	Solution propre à chaque opérateur			---
RMS	Fibre optique	OK	OK	OK	OK	Solution de transmission propre à chaque opérateur			Reconfiguration du réseau de transmission sur le chemin de secours. Sans impact sur le service radio

Tableau 5 – Synthétise des impacts

Les figures suivantes illustrent les modes dégradés par réseau :

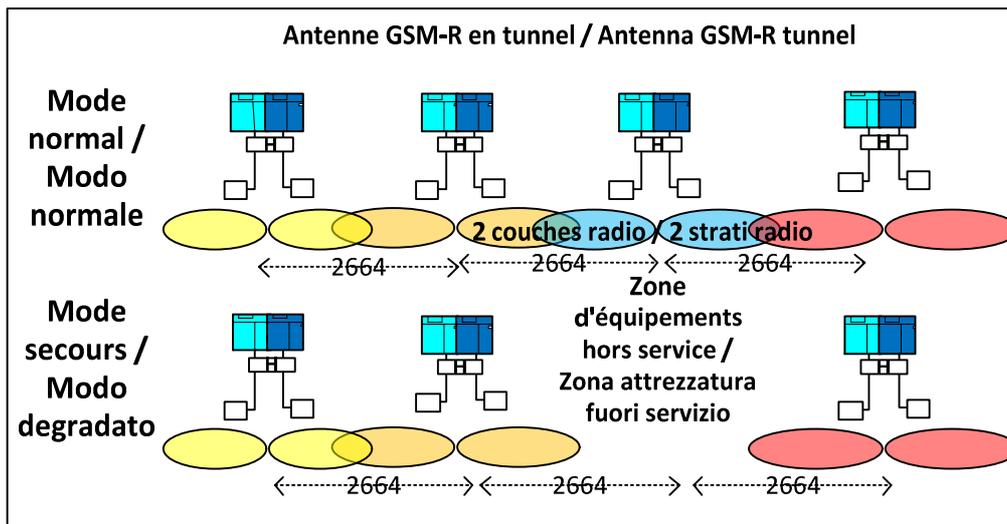
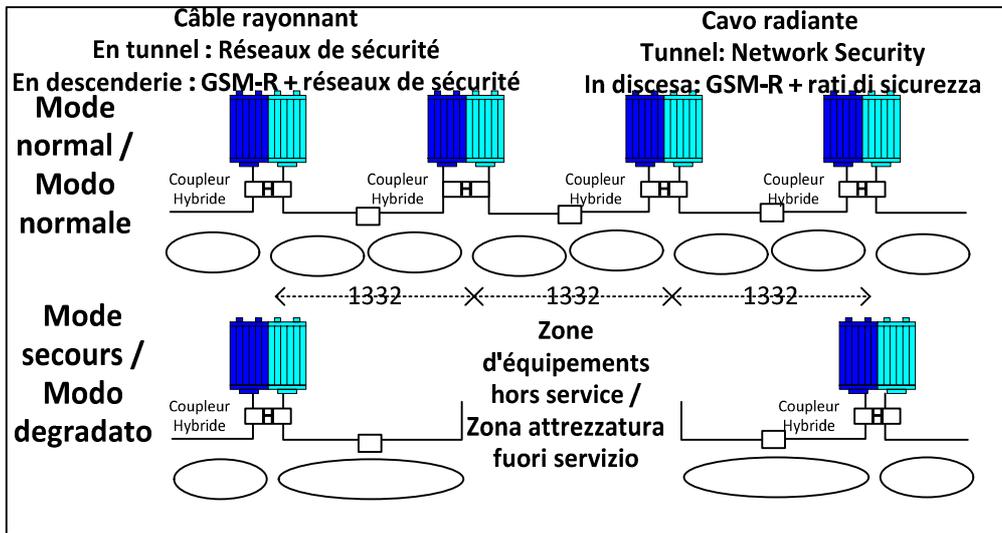
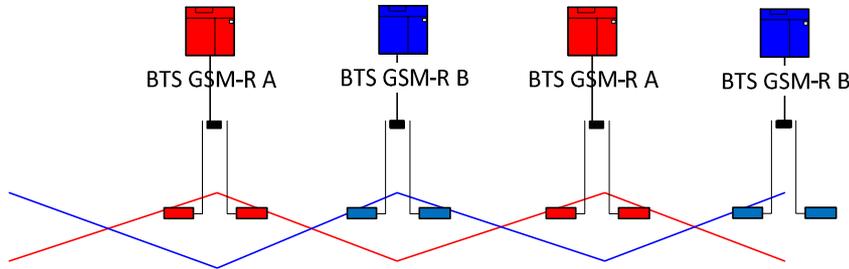


Figure 8 : Réseaux radio en mode nominal et mode dégradé

A la vue de ces résultats, il apparait que lors d'une panne d'antenne, le service GSM-R n'est plus assuré. Ceci peut remettre en cause l'architecture GSM-R avec les 2 BTS colocalisées. Pour rappel, une autre architecture possible est d'avoir des BTS entrelacées comme illustré ci-dessous :



**Figure 9 : Exemple de couverture entrelacée**

En termes de raccordement aux BSC, 2 possibilités :

- les 2 couches sur un même BSC ou 1 BSC par couche

Se pose alors la question de la disponibilité d'une telle architecture.

Avec cette architecture, les HO sont plus nombreux. Les BTS étant espacées de 1332m, la vitesse maximale de circulation des trains étant de 220 km/h, cela implique des HO toutes les 22 secondes, ce qui pose un problème de respect d'objectifs de performances data (indicateurs TREC comme spécifié dans le document GSM-R).

A titre de comparaison, le tableau ci-dessous présente les avantages et inconvénients entre couverture colocalisée et entrelacée.

	BTS colocalisées	BTS entrelacées
Respect de critère de qualité de service	OK	Incertain
Coût	Modéré	Elevé

**Tableau 6 – Avantages et inconvénients entre couverture colocalisée et entrelacée**

### Conclusion :

Les scénarios composés (un accident et une panne simultanée) n'étant pas envisagés, l'architecture avec BTS colocalisées est retenue car elle offre le niveau de disponibilité demandé et un coût modéré.

## 7 INDICATION DES PUISSANCES CONSOMMÉES

Les puissances typiques consommées par ces matériels sont indiquées ci-dessous :

- BTS : 1 kW
- RF/FO Local : 200 W
- RF/FO Distant : 250 W

## 8 QUANTITE EQUIPEMENTS

Sites	BTS GSM-R	Tetra	Tetrapol	80MHz	RF/FO local (réseau de sécurité)	RF/FO distant (réseau de sécurité)	RF/FO local (GSM-R)	RF/FO distant (GSM-R)	RF/FO local (GSM-P)	RF/FO distant (GSM-P)	Antenne GSM-R/ Antenne GSM-P	Câble rayonnant (km)	Connec tique
Tunnel de base	22x2	0	0	0	0	43	0	0	0	43	22x4 43x4	57.517x2	43+43+22
Tunnel d'interco	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	4 (GSM-P)	2.104x2	2
Descenderie St Marin la porte	0	1	1	1	1	2	1	2	1	0	0	2	10
Descenderie La Praz	0	1	1	1	1	2	1	2	1	0	0	2	10
Descenderie Modane	0	1	1	1	1	2	1	2	1	0	0	2	10
Descenderie Val Clarea	0	1	1	1	1	2	1	2	1	0	0	2	10
Sites de sécurité	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
St Jean de Maurienne	3x2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2x2	0	2
Susa	2x2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	2x2	0	2
Bussoleno	3x2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1x2	0	1

Tableau 7 – Quantite equipments