

S.F.T.R.F. S.A.
Société Française du Tunnel du Fréjus
S.I.T.A.F. S.p.A.
Società Italiana Traforo Autostradale Fréjus

TRAFORO AUTOSTRADALE DEL FREJUS
GALLERIA DI SICUREZZA
TUNNEL ROUTIER DU FREJUS
GALERIE DE SECURITE

PROGETTO DEFINITIVO 2006
PROJET 2006

RELAZIONE GENERALE
MEMOIRE GENERAL

LOMBARDI SA
INGEGNERI CONSULENTI



INDICE

	pagina
1. INQUADRAMENTO GENERALE	1
2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
2.1 Fasi di progettazione	5
2.2 Decisioni della Commissione Intergovernativa (CIG) e del Comitato di Sicurezza (CS)	6
2.3 Leggi e testi regolamentari	7
2.3.1 Lato Francia	7
2.3.2 Lato Italia	7
2.4 Deroghe	8
2.5 Procedure	8
3. LA GALLERIA DI SICUREZZA	9
3.1 Dati generali	9
3.2 Le opere del genio civile	11
3.2.1 La geologia	11
3.2.2 Inquadramento geologico - geotecnico	12
3.2.3 Procedimenti esecutivi	12
3.3 Gli impianti della galleria di sicurezza	13
4. I RIFUGI DI SICUREZZA	14
4.1 Dati generali	14
4.2 Le opere del genio civile	14
4.3 Gli impianti dei rifugi	15
4.3.1 Fase di cantiere	15
4.3.2 Fase finale	16
4.4 Informazione e accoglienza degli utenti nei rifugi	17
4.5 L'architettura e visibilità dei rifugi	17
5. LE STAZIONI TECNICHE E LE CENTRALI DI VENTILAZIONE DELLA GALLERIA	18

5.1	Dati generali	18
5.2	Le opere del genio civile	19
6.	I BY-PASS	20
6.1	Dati generali	20
6.2	Le opere del genio civile	21
7.	IL LABORATORIO SOTTERRANEO DI MODANE	22
8.	LE OPERE AI PORTALI	23
8.1	Concetti di evacuazione e smaltimento delle acque	23
8.2	Edifici lato Francia	24
8.3	Edifici lato Italia	24
9.	IMPIANTI	25
9.1	Ventilazione della galleria di sicurezza	25
9.2	Ventilazione in fase di cantiere	27
9.3	Impianto rete incendio	28
9.4	Impianto alimentazione elettrica	29
9.5	Impianto di illuminazione	30
9.6	Impianto video	31
9.7	Impianto radio	32
9.8	Impianto di chiamata di emergenza RAU	32
9.9	Impianto rilevamento incendio	33
9.10	Porte e controllo accessi	33
9.11	Impianto telefonico	34
9.12	Gestione tecnica centralizzata, supervisione e reti di comunicazione	34
9.13	Segnaletica	38
9.14	Sonorizzazione	39

9.15 L'interfaccia tra gli impianti e il genio civile	39
10. TRASFERIMENTO DEGLI IMPIANTI DEL TRAFORO VERSO LA GALLERIA DI SICUREZZA	40
10.1 Esigenze di trasferimento	40
10.2 Obiettivi	40
10.3 Trasferimento componenti elettriche	41
10.4 Trasferimento componenti GTC	41
11. CONCETTI DI GESTIONE DELLA GALLERIA DI SICUREZZA	43
11.1 Piano di intervento e soccorso	43
11.2 Gestione di eventi durante la fase di cantiere	43
11.3 Gestione di eventi nella fase di esercizio	44
11.4 Gestione della manutenzione degli impianti	44
12. PLANNING	45
13. STIMA DEI COSTI	47
14. CONCLUSIONI	48

TABLE DES MATIERES

	Page
1. GENERALITÉS	49
2. DOCUMENTS ET BASES DE RÉFÉRENCE	53
2.1 Dossier d'étude préliminaire	53
2.2 Décisions de la Commission Intergouvernementale (CIG) et du Comité de Sécurité (CS)	54
2.3 Lois et textes réglementaires	55
2.3.1 Côté France	55
2.3.2 Côté Italie	55
2.4 Dérogations	56
2.5 Procédures	56
3. LA GALERIE DE SÉCURITÉ	57
3.1 Données générales	57
3.2 Travaux de génie civil	59
3.2.1 Géologie	59
3.2.2 Cadre géologique - géotechnique	60
3.2.3 Méthodes d'excavation utilisées	60
3.3 Équipements de la galerie de sécurité	61
4. ABRIS	62
4.1 Données générales	62
4.2 Travaux de génie civil	62
4.3 Équipements des abris	63
4.3.1 Phase de chantier	63
4.3.2 Phase finale	64
4.4 Information et accueil des usagers dans les abris	65
4.5 Architecture et visibilité des abris	65
5. STATIONS TECHNIQUES ET LES USINES DE VENTILATION DE LA GALERIE	66

5.1	Données générales	66
5.2	Travaux de génie civil	67
6.	LES BY-PASS	68
6.1	Données générales	68
6.2	Travaux de génie civil	69
7.	LE LABORATOIRE SOUTERRAIN DE MODANE	70
8.	OUVRAGES AUX TETES	71
8.1	Concepts d'évacuation et traitement des eaux	71
8.2	Bâtiments côté France	71
8.3	Bâtiments côté Italie	72
9.	LES EQUIPEMENTS	73
9.1	Ventilation de la galerie de sécurité	73
9.2	Ventilation en phase de chantier	75
9.3	Le réseau incendie	76
9.4	L'équipement d'alimentation électrique	77
9.5	L'éclairage	79
9.6	La vidéo	79
9.7	Radio 80	
9.8	Le réseau appel d'urgence RAU	80
9.9	La détection incendie	81
9.10	Les portes et le contrôle d'accès	81
9.11	La téléphonie	82
9.12	La gestion technique centralisée, la supervision et les réseaux de communication	82
9.13	Signalétique	86
8.14	Sonorisation	87

8.15 Interfaces avec le génie civil	87
10. BASCULEMENT DES EQUIPEMENTS DU TUNNEL VERS LA GALERIE DE SECURITE	88
10.1 Causes du basculement	88
10.2 Objectifs	88
10.3 Basculement des composantes électriques	89
10.4 Basculement des composants de la GTC	89
11. CONCEPTS DE GESTION DE LA GALERIE DE SÉCURITÉ	90
11.1 Plan d'intervention et de secours	90
11.2 Gestion d'évènements pendant la phase de chantier	90
11.3 Gestion d'évènements dans la phase d'exploitation	91
11.4 Gestion de la maintenance des installations	91
12. PLANNING	92
13. ESTIMATION DES COÛTS	94
14. CONCLUSION	95

1. INQUADRAMENTO GENERALE

Il presente documento illustra i contenuti del progetto definitivo della nuova Galleria di Sicurezza del Traforo Autostradale del Fréjus che collega la regione italiana del Piemonte con la regione francese della Savoia.

Il presente progetto costituisce la messa a punto del Progetto definitivo della galleria di sicurezza. Il progetto base, elaborato nel 2005, e precedente all'incendio del 4 giugno 2005 che ha causato la morte di due persone nel traforo, è stato sottoposto ad analisi in materia di sicurezza da parte del Comitato di Sicurezza anche a seguito della lettera dei Ministri concernente la proposta di « un diametro adatto della galleria che dovrà permettere in ogni evenienza la circolazione dei veicoli di soccorso in tutta sicurezza e agio ».

La lettera dei Ministri ha evidenziato un aspetto determinante per la riuscita delle operazioni di salvataggio: la circolazione dei mezzi di soccorso nella galleria in tutta sicurezza e agio. Il progetto della galleria di sicurezza del 2005, che prevedeva un diametro di 5.00 m, permetteva unicamente l'accesso di ambulanze, ma non di rispondere alle richieste dei Ministri. La discussione all'interno del gruppo di lavoro istituito dal Comitato di Sicurezza ha permesso di evidenziare una soluzione con diametro della galleria di sicurezza di 8.00 m che permette l'accesso ai veicoli di soccorso attuali (Titan e navetta Orthros delle società concessionarie e dei veicoli di soccorso pubblici francesi e italiani). Un numero sufficiente di bypass e una gestione della ventilazione senza le SAS ai portali permette di definire delle strategie d'intervento efficaci e flessibili per far capo a varie situazioni di rischio.

La probabilità di incendi dei veicoli pesanti nei grandi trafori stradali con circolazione bidirezionale è in aumento negli ultimi anni. L'analisi tecnica dei recenti casi impone di considerare globalmente i punti chiave della sicurezza. In effetti, un solo elemento non è mai determinante per il successo nelle operazioni di soccorso. In quest'ottica la realizzazione di una galleria di sicurezza con un diametro di 8.0 m, permette di raggiungere un livello di sicurezza globalmente ottimale e permettere ai servizi di soccorso di scegliere le migliori strategie d'intervento. Con la realizzazione della galleria di sicurezza si riuscirà inoltre ad ottemperare in pieno

alle richieste della nuova normativa europea sulla sicurezza nei tunnel stradali CE 2004/54.

Gli elementi principali, non compresi nel progetto definitivo del 2005, risultanti dallo studio effettuato e che confluiscono nel presente progetto definitivo sono i seguenti:

- Adeguamento del diametro della galleria di sicurezza da 5.50 a 8.00 m.
- Adeguamento del sistema di ventilazione, le SAS ai portali che permettevano la messa in sovrappressione di tutta la galleria di sicurezza, sono sostituite da una serie di acceleratori in volta posati lungo la galleria che garantiscono la sovrappressione. È pure prevista un'estrazione in corrispondenza delle centrali B e C.
- Realizzazione di 5 by-pass per il passaggio dei veicoli di soccorso dalla galleria di sicurezza al traforo.

L'insieme degli altri aspetti progettuali del progetto definitivo del 2005 non sono comunque stati modificati, in particolare;

- Le opere esterne ai portali non vengono modificate.
- Gli impianti, ad esclusione della ventilazione, mantengono lo stesso standard previsto nel progetto definitivo 2005. Vengono unicamente adeguati per rispondere alle modifiche del genio civile.
- Il concetto del trasferimento degli impianti attuali dai locali tecnici del traforo (PHT) alle nuove stazioni tecniche della galleria di sicurezza.
- La modifica della GTC. Anche se questa è stata adeguata in quanto la modifica del concetto di ventilazione della galleria di sicurezza impone che i due sistemi di ventilazione siano coordinati.

Le particolarità del progetto ed in particolare il fatto che si andrà a costruire un'opera a fianco di un'installazione esistente in esercizio e la nuova opera andrà ad integrarsi all'esistente man mano che i lavori proseguono (con la messa a disposizione dei rifugi agli utenti) hanno imposto un grado di attenzione particolare sia a livello di pianificazione dettagliata degli interventi che di termini realizzativi e gestione delle fasi di integrazione. Ricordiamo in particolare che la GTC del traforo dovrà essere in grado di gestire i primi rifugi man mano che gli stessi si realizzeranno. L'obiettivo di garantire il funzionamento della galleria di sicurezza perfettamente integrato con quello del Traforo permetterà un notevole aumento della

sicurezza già durante la costruzione della galleria senza aspettare la conclusione dei lavori.

Le caratteristiche della galleria di sicurezza parallela al traforo del Fréjus possono così essere riassunte:

- Lunghezza: 12'878 m ad un interasse medio di 50 m dal traforo
- Diametro interno: 8.00 m
- Pendenza media : 0.54 % (Francia - Italia)
- Sagoma libera: 6.60 x 4.00 m
- Rifugi: 34 int. medio di 368 m e superficie per utenti di 110 m²
- Stazioni tecniche: 10 con interasse med. 1450 m
- By-Pass: 5 int. Medio 2145, indipendenti dai rifugi e dalle stazioni tecniche.
- Ventilazione: longitudinale con acceleratori in volta e centrali supplementari in corrispondenza delle centrali B e C per garantire in caso di evento un'estrazione massiccia.
- Nuovi edifici multifunzionali ai portali per gestire i soccorsi e le necessità di gestione
- La gestione unica della galleria di sicurezza sarà integrata con la gestione del traforo nelle sale di comando esistenti.

I lavori di realizzazione saranno eseguiti partendo dai due portali con un primo tratto di scavo in tradizionale con esplosivo per una lunghezza dipendente dai tempi di fornitura delle TBM, pari a circa 1600 m, in quanto attualmente il tempo di fornitura TBM è stimato in 9÷12 mesi dall'inizio dello scavo.

Lo scavo proseguirà poi da entrambi i lati con due fresatrici meccanizzate a doppio scudo a sezione piena. Con l'adeguamento del diametro la realizzazione dei rifugi, by-pass e ST e le relative connessioni con il traforo seguendo i lavori di avanzamento è notevolmente migliorata con l'adeguamento del diametro. Grazie ad una ventilazione di cantiere specifica e dotazione impiantistica minima, i rifugi potranno essere messi a disposizione dei servizi di soccorso per migliorare i livelli di sicurezza del Traforo e del cantiere stesso.

A livello degli altri impianti di sicurezza si è voluto garantire l'uniformità nella scelta degli apparecchi e la necessaria modularità e sistematicità che garantirà la necessaria facilità di manutenzione.

Per aumentare i livelli di sicurezza del traforo ci si è inoltre posti l'obiettivo che la quasi totalità degli interventi di manutenzione degli impianti possa realizzarsi a partire dalla galleria di sicurezza senza interferire sugli utenti del traforo e sulla gestione dello stesso.

Le opere esterne saranno progettate ed eseguite nel pieno rispetto delle Leggi e Normative strutturali ed ambientali in vigore nei due Paesi.

I documenti del progetto definitivo sono raggruppati in documenti esplicativi separati per il genio civile e per ciascun impianto.

Nel presente documento si vuole descrivere l'insieme delle prestazioni previste per la realizzazione della galleria di sicurezza, riassumerne gli aspetti essenziali e le scelte progettuali adottate e esporne le fasi operative per l'integrazione nella gestione del Traforo.

2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Fasi di progettazione

Le società concessionarie hanno suddiviso le fasi di progettazione della galleria di sicurezza nel seguente modo :

No.	Denominazione I	Sigla	Denominazione F	Sigla	Stato
1	Studio di fattibilità	SF	Etude faisabilité	EF	Approvato
2	Progetto preliminare	PP	Etude préliminaire	EP	Approvato
3	Prima fase del progetto definitivo	PD	Avant Projet	AVP	Approvato
	Progetto definitivo	PD	Projet	PRO	Fine 2004 Adeguamenti CS nel 2005
3.1	Ottimizzazione del diametro su richiesta dei Ministri	-		-	Febbraio 2006
3.2	Adeguamento, "progetto definitivo 2006"		Mise à jour, « Projet 2006 »		Novembre 2006
4	Progetto esecutivo	PE	Projet d'exécution	PE	2007

Il presente documento descrive il progetto definitivo 2006 orientato a recepire le osservazioni del Comitato di Sicurezza scaturite a seguito della richiesta dei Ministri.

La base della progettazione definitiva è costituita dai documenti seguenti:

- Documenti di realizzazione del traforo attuale, parti francese e italiana;
- Progetto preliminare della galleria di sicurezza elaborato dalla società MUSI.NET S.p.A. nel settembre 2002;
- Prima fase di progetto definitivo della galleria di sicurezza elaborato dallo studio Lombardi SA Ingegneri Consulenti.
- Studio di concetti e strategie per il trasferimento delle installazioni dei PHT esistenti nelle stazioni tecniche previste nella galleria di sicurezza, elaborati dallo studio Lombardi SA Ingegneri Consulenti.

- Progetto definitivo della galleria di sicurezza elaborato dallo studio Lombardi SA Ingegneri Consulenti.
- Risposte alle domande del Comitato di Sicurezza del giugno 2005 con particolare riferimento alle opere del genio civile, agli impianti come pure alle opere esterne.
- Ottimizzazione del diametro interno della galleria per garantire l'accesso dei veicoli di soccorso in sicurezza e comodità, elaborato dallo studio Lombardi Sa Ingegneri Consulenti nel febbraio 2006.

Rimandiamo al documento gs96RG01 "Relazione illustrativa" per una descrizione della situazione attuale del traforo autostradale.

2.2 Decisioni della Commissione Intergovernativa (CIG) e del Comitato di Sicurezza (CS)

Approvazione studi di fattibilità: CS, Roma 10,11 ottobre 2001
CIG, Parigi 7 dicembre 2001

Avviso favorevole sul progetto preliminare: CS, Modane 22,23 ottobre 2002

Informazione sulla prima fase del
Progetto definitivo: CS, Modane 17 novembre 2004

Progetto definitivo 2005: CS, Roma 8 giugno 2005

Il Comitato ha ritenuto il progetto degno di approvazione tenendo conto comunque delle osservazioni scaturite a seguito delle riunioni con gli esperti.

Ottimizzazione del diametro: CS, Parigi 1 marzo 2006
CS, Roma 13 marzo 2006

Il diametro utile di 8.00 m, viene considerato dal Comitato di Sicurezza adatto a rispondere alle richieste dei Ministri.

2.3 Leggi e testi regolamentari

Oltre alla Direttiva Europea 2004/54/EC del 29.04.04, emessa il 5.06.04 si sono tenute in conto le seguenti normative e leggi:

2.3.1 *Lato Francia*

- Circolare interministeriale no. 2000/63 del 25 agosto 2000 relativa alla sicurezza nei tunnel della rete nazionale, per i rifugi e la galleria di sicurezza;
- Legge n°85-704 del 12 luglio 1985 relativa alla gestione di opere pubbliche ed ai rapporti con i progettisti privati (Legge MOP)
- Decreto n°93-1268 del 29 novembre 1993 relativo alle missioni di progettazione affidate da committenti pubblici a mandatari di diritto privato.
- Ordinanza del 21 dicembre 1993 che precisa le modalità tecniche di esecuzione delle missioni di progettazione affidate da committenti pubblici a mandatari di diritto privato
- Circolare n° 87-88 e direttiva del 27 ottobre 1987 relativa alle modalità di definizione e allestimento dei dossier tecnici concernenti la costruzione e l'equipaggiamento delle autostrade in concessione
- Circolare del 23 agosto 1990 relativa alle modalità di definizione e allestimento dei dossier tecnici di opere non correnti sulle autostrade in concessione che completa e modifica la circolare del 27 ottobre 1987.

2.3.2 *Lato Italia*

- Legge 11 febbraio 1994, n. 109 (1): Legge quadro in materia di lavori pubblici e d.lgs 12.04.06 n. 163 (codice dei contratti pubblici) in attuazione delle direttive CEE 2004/17 e 2004/18.
- D.P.R. 21 dicembre 1999, n. 554: Regolamento attuativo delle legge 109/94
- Circolare ANAS 8.09.1999Direttive per la sicurezza della circolazione nelle gallerie stradali
- D.M. 5 giugno 2001 (G.U. n.217 del 18.9.01). Sicurezza nelle gallerie stradali
- D.M. 6 dicembre 1999, n. 7938. (G.U. n.57 del 9.3.2000). Sicurezza della circolazione nelle gallerie stradali con particolare riferimento ai veicoli che trasportano materiali pericolosi

2.4 Deroghe

Considerato il carattere di accessi regolamentati e controllati alla Galleria di Sicurezza, in base alla legislazione ed alle normative descritte non viene richiesta alcuna deroga.

2.5 Procedure

Parallelamente al presente progetto costruttivo della galleria di sicurezza, le società concessionarie hanno intrapreso le procedure per ottenere le necessarie approvazioni da parte delle autorità competenti. Le varie procedure, differenti per le due concessioni sono in corso.

3. LA GALLERIA DI SICUREZZA

3.1 Dati generali

Il tracciato d'asse della galleria di sicurezza ricalca il tracciato d'asse del traforo autostradale del Fréjus dal quale dista circa 50 m verso est (senso di marcia Italia - Francia). Altimetricamente il piano viabile in galleria di sicurezza sarà posto a quota -50 cm dal piano carrabile del traforo autostradale, ad eccezione delle rampe di raccordo ai portali.

Il progetto della galleria di sicurezza del giugno 2005 prevedeva un diametro di 5.50 m. Questa sagoma di 4.50 x 3.00 m permette in particolare l'incrocio di ambulanze: un veicolo fermo i cui retrovisori sono ripiegati e l'altro circolante al passo.

A seguito di intensi scambi d'opinione in seno al gruppo di lavoro istituito dal CS e tenendo in considerazione l'incrocio di veicoli di soccorso a una velocità di 40 km/h e con margini di sicurezza minimi, consegue un diametro utile della galleria di sicurezza di 8.00 m. Per tener conto dei margini di tolleranza esecutiva, il diametro teorico dei conci di rivestimento dovrà essere di 8.00 m.

Questo diametro permette d'integrare una sagoma libera di 6.60 m x 4.00 m. Questa sagoma non è comunque conforme alle sagome richieste per la circolazione stradale.

In considerazione anche degli aspetti geotecnici, la galleria di sicurezza sarà realizzata con un inter-asse traforo-galleria di ca. 50 m.

Il sistema proposto non comprende più le SAS ai portali, questo per garantire un accesso rapido ai mezzi d'intervento nella galleria di sicurezza e la possibilità di far penetrare simultaneamente più veicoli di soccorso.

Per quanto concerne la possibilità degli utenti di mettersi al riparo nei minuti successivi ad un evento, la funzione rifugio non può essere mescolata con altre funzioni tecniche o di by-pass.

Tenendo conto delle norme attualmente in vigore in Europa, l'interdistanza media di 367 m, prevista nel progetto del 2005, è ritenuta sufficiente e ottimale anche in considerazione delle interferenze con altre strutture esistenti e della geologia del massiccio.

Nel caso di un diametro di 5.50 m, il rifugio aveva una superficie di 54 m². Nel caso di un diametro di 8.00 m, a seguito dell'aumento dell'interasse traforo-galleria, il rifugio avrà una superficie utile per utenti di 110 m².

Contrariamente ai sistemi di ventilazione originariamente proposti per la galleria di sicurezza, la soluzione prevista attualmente con un maggiore diametro pari a 8.00 m, non comprende più le SAS ed i ventilatori di pressurizzazione ai portali, ma impiega degli acceleratori ubicati in volta alla galleria per il controllo aeraulico permettendo un rapido e indisturbato accesso delle forze di soccorso.

Il nuovo sistema non permette una pressurizzazione allo stesso livello della galleria di sicurezza, in particolare in caso di forti differenze di pressioni barometriche tra i due portali che possono raggiungere dei valori dell'ordine di 500 Pa. D'altro lato la sicurezza degli utenti è sempre garantita in modo efficace grazie alla messa in sovrappressione (80 Pa) dei rami di collegamento, delle stazioni tecniche e dei by-pass rispetto al traforo, in accordo con le norme in vigore. Per questo motivo i rami sono dotati di una ventilazione indipendente. Gli acceleratori permettono di controllare la velocità longitudinale dell'aria nella galleria e rendono parimenti possibile una pressurizzazione sufficiente ad evitare qualsiasi penetrazione di fumi dai portali o da porte aperte.

Onde permettere di gestire anche il caso d'incendio in galleria di sicurezza e di evitare parimenti un'invasione incontrollata di fumo della stessa, il progetto prevede la possibilità di estrazione massiccia di fumi a livello delle centrali sotterranee del traforo stradale. A questo scopo sono richiesti dei collegamenti aeraulici tra il traforo e le due nuove centrali di ventilazione.

La sezione garantisce una sagoma di passaggio di 6.60 x 4.00 m.

Il rivestimento sarà eseguito con conci prefabbricati in calcestruzzo armato posati in avanzamento direttamente a tergo della TBM, sotto la protezione del doppio scudo.

Grazie all'aumento del diametro sono stati possibili ulteriori miglioramenti del progetto precedente, in particolare il progetto definitivo 2006 prevede la separazione delle acque, le acque di drenaggio saranno separate dalle acque di carreggiata. Le acque di scarico delle stazioni tecniche e dei rifugi saranno immesse nella canalizzazione di acque nere.

Anche per la pavimentazione l'aumento del diametro permette l'accesso alle normali attrezzature per la posa del conglomerato bituminoso. Di conseguenza il progetto 2006 prevede la posa di conglomerato bituminoso.

La pavimentazione sarà in conglomerato bituminoso con pozzetti sui lati per raccogliere l'acqua proveniente dalla carreggiata ed immetterla nella condotta di evacuazione $\varnothing 315$ mm posizionata all'arco rovescio e dimensionata per una portata massima di 160 l/s comprensiva delle acque di scarico dei rifugi e ST e delle eventuali acque per la lotta all'incendio.

La condotta separata per le acque di drenaggio del diametro $\varnothing 400$ stimate in 20 l/s sarà raccordata ogni 32 m ai drenaggi dei conci e ad ogni rifugio, ST o by-pass ai relativi drenaggi.

L'impermeabilizzazione della galleria sarà garantita dalle guarnizioni di tenuta tra gli elementi dei conci prefabbricati.

Nei tratti scavati in tradizionale, come nei rifugi e ST l'impermeabilizzazione è prevista con foglio in PVC. Una condotta secondaria al piede del profilo convoglia le acque drenate al collettore principale.

3.2 Le opere del genio civile

3.2.1 La geologia

Il tunnel del Fréjus interessa, da Nord a Sud le serie del Trias (corniole, gessi, anidridi, dolomie, quarziti e scisti verdi, poi la serie dei calcescisti (schistes lustrés) che costituiscono l'ossatura rocciosa del massiccio sul versante italiano.

Tra le due formazioni si riscontra la cosiddetta "serie delle scaglie" (série des écailles) costituita da materiale delle serie Triassiche e dai calcescisti.

Tutte le informazioni sulla geologia riscontrata durante le fasi di scavo del traforo autostradale sono disponibili ed hanno permesso un'analisi dettagliata delle varie fasi di scavo sia per la tratta scavata in tradizionale che per la tratta prevista con fresatrice meccanizzata.

Il comportamento dei calcescisti durante lo scavo della galleria autostradale ha messo in evidenza una marcata tendenza a scollarsi degli strati con frequenti sfornellamenti al rene ovest su entrambi i cantieri I ed F.

Le lunghezze di perforazioni per metro di galleria sono regolarmente aumentate all'aumentare della copertura, giungendo a circa 120÷150 m/m' con lunghezza media dei bulloni tra 4.5 e 5 m.

3.2.2 Inquadramento geologico - geotecnico

Per la verifica geotecnica e per i dimensionamenti si è proceduto alla valutazione della stabilità globale del cavo ed al dimensionamento degli spessori di rivestimento con il metodo delle linee caratteristiche.

Sono inoltre stati verificati i rischi geologici definendo le cause come pure i rimedi che dovranno essere messi in atto per fronteggiare questi eventi, in particolare:

- Rilasci gravitativi di materiale;
- Deformazioni anomale della sezione (stati tensionali fortemente dissimmetrici);
- Roccia spingente con procedure in caso di inceppamento della fresa;
- Instabilità localizzata del fronte

I calcoli dimostrano che uno spessore del rivestimento in calcestruzzo di 30 cm è sufficiente a sopportare i carichi di progetto sull'anello.

3.2.3 Procedimenti esecutivi

Ad entrambi gli imbocchi è previsto di iniziare lo scavo con metodo tradizionale all'esplosivo. Tali tratte sono assunte di 1600 m circa considerando che la fornitura della TBM avvenga al 9 mese dall'inizio dei lavori di scavo. Per questa tratta sono state previste 5 tipologie di sostegno in base alle informazioni geotecniche dedotte dai quaderni di cantiere relativi alla costruzione del traforo.

Il montaggio delle frese potrà essere previsto in caverna. La camera avrà una lunghezza di 40 m, un'altezza di 13.10 m ed una larghezza di 14.10 m.

È previsto l'utilizzo su entrambi i lati di fresatrici doppio scudate che permettono la posa di conci prefabbricati in calcestruzzo in avanzamento. Considerando il tipo di roccia è ipotizzabile un rendimento delle fresatrici di ca. 15 m giornalieri.

La camera di smontaggio delle TBM sarà ubicata in prossimità del km 6.5 in corrispondenza del laboratorio sotterraneo. Quest'ultima avrà dimensioni orientative di 10.5 x 11.5 x 20 m.

Immediatamente a ridosso della TBM è prevista la posa delle condotte di evacuazione delle acque, la costruzione dei pozzetti d'ispezione ogni ca. 100 m, la posa delle condotte per raccogliere l'acqua delle canalette diametro 100 mm ed il riempimento con materiale fresato proveniente dallo scavo e relativo costipamento. Sarà pertanto ricavata la superficie per la posa dei binari di cantiere e per l'esecuzione dei rami di collegamento e delle stazioni tecniche.

Il pavimento definitivo sarà eseguito una volta terminati i lavori di scavo ed evacuata la TBM. Questa operazione sarà svolta nel seguente modo:

- Scavo dei tracciati e pozzetti per la posa dei cavi elettrici e relativi raccordi ai rifugi ed alle stazioni tecniche. Questa soluzione permette di interrare la quasi totalità delle reti necessarie;
- Messa in quota dei pozzetti di ispezione della condotta acqua;
- Esecuzione della pavimentazione in conglomerato bituminoso.

Da notare inoltre che, a seguito dell'ottimizzazione del diametro della galleria di sicurezza, è possibile adeguare i tracciati cavi e installare un eventuale collegamento di interconnessione da 400 kV nella galleria di sicurezza.

3.3 Gli impianti della galleria di sicurezza

Nelle note tecniche relative agli impianti si descrivono in dettaglio gli equipaggiamenti previsti per la galleria di sicurezza. Nella concezione della galleria di sicurezza si è voluto rendere accessibili dal piano stradale unicamente idranti, illuminazione di emergenza e segnaletica. In tal modo si garantisce che lungo la galleria di sicurezza non possano esserci errate manipolazioni e urti da veicoli.

I cavi sono in sicurezza nei tracciati interrati, la tubazione antincendio è ubicata al di fuori della sagoma di passaggio. Tutte le apparecchiature di gestione e regolazione degli impianti sono predisposte in appositi locali o nei rifugi.

4. I RIFUGI DI SICUREZZA

4.1 Dati generali

La galleria di sicurezza è collegata al traforo mediante 34 rami di comunicazione ripartiti lungo l'intero traforo, ad una distanza media tra loro di 367 m.

È stato previsto un solo tipo di rifugio, tutti i 34 rifugi saranno pertanto dello stesso tipo.

La disposizione dei rami di comunicazione prevede:

- Una SAS di 2.6 x 5.95 m con superficie di 15 m² che collega il traforo al rifugio;
- Un rifugio di 4.8 x 28.2 con superficie totale di 136 m² ed una superficie utile per utenti di 110 m²;
- Una superficie di stazionamento di dimensioni 4.8 x 5.3 m che collega il rifugio con la galleria di sicurezza e che sarà utilizzato per l'inversione di marcia o per stazionamento in caso di lavori di manutenzione nel rifugio.

Le pareti e la volta saranno eseguite in calcestruzzo armato e realizzate parte in cls gettato in opera e parte in calcestruzzo spruzzato. Il pavimento sarà in calcestruzzo. I rifugi saranno impermeabilizzati con fogli in PVC. I drenaggi ai piedritti saranno collegati ad una condotta secondaria che immette le acque di drenaggio nella condotta della galleria di sicurezza.

In senso longitudinale il pavimento del ramo di comunicazione avrà una pendenza a due falde con culmine in corrispondenza della parete tra SAS e rifugio e con pendenze di 1.0 % nella SAS verso il traforo e 1.0 % nel rifugio verso la galleria di sicurezza.

4.2 Le opere del genio civile

Lo scavo dei rami di comunicazione, delle stazioni ST e dei by-pass avverrà in contemporanea con l'avanzamento degli scavi principali della galleria di sicurezza. Si prevede di eseguire i rami di comunicazione ad una distanza di ca. 500 m dal fronte.

Il passaggio dei treni nelle zone dei rifugi, contrariamente a quanto previsto per la galleria con diametro 5.50 m, non sarà protetto da un blindaggio di sicurezza per garantire l'accesso al fronte in caso di problemi nello scavo dei rifugi stessi.

Per l'abbattimento del diaframma con le strutture esistenti si opererà nel seguente modo:

- Scavo all'esplosivo fino a ca. 7 m dal traforo esistente;
- Posa di strutture protettive nel traforo con un ingombro di ca. 20 cm dal paramento attuale;
- Esecuzione di 4 perforazioni ai bordi per delimitare la superficie di scavo;
- Taglio con filo diamantato dei 4 bordi per evitare vibrazioni alla struttura esistente del traforo;
- Rimozione della roccia all'interno della sagoma delimitata con martellone;
- Costruzione della sagoma interna in calcestruzzo gettato in opera.

Da notare come prima della rimozione delle strutture protettive nel traforo all'interno del ramo di collegamento saranno realizzate tutte le strutture in calcestruzzo (volta, pareti, pavimenti) e saranno pure posate le porte.

4.3 Gli impianti dei rifugi

4.3.1 Fase di cantiere

Durante la fase di cantiere il rifugio sarà ventilato tramite una condotta separata di aria compressa che garantirà il ricambio d'aria nel rifugio.

Nei rifugi saranno installati telefoni collegati alla rete di cantiere gestita dall'imprenditore e con la sala comando del cantiere.

L'illuminazione dei rifugi sarà derivata dalla condotta di alimentazione elettrica del cantiere. Le lampade installate nei rifugi saranno tenute costantemente accese.

L'accesso diretto ed incontrollato dal rifugio al cantiere sarà impedito.

4.3.2 Fase finale

Le note tecniche relative agli impianti descrivono in dettaglio gli equipaggiamenti previsti per i rifugi. Vengono di seguito riportati solo gli aspetti principali.

La ventilazione meccanizzata garantirà una sovrappressione di 80 Pa nel rifugio e 40 Pa nella SAS. All'esterno del rifugio, lato galleria di sicurezza, saranno installati due ventilatori per la gestione della sovrappressione. Si prevede l'espulsione dell'aria viziata nel vano traffico del traforo.

Tenuto conto del fatto che la galleria di sicurezza dovrà possedere una sovrappressione media di 500 Pa è prevista la seguente disposizione delle porte nei 34 rifugi:

Descrizione	Tipo di porta	Dimensioni (larghezza x altezza)	Protezione
Traforo - SAS	A 2 ante	1.4 (0.9 + 0.5)x 2.0 m	HCM 120
SAS - Rifugio	A 2 ante	1.4 (0.9 + 0.5)x 2.0 m	REI 120
Rifugio - galleria	scorrevole	1.4 x 2.0 m	REI 120

In alternativa alle porte convenzionali a battente per le porte tra rifugio e galleria di sicurezza il progetto prevede di adottare delle porte scorrevoli. Questa soluzione, approvata dal Comitato di Sicurezza nel giugno 2005 costituisce oggi la scelta dei Committenti per applicazioni simili a quella in oggetto. Citiamo in particolare l'utilizzo nella trasversale alpina ferroviaria del Lötschberg, oltre che in numerosi tunnel stradali. Alcuni Committenti richiedono inoltre la motorizzazione di tali porte che nel nostro caso non è prevista.

Questa tendenza è frutto delle esperienze positive anche nel traforo stradale del Gottardo e conferma l'attendibilità funzionale e prestazionale delle porte scorrevoli.

Inoltre tali porte, oltre a non necessitare di alcun sistema di compensazione, risultano molto affidabili anche con importanti differenze di pressione come nel caso del Frejus, permettono una manovra di apertura relativamente semplice e non comportano rischi di urtare le persone che le movimentano.

4.4 Informazione e accoglienza degli utenti nei rifugi

Nel limite del possibile saranno creati ambienti accoglienti, gradevoli e tranquillizzanti per accogliere gli utenti nei rifugi.

L'insieme dei concetti di informazione degli utenti ed i comportamenti da adottare saranno dello stesso tipo di quelli oggi presenti nei rifugi.

Si prevede comunque di rivestire le pareti in calcestruzzo del rifugio con materiale fonoassorbente per garantire una buona qualità di comunicazione tra gli utenti ed il personale di soccorso o della sala comando.

4.5 L'architettura e visibilità dei rifugi

Per quanto concerne la visibilità dei rifugi nel Traforo è previsto di utilizzare segnaletiche analoghe a quelle attualmente in uso nel traforo autostradale del Frejus.

Nella galleria di sicurezza è previsto di installare dei cartelli di segnalazione della posizione (direzione e distanza dai portali) e di segnalare il numero del rifugio (od il numero della stazione tecnica corrispondente).

5. LE STAZIONI TECNICHE E LE CENTRALI DI VENTILAZIONE DELLA GALLERIA

5.1 Dati generali

Lungo la galleria di sicurezza saranno ricavate 22 stazioni tecniche (interasse medio 1430 m di cui 2x3 esterne ai portali e 2x8 interne) che garantiranno l'approvvigionamento energetico del traforo e della galleria di sicurezza come pure la gestione di tutti gli impianti del traforo e della galleria di sicurezza. Le ST interne previste nel progetto 2005 con un allargamento della sezione corrente della galleria di sicurezza, considerato l'aumento dell'interdistanza tra traforo e galleria a ca. 50 m, saranno eseguite trasversalmente alla galleria di sicurezza direttamente in asse ai PHT esistenti. La particolarità di questi locali tecnici e che saranno ricavati su due livelli. Questa soluzione è ampiamente collaudata in numerose gallerie stradali, come pure nelle centrali di ventilazione esistenti B e C.

Sono state definite le seguenti tipologie di stazioni tecniche:

- 6 stazioni tecniche doppie in corrispondenza ai PHT esistenti del traforo e a loro collegate;
- 2 stazioni tecniche doppie in corrispondenza alle centrali di ventilazione interne e collegate al traforo mediante collegamento pedonale. In queste stazioni tecniche saranno pure ricavate le centrali di ventilazione che permetteranno l'estrazione massiccia dalla galleria di sicurezza. Un cunicolo permetterà inoltre di collegare la nuova centrale di ventilazione ai pozzi esistenti delle centrali B e C;
- 3 stazioni tecniche in corrispondenza di entrambi i portali.

La disposizione delle stazioni tecniche in corrispondenza dei PHT prevede:

- Esecuzione in asse ai PHT attuali;
- Disposizione simmetrica delle due stazioni tecniche attribuite al PHT esistenti;
- Un locale HT di dimensioni di 6.7 x 3.2 m;
- Un locale BT per i fabbisogni della galleria e del traforo con dimensioni di 13.3 x 4.1 m;
- Un locale per la ventilazione e climatizzazione dei locali tecnici e per la posa delle valvole di sezionamento della rete incendio con dimensioni di 4.0 x 3.0 m;

- Una superficie con possibilità di stazionamento o inversione di marcia di dimensioni 8.8 x 5.0 m che collega inoltre la galleria di sicurezza con i PHT esistenti.
- Nelle ST in vicinanza delle centrali B e C, troveranno posto le nuove centrali di ventilazione che garantiranno l'estrazione e denominate E e F. In queste caverne al piano terreno ci sarà lo spazio per il montaggio dei ventilatori che saranno installati al piano superiore.

Le pareti, solette e la volta saranno eseguite parte in calcestruzzo gettato in opera e parte in calcestruzzo spruzzato.

Il pavimento sarà in calcestruzzo ed avrà la medesima pendenza della galleria di sicurezza, gli armadi saranno posati a livello su appositi zoccoli.

All'interno dei locali tecnici, nel pavimento saranno ricavati degli spazi al di sotto gli armadi per il passaggio dei cavi; questi vani saranno collegati con i tracciati cavi lungo la galleria di sicurezza. In parte saranno pure posati dei doppi pavimenti per permettere la posa dei cavidotti.

Le ST saranno impermeabilizzate. I drenaggi sui piedritti saranno collegati ad una condotta secondaria che immette le acque di drenaggio nella condotta della galleria di sicurezza.

In generale le porte delle stazioni tecniche saranno dello stesso tipo a 2 ante con dimensioni di 1.4 x 2.0 m (ante di 0.5 e 0.9 m) con protezione REI 120.

Da notare comunque che le porte che separano le ST delle centrali E e F in corrispondenza delle centrali di ventilazione interne dovrà essere del tipo HCM 120.

5.2 Le opere del genio civile

In linea di principio gli scavi di allargamento della galleria di sicurezza saranno eseguiti dalle stesse squadre che eseguiranno i rifugi adottando le stesse metodologie di esecuzione descritte al punto 4.2.

6. I BY-PASS

6.1 Dati generali

Il progetto della galleria di sicurezza del 2005 prevedeva due by-pass carrozzabili a livello delle centrali sotterranee B e C. Per rispondere alla richiesta dei servizi di soccorso di poter disporre di una struttura che garantisca la flessibilità della scelta degli scenari d'intervento e della sicurezza del personale d'intervento, è utile prevedere un numero più elevato di by-pass.

In considerazione della disposizione attuale delle strutture del traforo e soprattutto del fatto che la realizzazione di collegamenti tra galleria di sicurezza e traforo in esercizio è molto complessa, il gruppo di lavoro propone l'esecuzione di by-pass nel traforo a livello dei garage esistenti sul lato Italia-Francia. Da notare che questa configurazione non corrisponde a quanto previsto dalle norme per la costruzione di by-pass nel caso di tunnel a doppia canna.

La disposizione dei by-pass sarà dunque la seguente :

By-pass 1 (garage 1)	Km 2.1
By-pass 2 (garage 2, centrale A)	Km 4.2
By-pass 3 (garage 3, Laboratorio LSM)	Km 6.4
By-pass 4 (garage 4, centrale B)	Km 8.8
By-pass 5 (garage 5)	Km 10.7

La disposizione di by-pass nelle centrali B e C e quelli ubicati presso i garages 2 e 4 sono visibili nell'annesso.

Sono attualmente in corso i contatti con i responsabili per la disposizione dei by-pass ubicati presso il laboratorio LSM.

Le pareti e la volta saranno eseguite parte in calcestruzzo gettato in opera e parte in calcestruzzo spruzzato.

Il pavimento sarà in calcestruzzo ed avrà la medesima pendenza della galleria di sicurezza.

All'interno dei locali tecnici, nel pavimento saranno ricavati degli spazi al di sotto gli armadi per il passaggio dei cavi; questi vani saranno collegati con i tracciati cavi lungo la galleria di sicurezza.

I by-pass saranno impermeabilizzati. I drenaggi sui piedritti saranno collegati ad una condotta secondaria che immette le acque di drenaggio nella condotta della galleria di sicurezza.

In generale le porte dei by-pass saranno scorrevoli a più ante con dimensioni tali da permettere il passaggio di veicoli di 4.0 x 4.0 e saranno motorizzate con protezione REI 120.

6.2 Le opere del genio civile

In linea di principio gli scavi dei by-pass saranno eseguiti dalle stesse squadre che eseguiranno le stazioni tecniche adottando le stesse metodologie di esecuzione descritte al punto 4.2.

7. IL LABORATORIO SOTTERRANEO DI MODANE

Il tunnel del Fréjus ospita, al km 6.5 circa, un laboratorio sotterraneo dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare e Fisica delle Particelle (LSM). Lo stesso è occupato quotidianamente da un numero variabile tra 3 e 10 ricercatori. Il laboratorio, di per se autonomo, è comunque integrato nel sistema della gestione tecnica centralizzata del traforo ed in caso di evento è considerato un'installazione analoga alle altre del tunnel.

Il presente progetto prevede la creazione di un ramo di collegamento che collega il laboratorio sotterraneo con la galleria di sicurezza per garantire la via di fuga al personale del laboratorio.

In corrispondenza del laboratorio la distanza dalla galleria di sicurezza al traforo sarà di ca. 87 m (asse-asse), rispettivamente ca. 15 m dal punto estremo del laboratorio all'asse della galleria di sicurezza. Quest'ultima distanza permette di ridurre le vibrazioni all'interno del laboratorio durante la fase di scavo con la fresatrice. Occorre notare che gli studi effettuati e le valutazioni effettuate con i responsabili del laboratorio hanno escluso la possibilità di mantenere a 50 m la distanza tra galleria e traforo per i seguenti motivi:

- impatto importante sui numerosi impianti del laboratorio presenti nella SAS del LSM;
- incidenza importante sulla gestione del laboratorio in fase di cantiere con una chiusura dello stesso non compatibile con l'avanzamento degli esperimenti;
- necessità di separare completamente le funzionalità della galleria e del laboratorio in fase di gestione per ridurre i rischi.

8. LE OPERE AI PORTALI

8.1 Concetti di evacuazione e smaltimento delle acque

Il profilo longitudinale della galleria di sicurezza presenta una pendenza all'incirca uniforme dello 0.54 % che dall'imbocco lato Italia scende verso il portale francese. Tutte le acque della galleria di sicurezza saranno pertanto convogliate verso la piattaforma francese. Attualmente le canalizzazioni del traforo autostradale del Fréjus hanno una portata stimata in 10-15 l/s.

La portata di drenaggio per la galleria di sicurezza, dopo un'analisi delle condizioni quadro geologiche, viene fissata in ulteriori 15 l/s, e quindi al lato francese viene considerato, cautelativamente, un raddoppio della portata.

Verrà posata una condotta in PVC del diametro di 400 mm per le acque di drenaggio ed una condotta in PVC del diametro di 315 mm per i valori di dimensionamento richiesti per le acque di carreggiata e di rifiuto (100 l/s in più per lotta contro incendio).

Le verifiche svolte sulla piattaforma francese e l'analisi della rete attuale di smaltimento delle acque hanno evidenziato come le acque provenienti dalla galleria di sicurezza possono essere immesse, alla fine dei lavori di costruzione, nel sistema attuale di smaltimento delle acque. Si prevede di realizzare un serbatoio all'uscita della galleria con la possibilità di deviare le acque ed inviarle o al bacino di ritenzione degli idrocarburi in caso di evento o inquinamento tramite pompaggio o, in caso normale, al sistema attuale di trattamento delle acque (déboureur-séparateur).

Le acque trattate saranno immesse, come attualmente, nel Rieux-Roux.

Per le acque di drenaggio sarà posata una condotta parallela che immetterà direttamente le acque nel Rieux-Roux, sarà comunque predisposta la possibilità di immettere le acque nel bacino di ritenzione come pure nel separatore.

8.2 Edifici lato Francia

Gli studi sugli edifici lato Francia sono stati condotti dal raggruppamento di società francesi INGEROP-DOUILLET-ACOUSTB incaricate direttamente da SFTRF.

Per la disposizione degli edifici lato Francia vengono riprese le posizioni degli edifici previste nel progetto preliminare e possono così essere riassunte:

- Realizzazione di un'opera parallela all'imbocco del traforo e ad un'interdistanza dal traforo di ca. 22 m;
- Realizzazione di un cavidotto interrato che passando sopra il traforo raggiunge la stazione tecnica e la centrale di ventilazione ;
- Realizzazione di una via di servizio che garantisce un accesso veicolare tra la zona della centrale attuale di ventilazione con l'accesso alla galleria di sicurezza.
- Adeguamento dell'uscita di emergenza del canale di ventilazione aria fresca del traforo (rampa quad);
- Realizzazione di un nuovo edificio per la gestione degli eventi ubicato in prossimità della stazione di rifornimento attuale che verrà smantellata.

Per quanto concerne l'insieme delle opere previste sulla piattaforma lato Francia si rimanda al progetto relativo per la descrizione di dettaglio degli interventi previsti.

8.3 Edifici lato Italia

Sul lato Italia dovranno essere eseguiti i seguenti interventi:

- Nuovi edifici per infrastrutture di esercizio in prossimità del portale della galleria di sicurezza e riqualifica architettonica e ambientale dell'area;
- avanzamento del portale e allargamento del ponte di accesso esistente;
- opere collaterali di inserimento architettonico della centrale esistente mediante mascheratura;
- Opere di sistemazione idraulica del torrente Rochemolles;
- Nuovo ponte;
- Sottopassaggio e parcheggio sotterraneo in corrispondenza dell'attuale piazzale (prima dei caselli) per garantire in qualsiasi momento l'accessibilità dei mezzi di soccorso alla galleria di sicurezza.

9. IMPIANTI

9.1 Ventilazione della galleria di sicurezza

Contrariamente ai sistemi di ventilazione originariamente proposti per la galleria di sicurezza, la soluzione prevista attualmente con un maggiore diametro pari a 8.00 m, non comprende più le SAS ed i ventilatori di pressurizzazione ai portali, ma impiega degli acceleratori ubicati in volta alla galleria per il controllo aeraulico permettendo un rapido e indisturbato accesso delle forze di soccorso.

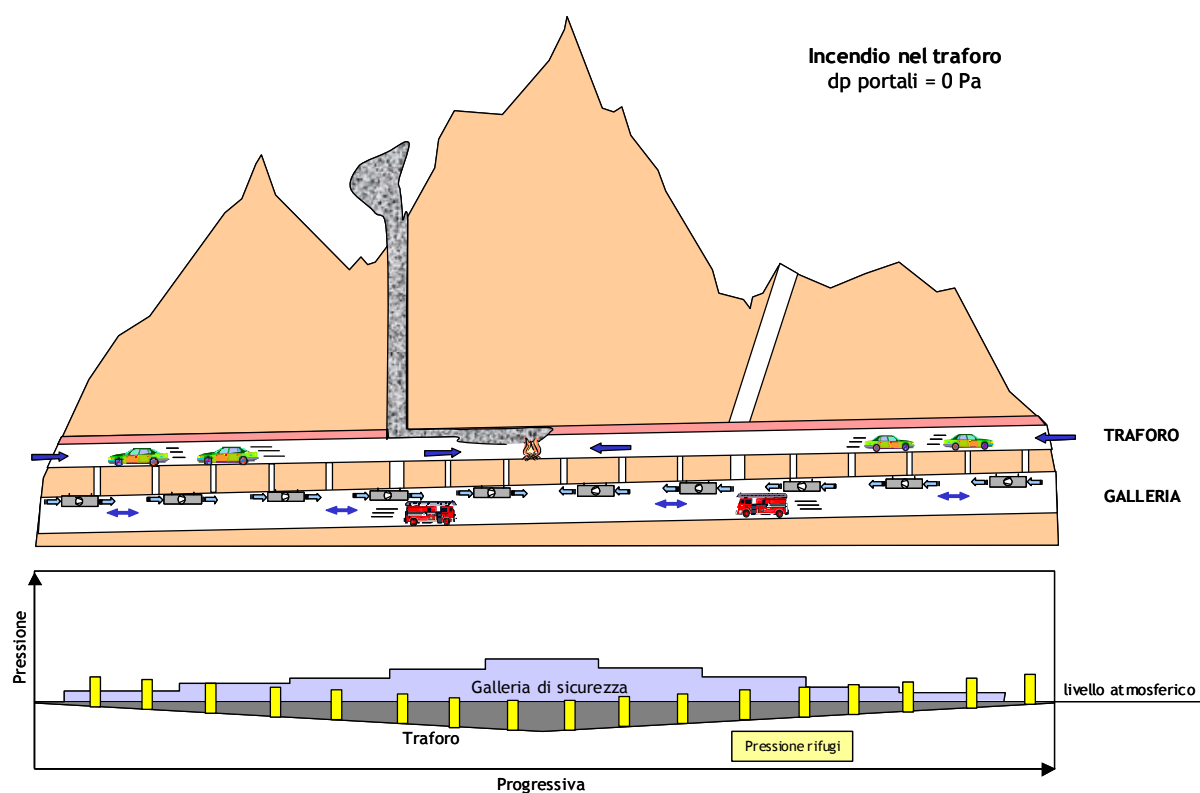


Fig. 1 : Diagramma di ventilazione, incendio nella galleria, $dp=0$ Pa barometrico.

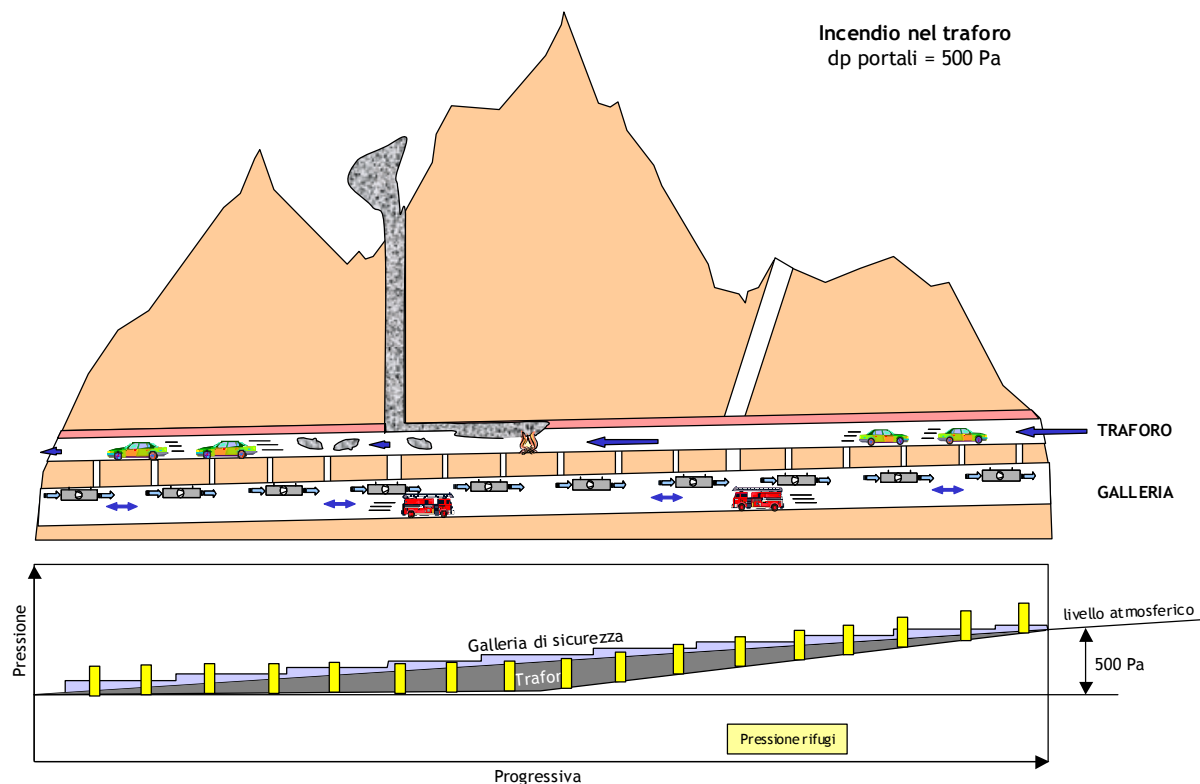


Fig. 2 : Diagramma di ventilazione, incendio in galleria, dp=500 Pa barometrico.

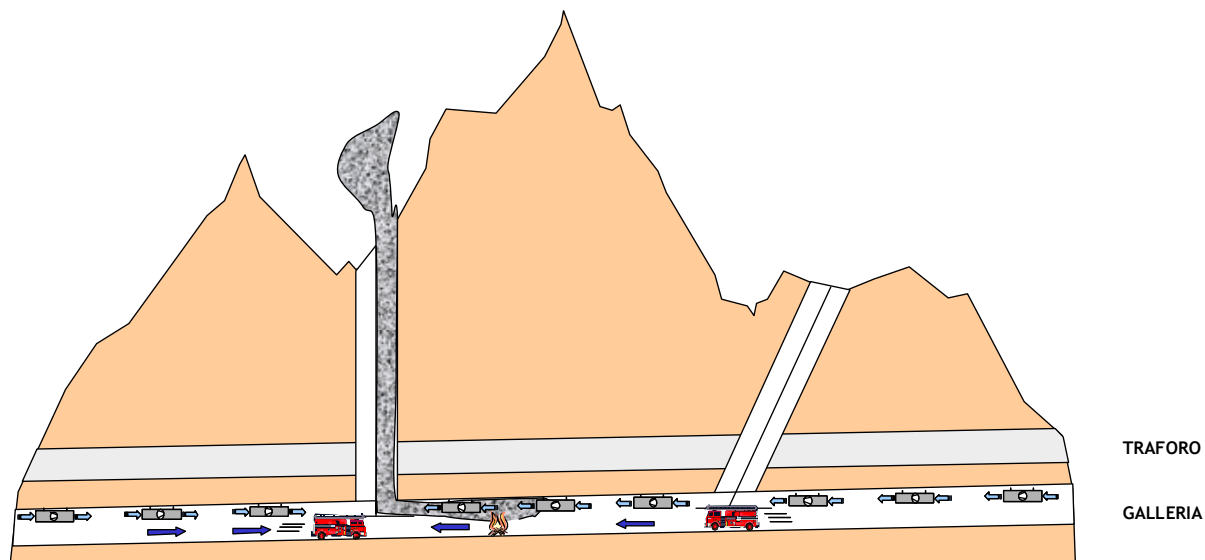


Fig. 3 : Diagramma di ventilazione, incendio nella galleria di sicurezza.

Il nuovo sistema non permette una pressurizzazione allo stesso livello della galleria di sicurezza, in particolare in caso di forti differenze di pressioni barometriche tra i due portali che possono raggiungere dei valori dell'ordine di 500 Pa. D'altro lato la sicurezza degli utenti è sempre garantita in modo efficace grazie alla messa in sovrappressione (80 Pa) dei rami di collegamento, delle stazioni tecniche e dei by-pass rispetto al traforo, in accordo con le norme in vigore. Per questo motivo

tutti i rami sono dotati di una ventilazione indipendente. Gli acceleratori permettono di controllare la velocità longitudinale dell'aria nella galleria e rendono parimenti possibile una pressurizzazione sufficiente ad evitare qualsiasi penetrazione di fumi dai portali o da porte aperte.

Onde permettere di gestire anche il caso d'incendio in galleria di sicurezza e di evitare parimenti un'invasione incontrollata di fumo della stessa, il progetto 2006 propone tra l'altro di prevedere la possibilità di estrazione massiccia di fumi a livello delle centrali sotterranee del traforo stradale. A questo scopo sono previsti dei collegamenti aeraulici tra il traforo e le due centrali esistenti ed in particolare ai pozzi di espulsione dell'aria viziata.

Il funzionamento della ventilazione dei rami di collegamento è la seguente:

- Prelievo dell'aria fresca dalla galleria tramite due ventilatori in parallelo, installati nella galleria, uno in funzione, l'altro in "stand-by";
- Immissione nei rifugi, ST e by-pass, attraverso una serranda di regolazione motorizzata e taglia-fuoco;
- Espulsione verso il traforo attraverso una serranda di regolazione motorizzata e taglia-fuoco, passaggio attraverso il SAS per i rifugi.

9.2 Ventilazione in fase di cantiere

Il cantiere sarà ventilato in modo convenzionale, con una condotta in volta per l'immissione di aria fresca ed una condotta di aspirazione.

La ventilazione di cantiere deve tener conto di due fasi distinte:

- Scavo convenzionale all'esplosivo per ca. 1'600 m da ogni lato;
- Scavo con TBM fino a metà galleria, tra ca. 1'600 m e 6'500 m.

Durante lo scavo con la TBM il rivestimento della galleria verrà realizzato da elementi in cemento prefabbricato e posati sul back-up della perforatrice, con emissioni minime di polveri. Si è analizzata, nei dimensionamenti, la soluzione, per scavo di rifugi ed ST all'esplosivo, più restrittiva.

L'analisi mostra che le richieste dei due cantieri in termini di fabbisogno di aria fresca sono simili.

La ventilazione dei rifugi sarà garantita da una condotta di aria in pressione appositamente predisposta, che assicurerà anche l'approvvigionamento di aria fresca necessario ai container di sicurezza del personale della TBM e dei cantieri secondari.

La configurazione esterna dei rifugi sarà identica a quella finale, con una porta HCM 120, una serranda di regolazione motorizzata e di una serranda taglia-fuoco.

La portata volumetrica dipende dalla pressione nella condotta. Questi valori sono molto elevati. Si propone dunque di ridurre fortemente la portata di ventilazione dei rifugi, rispettando però il livello di pressurizzazione di 80 Pa.

La ventilazione durante il passaggio dal cantiere genio civile al cantiere per i montaggi degli impianti elettro-meccanici sarà garantito dagli acceleratori che dovranno essere messi in servizio in modo provvisorio.

9.3 Impianto rete incendio

Il traforo del Fréjus è attualmente dotato di una rete incendio posizionata nel marciapiede del traforo della corsia Francia - Italia. La condotta è in acciaio del diametro di 200 mm.

La rete attuale è alimentata da un serbatoio lato Italia dal volume di 500 m³ e, in riserva, da una centrale di sovrappressione sul lato Francia con un serbatoio del volume di 250 m³. In condizioni normali l'impianto lavora in caduta libera ed alimenta i 99 idranti presenti lungo il traforo.

La nuova rete incendio della galleria di sicurezza sarà integrata nel sistema esistente in modo da creare un doppio anello. I due serbatoi presenti ai portali e la stazione di sovrappressione sulla piattaforma francese non verranno modificati. La diramazione della condotta per la galleria di sicurezza avverrà in corrispondenza dei pozzetti incendio esistenti ai portali a fianco dei quali sarà creato un nuovo pozzetto. Un ulteriore collegamento by-pass tra la condotta esistente e la nuova condotta sarà realizzato a metà tunnel (zona del laboratorio, by-pass 3).

Lungo la galleria saranno predisposte delle bocche incendio in corrispondenza delle entrate dei rifugi (34), delle SAS dei rifugi (34), delle entrate dei by-pass (2x5) e delle stazioni tecniche (8) per un totale di 86 nuove bocche.

La condotta sarà del diametro di 200 mm, realizzata in acciaio inox di qualità AISI 304 con giunti saldati e fissata alla volta per mezzo di barre d'ancoraggio in acciaio inox.

La scelta del posizionamento della condotta sulla volta della galleria di sicurezza è dettata dai seguenti motivi:

- Lungo la galleria di sicurezza non devono essere posizionati impianti che possono essere urtati da veicoli di manutenzione o di soccorso;
- Le derivazioni verso i locali tecnici od i rifugi possono essere effettuate senza interferire minimamente nella sagoma di passaggio o senza dover prevedere particolari accorgimenti nel genio civile;
- Tutte le apparecchiature che necessiteranno operazioni di manutenzione saranno posizionate all'interno degli appositi locali nelle stazioni tecniche. La condotta stessa non necessita di particolari manutenzioni per cui la posizione in volta permette l'ispezione regolare e continua della condotta;
- Il montaggio della condotta sarà effettuato interamente dall'imprenditore che si occuperà del lotto senza particolari necessità di coordinamento con altri lotti civili.

Inoltre è possibile affermare che le esperienze nella galleria del San Gottardo dove la condotta è posata sulla volta del cunicolo di sicurezza da oltre 10 anni, si sono rivelate estremamente positive.

In corrispondenza dei portali e fino a circa 2000 m le condotte saranno protette dal gelo mediante l'impiego di cavi riscaldanti e rivestimento termico.

9.4 Impianto alimentazione elettrica

I diversi impianti tecnologici previsti nella galleria di sicurezza necessitano di un'alimentazione elettrica che sarà assicurata per mezzo di una nuova rete ad alta tensione di 20kV (HT) e di una distribuzione terminale a bassa tensione di 400/230V (BT).

La rete di alta tensione sarà dimensionata per distribuire l'energia elettrica sia alle installazioni della galleria di sicurezza che alle installazioni esistenti nel traforo.

Attualmente la rete HT è costituita da due arterie 20 kV, con energia fornita dalla rete ENEL dal versante italiano e dalla rete EDF dal lato francese. I cavi di queste due arterie transitano lungo il traforo nel canale di ventilazione aria fresca sopra la carreggiata e raggiungono i locali tecnici PHT. Una nuova rete HT sarà realizzata in sostituzione a quella attuale; avrà lo stesso concetto di distribuzione elettrica ma transiterà in appositi cavidotti ricavati sotto il pavimento della galleria di sicurezza, con lo scopo di garantire la massima sicurezza e funzionalità dell'alimentazione elettrica. In caso di mancanza di tensione di una delle due arterie, la rete permetterà un'alimentazione da parte della seconda che rimane in tensione.

Il progetto prevede la creazione di nuove stazioni tecniche (ST) lungo la galleria, di cui una parte posizionate in corrispondenza dei PHT posti sul lato destro in direzione Italia-Francia. Ogni ST sarà equipaggiata con trasformatori 20/0.4 kV e armadi BT per la distribuzione dell'energia a tutti gli impianti.

Inoltre ogni locale sarà provvisto di gruppi di continuità UPS in grado di garantire un'autonomia di 2 ore.

È pure previsto il collegamento tra la galleria di sicurezza ed i PHT esistenti. Questo collegamento permette di eseguire i lavori di connessione tra gli impianti esistenti ed i nuovi locali tecnici accedendo unicamente dalla galleria di sicurezza senza interferire con il traforo.

Nella relazione specifica dell'impianto di alimentazione elettrica è rappresentato un bilancio energetico per i vari ST. Globalmente la potenza installata per gli impianti della galleria di sicurezza è dell'ordine di 5.0 MW, a fronte di 16 MW di potenza installata nel traforo.

9.5 Impianto di illuminazione

La galleria di sicurezza sarà illuminata da lampade fluorescenti 1x49W tipo T5, installate in volta ad un'altezza di ca. 5.2 m. Gli apparecchi saranno posizionati ogni 5 m e assicureranno un livello di illuminazione di 40/45 lux. In corrispondenza dei

rifugi, delle stazioni tecniche, o dei by-pass gli apparecchi saranno posti ad una distanza di 2.5 m in modo da rinforzare l'illuminamento a ca. 70 lux.

Le lampade saranno alimentate da due reti, una lampada ogni due sarà collegata alla rete di soccorso (UPS) mentre le altre saranno alimentate dalla rete normale. In condizioni normali le lampade della galleria di sicurezza saranno spente e verranno accese all'occupazione di rifugi o galleria con una gestione ripartita e telecomandata.

Una segnalazione luminosa di emergenza nella galleria di sicurezza (sempre accese) sarà realizzata per mezzo di lampade a diodi posate su entrambi i paramenti a 1 m di altezza e posizionate a quinconce con interasse su ogni lato pari a 32 m.

Nei rifugi, nelle stazioni tecniche e nelle SAS l'impianto di illuminazione garantirà un illuminamento pari a 150 lux e sarà collegato alla rete di soccorso (UPS). In particolare nei rifugi sarà normalmente acceso, mentre nelle stazione tecniche sarà normalmente spenta e comandata in loco.

9.6 Impianto video

La copertura video della galleria di sicurezza sarà realizzata mediante l'installazione di video-camere allacciate all'infrastruttura rinnovata, in modo da potersi avvalere dell'elevato livello di disponibilità assicurato dal nuovo sistema.

I segnali video dei rifugi, degli imbocchi e dei by-pass saranno trasportati da un cavo in fibra ottica dedicato che sarà installato nella galleria di sicurezza.

Le installazioni di video-sorveglianza installate nell'ambito della costruzione della galleria di sicurezza dovranno assicurare la copertura video di tutti i rifugi, degli imbocchi e dei by-pass.

Il sistema dovrà permettere la segnalazione automatica su uno schermo al Posto di Controllo e Comando (PCC) delle immagini video dei rifugi occupati. Dovrà inoltre permettere agli operatori del PCC di sorvegliare l'accesso alla galleria.

L'installazione video non ha lo scopo di coprire l'integralità della galleria né quella di realizzare un rilevamento automatico degli incidenti nei rifugi o in galleria.

9.7 Impianto radio

Il nuovo sistema radio per il traforo autostradale prende già in considerazione la possibilità di un'estensione verso la galleria di sicurezza. La sua architettura permette un elevato livello di sicurezza. In effetti, il sistema radio è concepito in modo da rendere trasparente per l'utilizzatore qualsiasi anomalia di una componente del sistema.

La galleria di sicurezza avrà dunque una copertura radio assicurata da un cavo radiante installato in alto, sul lato opposto rispetto ai rifugi mediante un sistema di fissaggio in volta.

Per migliorare la qualità delle comunicazioni radio all'interno dei rifugi, delle stazioni tecniche e dei by-pass e per evitare eventuali interferenze tra i due sistemi radianti (traforo e galleria di sicurezza) è prevista l'estensione dei cavi fessurati anche in questi locali.

Il progetto definitivo prevede inoltre l'installazione di antenne ripetitrici all'interno degli edifici (lato Francia e lato Italia) per potenziare il segnale all'interno degli stessi.

9.8 Impianto di chiamata di emergenza RAU

Vista l'importanza dell'impianto e della sua sensibilità nei confronti degli utenti, il sistema da installare dovrà rispondere il più possibile a requisiti di semplicità e di affidabilità.

La semplicità sarà realizzata con la messa in opera di un'architettura tradizionale e di grande diffusione.

L'affidabilità sarà raggiunta utilizzando una rete di fibre ottiche dedicata che transita nella galleria di sicurezza.

Un sistema fisico di ritrasmissione indipendente sarà quindi messo in opera per la Rete Chiamata d'Urgenza (RAU).

9.9 Impianto rilevamento incendio

In ogni rifugio e in ogni ST sarà installata una centrale d'allarme.

Nella galleria saranno installati dei rilevatori di fumo di moderna tecnologia che permettono di rilevare fumo con due soglie di allarme, un rilevatore in corrispondenza di ogni accesso ai rifugi, alle ST ed ai by-pass, rilevatori distanziati di ca. 250 m tra i rifugi.

Ogni centrale d'allarme gestirà i rilevatori del rifugio corrispondente e il primo rilevatore di ogni parte della galleria (verso l'Italia e verso la Francia). Ogni centrale gestirà dunque tre zone in galleria (zone di stazionamento, primo rilevatore verso l'Italia, primo rilevatore verso la Francia).

Ogni centrale disporrà inoltre di una serie di contatti puliti per poter segnalare gli allarmi e i difetti alla GTC.

9.10 Porte e controllo accessi

Per le porte è prevista la seguente disposizione:

Descrizione	Tipo di porte	Dimensione (larghezza x altezza)	Protezione
Traforo - SAS	A 2 battenti	1.4 (0.9 + 0.5)x 2.0 m	HCM 120
SAS - Rifugio	A 2 battenti	1.4 (0.9 + 0.5)x 2.0 m	REI 120
Rifugi - galleria	scorrevoli	1.4 x 2.0 m	REI 120
ST	A 2 battenti	1.4 (0.9 + 0.5)x 2.0 m	REI 120 HCM 120 verso tra- foro

by-pass	Motorizzata a più bat- tenti	4.0 x 4.0 m	REI 120
---------	---------------------------------	-------------	---------

Il progetto della galleria di sicurezza prevede un sistema di controllo degli accessi. Il sistema sarà interamente nuovo e integrato nella nuova GTC della galleria, ma sarà studiato per permettere il riconoscimento dei badges attuali utilizzati dalle società SITAF e SFTRF.

Da notare inoltre che ai due portali saranno installati dei cancelli ed una sorveglianza video per impedire l'accesso indisturbato alla galleria di sicurezza.

9.11 Impianto telefonico

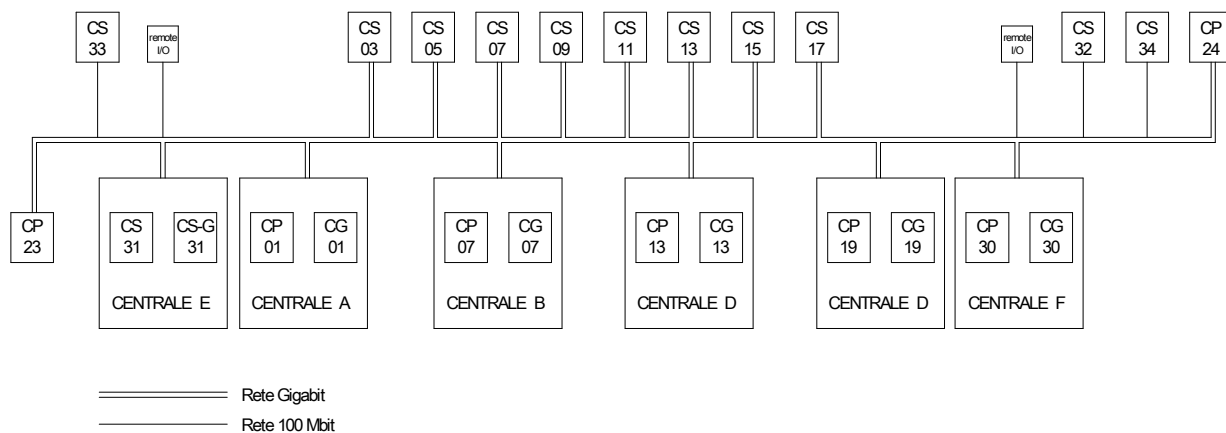
Il principio d'installazione proposto consiste nell'utilizzo della nuova rete di trasporto dei dati installati nella galleria di soccorso per la trasmissione vocale. Tenuto conto della capacità della rete informatica Gigabit, già da ora è possibile approfittare delle nuove tecnologie ed evitare l'installazione di un nuovo sistema telefonico analogico proprio.

La soluzione VoIP proposta per il sistema telefonico permetterà di evitare la condivisione di una stessa linea per svariati apparecchi. In effetti ogni apparecchio telefonico sarà, di principio, direttamente allacciato alla rete Ethernet e dunque direttamente individuabile.

9.12 Gestione tecnica centralizzata, supervisione e reti di comunicazione

La nuova Gestione Tecnica Centralizzata sarà dimensionata per i bisogni della galleria di sicurezza e del traforo.

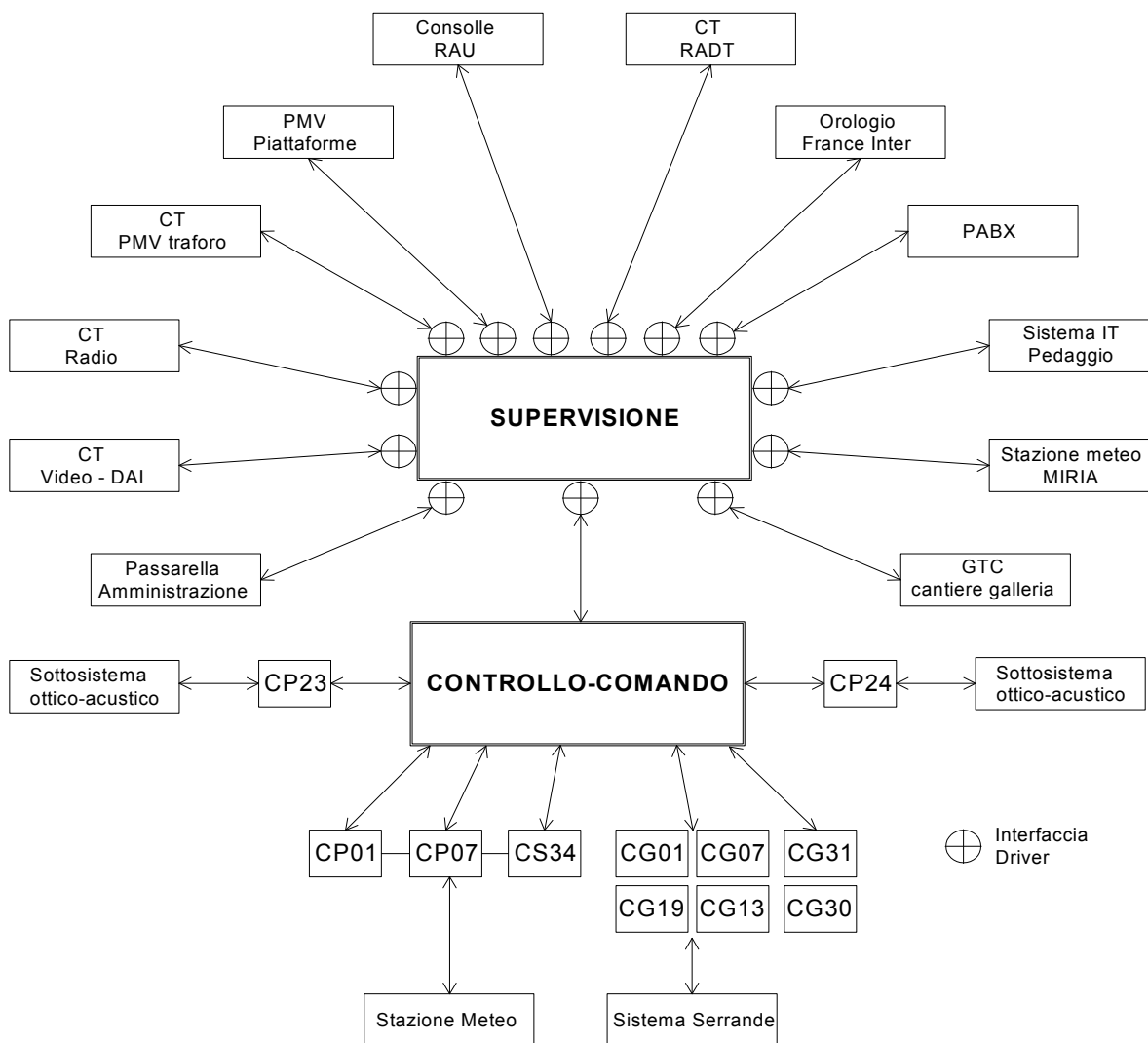
Nella figura che segue è rappresentata l'estensione della rete Gigabit e della rete 100 MBit della GTC ed i relativi concentratori collegati:



Nella figura che segue è indicata la struttura principale della nuova GTC a livello 2, Supervisione, con le maggiori funzioni:

- L'interfaccia Controllo Comandi con tutti i concentratori del livello 1 e quelli nei due PCC.
- La supervisione con tutti i sottosistemi e frontali CT collegati:

- Passerella Amministrazione, CT Video, CT Radio, CT PMV traforo, PMV piattaforma, Consolle RAU, CT RADT, Orologio France Inter, PABX, Sistema Pedaggio, Stazioni meteo, GTC cantiere galleria, Sottosistema acustico-ottico



L'architettura della GTC si compone principalmente dei seguenti elementi:

- 2 Server tempo reale ridondanti della GTC, uno in ogni PCC,
- 1 Server per i dati storici,
- 1 server per la messaggeria,
- 1 Server per lo sviluppo e la Simulazione,
- 4 posti di gestione, due nel PCCI e due nel PCCF,
- 2 Sinottici murali,

- 38 concentratori ridondanti (chiamati CS o GP) in 8 ST della galleria, 3 nei fabbricati esterni, 2 nelle centrali di ventilazione della galleria, 6 nei PHT esistenti, tutti con funzione HSB integrato,
- 12 concentratori ridondanti (CS o AG) nelle 4 centrali di ventilazione del traforo e nelle 2 centrali della galleria, tutti con funzione HSB intergrato,
- 8 passarelle ridondanti tra il bus FipWay ed il bus Ethernet nelle 4 centrali di ventilazione del traforo,
- 68 controllori locali (CL) ridondanti nei 34 rifugi, tutti con funzione HSB integrato,
- Rete di lunga distanza e reti di campo con anelli ridondanti,
- 2 Switch Gigabit principali, cooperativi per la gestione delle ridondanze nei due PCC e ports per i Server e i posti di lavoro,
- 14 Switch Gigabit, cooperativi per la gestione delle ridondanze,
- 3 Switch Gigabit, deportati nei stabili esterni sui piazzali Francia ed Italia,
- 68 Switch Ethernet 100 Mbit, cooperativi per la gestione della ridondanza
- Quadri, armadi, alimentatori, Switch, Router, Multiplexer, Modem, ecc.

L'architettura delle applicazioni della GTC si compone principalmente dei seguenti elementi:

- Sistema SCADA,
- Supervisione,
- IUM,
- Servizio Web Server
- Sistema di aiuto al regolatore, operatore per gli aspetti di comportamento,
- Gestione ridondanze,
- Sistema Messaggeria,
- Simulatore dei processi di livello 1 per il modo Simulazione,
- Gestione delle interfacce con i sottosistemi e i diversi CT,
- Parametrizzazione generale del sistema (processi, punti dato, ecc),
- Gestione a distanza dei processi distribuiti (Algoritmo di funzionamento base e regole parametrabili e distribuibili).

Per il dimensionamento deve essere prevista un'ulteriore capacità evolutiva dell'architettura fino ad un aumento del 30% degli I/O da gestire. Per il previsto tra-

sferimento di tutti gli impianti dei PHT verso le T, gli attuali I/O del traforo sono stati raddoppiati per gli impianti di nuova concezione.

Stima dei punti dati da gestire della nuova GTC:

		Traforo		Galleria	Totale
		I/O attuali	I/O nuovo	I/O nuovi	I/O
PHT / ST	20	7'000	14'000	8'000	22'000
Centrali di ventilazione	4	6'000	12'000	4'000	16'000
Piattaforme esterne	2	1'000	2'000		2'000
Totale		14'000	28'000	12'000	40'000
Totale con riserva del	30%				55'000

Il sistema della nuova GTC deve essere dimensionato complessivamente per circa 60'000 punti dati.

9.13 Segnaletica

I principi fondamentali considerati in questa fase di progetto comprendono principalmente i seguenti elementi:

- Segnalazione dei rifugi (nel traforo e nella galleria);
- L'individuazione delle Stazioni Tecniche, dei by-pass e la segnalazione della galleria;
- L'informazione degli utenti nei rifugi;
- Segnaletica orizzontale in carreggiata;
- Segnaletica stradale dei piazzali esterni.

La leggibilità dei rifugi nel traforo esistente sarà effettuata con dispositivi identici a quelli attualmente installati nel traforo con in particolare l'illuminazione permanente delle entrate, l'illuminazione dei totem nonché il sistema di luci flash.

La posizione relativa dell'utente nel traforo per rapporto ai rifugi sarà indicata in corrispondenza dei bottoni SOS (ogni 20 m).

9.14 Sonorizzazione

L'esecuzione del sistema di sonorizzazione per i rifugi è proposta mediante trasmissione VoIP che tiene conto sia della stessa proposta fatta per la rete di telefonia sia di avere a disposizione una rete dati per la GTC del tipo Gigabit con trasmissione Voce-dati.

Tale applicazione, di tipo full-simplex, permette di accettare una differenza temporale tra l'enunciato del messaggio e la sua diffusione effettiva.

Il progetto prevede inoltre l'insonorizzazione dei rifugi mediante il rivestimento fonoassorbente della parete del rifugio.

9.15 L'interfaccia tra gli impianti e il genio civile

La scelta di base per la messa a disposizione di una rete di collegamenti sicuri è stata quella di prevedere dei tracciati multi-tubolare al di sotto del piano carrabile della galleria di sicurezza.

La sezione tipo lungo la galleria di sicurezza include, sotto la carreggiata, alcune serie di tubi. In dettaglio:

- n.11 tubi diam. 120 mm per bassa tensione e correnti deboli;
- n.3 tubi diam. 150 mm per alta tensione.

Inoltre è prevista una predisposizione a servizio di una rete futura di interconnessione a 400 kV, comprendente 4 tubi diam. 250 mm + 1 tubo diam. 100 mm + 2 tubi diam. 63 mm.

Lungo il percorso, i tubi saranno interrotti da pozzetti di ispezione con dimensioni minime interne di 1.00 x 1.00 m. I pozzetti, dotati di chiusini in ghisa carrabile a tenuta stagna, saranno posizionati ad interdistanze non superiori a 50 m e, per esigenze di collegamento, a distanze più ravvicinate in corrispondenza delle stazioni tecniche e dei rifugi.

Nelle stazioni tecniche, nei rifugi e by-pass saranno predisposti dei cunicoli nel pavimento, all'interno dei quali saranno posate delle passerelle portacavi necessarie a separare i cavi secondo il relativo impiego.

10. TRASFERIMENTO DEGLI IMPIANTI DEL TRAFORO VERSO LA GALLERIA DI SICUREZZA

10.1 Esigenze di trasferimento

Le cause principali che impongono questo trasferimento possono così essere riassunte:

- età avanzata di esercizio, quadri elettrici obsoleti;
- difficoltà di reperire componenti di ricambio ormai fuori produzione;
- considerevoli attività di manutenzione richieste. Ricordiamo che queste manutenzioni necessitano il continuo accesso ai locali attraverso il traforo;
- garanzia di manutenzione per le componenti della rete PremNet 5000 fino alla fine del 2007;
- obbligo giuridico di eliminare i trasformatori ad olio entro il 2010;
- componenti di alimentazione di energia obsoleti e bisognosi di elevata manutenzione (Gruppi Elettrogeni a tempo 0);
- impossibilità ad eseguire i lavori di rinnovamento garantendo l'esercizio del traforo in considerazione all'esiguo spazio a disposizione nei PHT.

10.2 Obiettivi

I concetti e le strategie di trasferimento sono state sviluppate garantendo la massima sicurezza e continuità di esercizio del traforo, il rispetto dei planning generali, la sicurezza degli utenti ed i rischi legati alla realizzazione dei lavori della galleria di sicurezza.

Le premesse essenziali considerate sono:

- realizzare il trasferimento degli impianti ubicati nei PHT verso le nuove ST garantendo la continuità dell'esercizio del traforo. La chiusura al traffico è da escludere, mentre è prevedibile l'esercizio temporaneo a senso unico alternato;
- utilizzare al meglio le nuove stazioni tecniche della galleria di sicurezza, più ampie e meglio accessibili;
- aggiornare gli impianti sotto l'aspetto tecnologico e funzionale, per elevare lo standard qualitativo e di sicurezza delle installazioni elettriche;
- eliminare le componenti elettromeccaniche obsolete (vedi: gruppi a tempo zero);
- ottimizzare la manutenzione degli impianti in modo più razionale ed efficace;

- mettere in sicurezza i collegamenti (alimentazione elettrica, reti di comunicazione) attraverso la galleria;
- creare anelli ridondanti delle reti di comunicazione attraverso la galleria.

10.3 Trasferimento componenti elettriche

Il progetto definitivo prevede di rinnovare gli impianti mediante la sostituzione di tutte le apparecchiature elettriche con nuove installazioni in grado di migliorarne la sicurezza, la funzionalità e la gestione.

É stata valutata la possibilità di rimpiazzare gli impianti restando all'interno degli attuali PHT. Questa soluzione risulterebbe però un inefficace ripiego per mancanza di spazio, difficoltà di esecuzione, limitazioni importanti all'esercizio del traforo ed alla sicurezza degli impianti.

Pertanto la sostituzione che si propone si articola in due modalità:

- trasferimento dei PHT nelle nuove ST;
- sostituzione delle componenti elettriche all'interno dei PHT presenti nelle centrali di ventilazione.

10.4 Trasferimento componenti GTC

Tra le varie strategie possibili e approfondite nel corso degli studi in collaborazione con i responsabili delle società la viene proposta la soluzione che prevede la realizzazione anticipata della nuova GTC, che sarebbe quindi installata provvisoriamente nei PHT. Essa dovrà quindi essere sviluppata per gestire fin da subito le utenze del traforo per mezzo dei quadri BT esistenti, in modo da permettere un anticipato smantellamento della GTC attuale.

La stessa sarà dimensionata per gestire l'insieme degli impianti della galleria di sicurezza ed il traforo autostradale, che integri tutti gli I/O esistenti del traforo (circa 14'000 punti dato) e che comprende la migrazione delle applicazioni di gestione delle singole utenze dalla GTC esistente a quella nuova. Contemporaneamente si procede alla messa in servizio di nuovi Server e di una nuova Supervisione con un'IUM per l'insieme della galleria ed il traforo con le funzioni limitate inizialmente ai quadri BT esistenti del traforo.

Accertato il perfetto funzionamento della nuova GTC, quella vecchia può essere smantellata (esclusi i moduli I/O esistenti) e in un secondo tempo, terminati i la-

vorì del genio civile della galleria, si potrà procedere all'installazione dei nuovi armadi GTC ed al trasferimento dei singoli impianti.

11. CONCETTI DI GESTIONE DELLA GALLERIA DI SICUREZZA

11.1 Piano di intervento e soccorso

Gli interventi di soccorso nel traforo autostradale del Fréjus sono eseguiti e coordinati nell'ambito del Piano di Soccorso Binazionale elaborato dalle Società e dagli enti di soccorso. Vengono distinte due fasi d'intervento:

- Una fase interna, durante la quale le Società concessionarie SFTRF e SITAF applicano le procedure e le consegne di sicurezza in caso di incidente.
- Una fase esterna, nella responsabilità congiunta del Prefetto di Torino e del Prefetto della Savoia che prevede l'attivazione delle strutture esterne di soccorso.

Il piano prevede tre scenari di riferimento, a magnitudo crescente, che consentono di pianificare le azioni immediate da intraprendere, in particolare:

- Incidente coinvolgente automezzi in assenza di fumo;
- Incidente coinvolgente automezzi con presenza di fumo e/o sostanze pericolose;
- Incedente alle installazioni tecniche del traforo.

La presenza di rifugi ogni 367 m circa, che comunicano con la galleria di sicurezza parallela, favorisce l'evacuazione degli utenti in un'atmosfera priva di fumi.

La galleria di sicurezza appare dunque come una misura necessaria a ridurre la gravità di rischi legati ad incidenti di qualsiasi natura e la sua gestione sarà integrata nello studio di sicurezza del traforo del Frejus.

Il Piano di Soccorso Binazionale dovrà pertanto essere adeguato sia per la fase di cantiere che per la fase finale.

11.2 Gestione di eventi durante la fase di cantiere

Anche durante la fase di cantiere l'insieme delle operazioni legate alla gestione degli eventi sarà coordinato nell'ambito del Piano di Soccorso Binazionale che dovrà essere adeguato di conseguenza. Saranno pertanto definiti i seguenti rischi:

- Incidente nel traforo;
- Incidente nella galleria di sicurezza.

Da notare comunque che gli imprenditori, in particolare durante le fasi di esecuzione delle opere del genio civile, saranno chiamati ad integrare le squadre di soccorso con personale adeguatamente istruito che conosce perfettamente il cantiere e che sarà chiamato a guidare le squadre di soccorso nel cantiere, in maniera analoga a quanto attualmente previsto nei grandi cantieri sotterranei alpini.

11.3 Gestione di eventi nella fase di esercizio

La presenza della galleria di sicurezza permette alle squadre di soccorso una maggiore libertà nella scelta del metodo più efficace per fronteggiare i possibili eventi in galleria e soprattutto per garantire l'evacuazione sicura degli utenti presenti nei rifugi.

L'accessibilità della galleria di sicurezza per l'insieme dei mezzi di intervento delle Società Concessionarie è un presupposto importante per continuare a garantire la necessaria flessibilità nella gestione degli eventi.

11.4 Gestione della manutenzione degli impianti

L'insieme delle operazioni di manutenzione che dovranno essere svolte nella galleria di sicurezza dovranno essere coordinate in modo tale che la galleria di sicurezza risulti sempre libera da veicoli utilizzando le zone di stazionamento previste.

Per l'accesso e lo svolgimento delle varie operazioni nella galleria di sicurezza saranno allestite opportune procedure.

12. PLANNING

Il programma generale dei lavori di costruzione è visibile nei piani allegati. Da questo planning è pure possibile ricavare le date parziali di messa a disposizione dei rifugi in avanzamento.

I lavori del genio civile inizieranno contemporaneamente sulle due piattaforme con la preparazione delle aree di cantiere. L'inizio dei lavori di scavo veri e propri della galleria è previsto dopo 6 mesi.

Per la definizione del programma dei lavori sono state considerati i seguenti rendimenti:

Procedimento	Lunghezza	Sciolte/giorni	Rendimenti medi	Osservazioni
Scavo all'esplosivo	Lato I 1655 m	3 / 5	8 m/giorno	
	Lato F 1558 m	3 / 5	8 m/giorno	
Scavo TBM	Lato I 4881 m	3 / 7	15 m /giorno	Con un tasso di disponibilità TBM del 50% si ottengono punte di 23 m /giorno
	Lato F 4784 m	3 / 7	15 m /giorno	
Carreggiata	Lato I 6434 m	3 / 7	100 m / giorno	
	Lato F 6434	3 / 7	100 m / giorno	

Per la realizzazione delle opere in sotterraneo sono stati considerati i seguenti rendimenti:

- 3 mesi per camere di montaggio lato I e F
- 2 mesi per camera di smontaggio
- 2 mesi per i rifugi e per le stazioni tecniche, considerando circa 1 mese per lo scavo ed 1 mese per le rifiniture

Le fresatrici meccaniche potranno essere operative dopo 12 mesi dall'inizio dello scavo per concludere lo scavo ed essere smontate in 20 mesi. Dopo gli scavi sono

previste le opere di scavo dei tracciati cavi delle infrastrutture e la posa della pavimentazione definitiva della galleria di sicurezza per una durata di circa 5 mesi.

I lavori di montaggio degli impianti elettromeccanici nella galleria di sicurezza, nei rifugi e nelle stazioni tecniche dureranno circa 15 mesi.

Per la fase di messa in servizio, integrazioni e coordinamento degli impianti tra Galleria e Traforo e per le prove globali di funzionamento sono stati previsti 5 mesi.

I programmi di realizzazione delle opere ai portali sono stati subordinati al programma di realizzazione della galleria.

La messa in servizio della nuova Galleria di Sicurezza è prevista nel 2013 considerando l'inizio dei lavori nel 2008.

13. STIMA DEI COSTI

Si riporta la stima globale dei costi divise per le varie macrovoci. Per l'esplicitazione di queste si rinvia al documento **6145.2-R-06A**.

No.	Prestazioni	Costo [€]
1	Opere del genio civile	198'584'371.-
2	Impianti	49'782'608.13
3	Discariche, opere ambientali e paesaggistiche	25'000'000.-
4	Opere al portale lato Italia	12'142'990.-
5	Opere al portale lato Francia	3'050'000.-
6	Opere di mitigazione lato Italia	1'928'662.-
7	Opere di compensazione lato Italia	5'378'000.-
8	Costi per il monitoraggio ambientale lato Italia	850'000.-
	Totale parziale costi di costruzione	296'716'631.-
9	Oneri per la sicurezza 4 %	11'800'000.-
10	Topografia, Sondaggi, Prove	2'000'000.-
11	Acquisizione aree immobili	1'000'000.-
12	Imprevisti 5 %	15'000'000.-
13	Accantonamento	7'500'000.-
14	Spese tecniche di progettazione, direzione lavori 10 %	29'500'000.00
15	Spese diverse (Pubblicità, Commissioni, collaudi, prove) 2 %	5'900'000.00
	TOTALE COSTI DI COSTRUZIONE	369'416'631.--
	TOTALE COSTI SITAF	184'708'315.50
	TOTALE COSTI SFTRF	184'708'315.50

14. CONCLUSIONI

Le misure di sicurezza messe in atto durante gli ultimi anni nel traforo del Fréjus hanno permesso di raggiungere un livello che non risponde però, in modo completo, alle recenti evoluzioni della tecnica e delle diverse direttive in materia con in particolare la direttiva CE 2004/54.

Per quanto concerne la sicurezza globale degli utenti, è necessario produrre uno sforzo supplementare sia per dare la possibilità dell'auto-salvataggio agli utenti nei minuti immediatamente seguenti ad un evento, sia per la sicurezza dei rifugi, delle vie di fuga e degli impianti. Lo scavo della galleria di sicurezza parallela permette di raggiungere tali obiettivi, rispettando i vincoli di realizzazione dei lavori con il traforo in esercizio.

La soluzione con diametro della galleria di sicurezza di 8.00 m permette l'accesso ai veicoli di soccorso attuali (Titan e navetta Orthros delle società concessionarie e dei veicoli di soccorso pubblici francesi e italiani). Un numero sufficiente di bypass e una gestione della ventilazione senza le SAS ai portali permette di definire delle strategie d'intervento efficaci e flessibili per far capo a varie situazioni di rischio.

I tempi di realizzazione e i costi della galleria di sicurezza con diametro pari a 8.0 m sono stimati a 369 mio di euro ed i tempi realizzativi in 6 anni.

La probabilità di incendi dei veicoli pesanti nei grandi trafori stradali con circolazione bidirezionale è in aumento negli ultimi anni. L'analisi tecnica dei recenti casi impone di considerare globalmente i punti chiave della sicurezza. In effetti, un solo elemento non è mai determinante per il successo nelle operazioni di soccorso. In quest'ottica, è quindi auspicabile la realizzazione di una galleria di sicurezza con un diametro di 8.0 m, per raggiungere un livello di sicurezza globalmente ottimale e permettere ai servizi di soccorso di scegliere le migliori strategie d'intervento nell'interesse degli utenti.

1. GENERALITÉS

Le présent document présente le contenu du projet de la nouvelle Galerie de Sécurité parallèle au Tunnel Routier du Fréjus qui relie la région italienne du Piémont avec le département français de la Savoie.

Le présent projet constitue la mise à jour du projet définitif de la galerie de sécurité. Le projet de base, élaboré en 2005 et donc avant l'incendie du 5 juin 2005, qui a provoqué le décès de deux personnes dans le tunnel, a été réévalué quant aux aspects de sécurité par le Comité de Sécurité, tenant compte de la lettre des Ministres concernant la proposition « d'un diamètre adéquat de la galerie de sécurité afin de permettre en toute hypothèse la circulation des véhicules de secours en toute sécurité et commodité ».

La lettre des Ministres a en plus mis l'accent sur un aspect qui est déterminant pour la réussite des opérations de secours : la circulation dans la galerie de sécurité des véhicules de secours en toute sécurité et commodité. Le projet de galerie de sécurité finalisé en 2005, qui prévoit un diamètre intérieur de 5.50 m et uniquement l'accès pour les ambulances, ne permet pas de répondre à ce dernier point. La discussion au sein du groupe de travail a permis d'envisager une solution avec un diamètre de 8.00 m, qui permet l'accès aux véhicules de secours actuels (Titan et navette Orthros des sociétés concessionnaires et véhicules des services de secours publics français et italiens). Un nombre suffisant de by-pass et une gestion de ventilation sans les SAS aux têtes permettent d'établir des stratégies d'intervention efficaces et flexibles pour faire face à plusieurs situations de risque.

La probabilité d'occurrence des incendies de poids lourds dans les grands tunnels avec circulation bidirectionnelle est en augmentation ces dernières années. L'analyse technique des cas récents nous impose de prendre en compte globalement les points clés de sécurité décrits dans ce rapport. En effet, un seul point n'est jamais déterminant pour le succès des opérations de secours. De ce point de vue, il est souhaitable de réaliser la galerie de sécurité avec un diamètre de 8.00 m pour atteindre un niveau de sécurité globalement optimal et permettre aux services de secours de choisir les meilleures stratégies d'intervention. Avec la réali-

sation de la galerie de sécurité on obtiendra l'ensemble des requis de la nouvelle directive européenne sur la sécurité dans les tunnels routiers CE 2004/54.

Les éléments principaux non compris dans le projet définitif de 2005, mais pris en compte dans le projet définitif présent, sont les suivants:

- Adaptation du diamètre de la galerie de sécurité de 5.50 à 8.00 m.
- Adaptation du système de ventilation: les SAS aux portails pour la mise en surpression de la galerie sont substitués par une série d'accélérateurs en voûte le long de la galerie. En outre des centrales d'extraction massive sont prévues près des usines B & C.
- Réalisation de 5 by-pass pour le passage des véhicules de secours de la galerie au tunnel.

L'ensemble des autres aspects du projet définitif de 2005 n'a pas été modifié, en particulier:

- Les ouvrages externes aux portails.
- Les installations, à part la ventilation, maintiennent le standard prévu dans le projet définitif 2005. Elles sont seulement adaptées pour répondre aux modifications du génie civil.
- Le concept du basculement des installations actuelles des locaux techniques du tunnel (PHT) aux nouvelles stations techniques de la galerie de sécurité.
- La modification de la GTC selon les exigences de coordination entre les systèmes de ventilation du tunnel et de la galerie de sécurité.

Les particularités du projet et en particulier le fait de réaliser un ouvrage à côté d'une installation existante en exploitation et son intégration à fur et mesure que les travaux avancent (avec la mise à disposition des abris) ont imposé un degré d'attention particulier aussi pour la planification détaillée des interventions que des délais de réalisation et d'intégration. Nous soulignons que la GTC du tunnel assurera la gestion des abris en avancement. Le but de garantir le fonctionnement de la galerie de sécurité parfaitement intégré avec celui du tunnel permettra une augmentation des niveaux de sécurité déjà pendant les travaux de construction.

Les caractéristiques de la galerie de sécurité parallèle au tunnel du Fréjus peuvent être ainsi rappelées :

- Longueur : 12'878 m à une distance moyenne de 50 m du tunnel;
- Diamètre interne : 8.00 m;
- Pente uniforme : 0,54 % (France - Italie);
- Gabarit de passage : 6.60 x 4.00 m;
- Abris : 34 avec interdistance moyenne de 367 m et surface utile pour les usagers de 110 m² ;
- Stations techniques : 10 avec inter distance moyenne de 1430 m ;
- By-Pass : 5 avec inter distance moyenne de 2145 m qui sont indépendants des abris et ST
- Ventilation : longitudinale avec accélérateurs en voûte et usines au droit des usines B et C pour garantir une extraction massive en cas d'évènement;
- Nouveaux bâtiments aux têtes pour garantir les secours et les besoins d'exploitation;
- La gestion de la galerie de sécurité sera intégrée à la gestion du tunnel dans les salles de commande existantes.

Les travaux de réalisation seront exécutés à partir des deux têtes par excavation en traditionnel à l'explosif sur une longueur dépendant des délais de mise à disposition des tunneliers, égale à 1600 m environ, ce délai de mise à disposition étant estimé à 9÷12 mois depuis le début des travaux.

L'excavation se poursuivra des deux côtés avec deux tunneliers à double bouclier. Les études ont aussi permis de confirmer la possibilité d'exécuter les abris et la connexion au Tunnel en suivant le front d'avancement. Grâce à une ventilation de chantier spécifique et une dotation minimale au niveau des installations, les abris pourront être mis à disposition des services de secours pour améliorer les niveaux de sécurité du tunnel et du chantier.

Au niveau des autres équipements de sécurité, l'uniformité et la modularité dans le choix des appareils garantiront la facilité de maintenance nécessaire.

Pour augmenter les niveaux de sécurité du Tunnel nous nous sommes fixé l'objectif de permettre l'exécution de presque toutes les interventions de maintenance des

installations à partir de la Galerie de Sécurité sans interférer sur les usagers du Tunnel et sur la gestion de ce dernier.

Les ouvrages extérieurs seront projetés et exécutés dans le respect des Lois et des Réglementations structurelles et environnementales en vigueur dans les deux pays.

Le dossier projet est séparé pour le génie civil et pour chaque équipement individuellement.

Dans la suite de ce document nous décrivons l'ensemble des prestations prévues pour la réalisation de la Galerie de Sécurité, tout en en résumant les aspects essentiels et nous détaillons les phases opérationnelles pour l'intégration dans la gestion du Tunnel.

2. DOCUMENTS ET BASES DE RÉFÉRENCE

2.1 Dossier d'étude préliminaire

Les sociétés concessionnaires ont subdivisé les phases de projet de la galerie de sécurité de la manière suivante :

No.	Dénomination I	Sigle	Dénomination F	Sigle	Statut
1	Studio di fattibilità	SF	Etude faisabilité	EF	Approuvé
2	Progetto preliminare	PP	Etude préliminaire	EP	Approuvé
3	Prima fase del progetto definitivo	PD	Avant Projet	AVP	Approuvé
	Progetto definitivo	PD	Projet	PRO	Fin 2004 Adaptation CS en 2005
3.1	Ottimizzazione del diametro su richiesta dei Ministri	-	Optimisation du diamètre sur demande des Ministres	-	Fevrier 2006
3.2	Adeguamento, "progetto definitivo 2006"		Mise à jour, « Projet 2006 »		Novembre 2006
4	Progetto esecutivo	PE	Projet d'exécution	PE	2007

Le présent document décrit le projet 2006 qui tiens en considération les observations du Comité de Sécurité issues de la lettre des Ministres.

La base du projet de la Galerie de Sécurité est constituée par les documents suivants :

- documents de réalisation de l'actuel Tunnel, côtés français et italien;
- l'étude préliminaire de la galerie de sécurité élaborée par la Société MUSI.NET S.p.A. en septembre 2002;
- l'Avant Projet de la galerie de sécurité élaboré par la Société Lombardi SA Ingénieurs Conseils;
- l'étude des concepts et stratégies pour le basculement des PHT dans les stations techniques de la galerie de sécurité, élaborés par la Société Lombardi SA Ingénieurs Conseils.
- Projet de la galerie de sécurité de Lombardi SA Ingénieurs Conseils.

- Réponses aux demandes du Comité de sécurité du juin 2005 en ce qui concerne le génie civil, les équipements et les ouvrages extérieurs.
- Optimisation du diamètre de la galerie pour garantir l'accès aux véhicules de secours en toute commodité, établi par Lombardi SA Ingénieurs Conseils en février 2006.

Nous renvoyons au document gs96RG01 de l'étude préliminaire "Relation explicative" pour une description de la situation actuelle du tunnel autoroutier.

2.2 Décisions de la Commission Intergouvernementale (CIG) et du Comité de Sécurité (CS)

Approbation des études de faisabilité : CS, Rome 10.11 octobre 2001
CIG, Paris 7 décembre 2001

Avis favorable sur l'étude préliminaire : CS, Modane 22.23 octobre 2002

Information sur l'avant projet : CS, Modane 17 novembre 2004

Projet 2005: CS, Rome 8 juin 2005

Le comité a considéré le projet digne d'approbation en tenant compte des remarques issues des réunions avec les experts.

Optimisation du diamètre: CS, Paris 1 mars 2006
CS, Rome 13 mars 2006

Le diamètre utile de 8.00 m, est considéré par le Comité de Sécurité apte à répondre aux demandes des Ministres.

2.3 Lois et textes réglementaires

En plus de la Directive Européenne 2004/54/EC du 29.04.04, publiée le 5.06.04 ,nous avons pris en considération les Lois et Réglementations suivantes:

2.3.1 Côté France

- Circulaire interministérielle n. 2000/63 du 25.08.2000 relative à la sécurité dans les tunnels du réseau routier national pour les abris et la galerie de sécurité.
- Loi n°85-704 du 12 juillet 1985 relative à la maîtrise d'ouvrage publique et à ses rapports avec la maîtrise d'œuvre privée (Loi MOP)
- Décret n°93-1268 du 29 novembre 1993 relatif aux missions de maîtrise d'œuvre confiées par des maîtres d'ouvrage publics à des prestataires de droit privé
- Arrêté du 21 décembre 1993 précisant les modalités techniques d'exécution des éléments de mission de maîtrise d'œuvre confiés par des maîtres d'ouvrage publics à des prestataires de droit privé
- Circulaire n° 87-88 et directive du 27 octobre 1987 relatives aux modalités d'établissement et d'instruction des dossiers techniques concernant la construction et l'aménagement des autoroutes concédées
- Circulaire du 23 août 1990 relative aux modalités d'établissement et d'instruction des dossiers techniques d'ouvrages d'art non courants sur les autoroutes concédées, complétant et modifiant la circulaire du 27 octobre 1987 relative aux modalités d'établissement et d'instruction des dossiers techniques concernant la construction et l'aménagement des autoroutes concédées

2.3.2 Côté Italie

- Legge 11 febbraio 1994, n. 109 (1): Legge quadro in materia di lavori pubblici e d.lgs 12.04.06 n. 163 (codice dei contratti pubblici) in attuazione delle direttive CEE 2004/17 e 2004/18.
- D.P.R. 21 dicembre 1999, n. 554: Regolamento attuativo delle legge 109/94
- Circolare ANAS 8.09.1999: Direttive per la sicurezza della circolazione nelle gallerie stradali

- D.M. 5 giugno 2001 (G.U. n.217 del 18.9.01). Sicurezza nelle gallerie stradali
- D.M. 6 dicembre 1999, n. 7938. (G.U. n.57 del 9.3.2000). Sicurezza della circolazione nelle gallerie stradali con particolare riferimento ai veicoli che trasportano materiali pericolosi

2.4 Dérogations

En considérant le caractère réglementé et contrôlé de l'accès à la Galerie de Sécurité, sur la base de la législation et des réglementations décrites, il n'est demandé aucune dérogation.

2.5 Procédures

En parallèle au présent projet de réalisation de la galerie de sécurité, les sociétés concessionnaires ont entrepris les démarches nécessaires à l'approbation par les autorités compétentes. Les procédures sont propres à chaque concessionnaire; certaines sont en cours tandis que d'autres ne seront entamées qu'après l'approbation du Projet.

3. LA GALERIE DE SÉCURITÉ

3.1 Données générales

Le tracé de l'axe de la galerie de sécurité suit le tracé de l'axe en plan du Tunnel Routier du Fréjus duquel il est éloigné d'environ 50 m sur le côté est (sens de marche Italie - France). Le niveau de la chaussée est à -50 cm en moyenne sous le niveau de la chaussée du Tunnel Routier, à l'exception des zones des têtes.

Le projet de la galerie de sécurité de juin 2005 prévoyait un diamètre de la galerie de sécurité de 5.50 m. Ce gabarit de 4.50 m x 3.00 m permettait en particulier le croisement des ambulances, avec un véhicule arrêté, rétroviseurs repliés, et l'autre en vitesse de marche au pas.

Suivant un échange intense au sein du groupe de travail et en admettant en conséquence le croisement des véhicules de secours à une vitesse de 40 km/h avec des marges de sécurité minimales, un diamètre intérieur de la galerie de sécurité de 8.00 m semble être le mieux adapté. Pour considérer les tolérances en phase d'exécution, le diamètre théorique des voussoirs sera de 8.00 m.

Ce diamètre permet d'intégrer un gabarit de 6.60 m x 4.00 m. Ce gabarit n'est pas un gabarit autorisé dans les normes pour la circulation routière.

En prenant en compte aussi des aspects géotechniques, la galerie de sécurité serait alors réalisée avec un entre-axe tunnel-galerie d'environ 50 m.

Ce système proposé ne comprend plus les deux SAS aux têtes afin de garantir un accès rapide des moyens d'intervention dans la galerie de sécurité et la possibilité de faire pénétrer simultanément, plusieurs véhicules de secours.

En ce qui concerne la possibilité pour les usagers de se mettre à l'abri dans les minutes qui suivent l'événement la fonction d'abri ne peut pas être mélangée avec d'autres fonctions techniques ou de by-pass.

Tenant compte des normes actuellement en vigueur en Europe, l'interdistance moyenne de 367 m, prévue dans le projet de 2005, est suffisante et optimale aussi par rapport aux interférences avec les structures existantes et à la géologie du massif.

Dans le cas du diamètre de 5.50 m, l'abri avait une surface de 54 m². Dans le cas du diamètre de 8.00 m, suite à l'augmentation de l'entre-axe tunnel - galerie, l'abri aura une surface de 110 m².

Contrairement au système de ventilation originalement proposé pour la galerie de sécurité, la solution envisagée maintenant avec un diamètre de la galerie porté à 8.00 m ne comprend plus les SAS et les ventilateurs de pressurisation aux têtes, mais emploie des accélérateurs placés en voûte de la galerie pour la maîtrise aérouliquique permettant ainsi l'accès rapide et sans perturbations des forces de secours.

Le nouveau système ne permet pas une pressurisation du même niveau de la galerie de sécurité notamment en cas de fortes différences de pression barométriques entre les deux têtes, qui peuvent atteindre des valeurs de l'ordre de 500 Pa. Par contre, la sécurité des usagers est de toute façon toujours garantie d'une manière efficace par la mise en surpression (80 Pa) des rameaux de liaison, stations techniques et by-pass par rapport au tunnel routier en concordance avec les normes en vigueur. A cet effet, les abris sont dotés d'une ventilation indépendante. Les accélérateurs permettent de contrôler la vitesse longitudinale de l'air dans la galerie et y rendent également possible une pressurisation suffisante afin d'éviter toute pénétration de la fumée par les têtes ou par des portes ouvertes.

Afin de maîtriser aussi le scénario d'un incendie dans la galerie de sécurité elle-même de manière à éviter un enfumage quasi incontrôlé de celle-ci, le groupe de travail propose en outre de prévoir la possibilité d'une extraction massive de la fumée au niveau des deux usines souterraines du tunnel routier. A cet effet, des connexions aérouliquiques entre la galerie et les deux usines sont requises.

La section garantit un gabarit de passage de 6.60 x 4.00 m.

Dans la zone creusée au tunnelier, le revêtement sera réalisé par des voussoirs préfabriqués en béton armé mis en place à l'avancement directement sous la protection du deuxième bouclier du tunnelier.

Grâce à l'augmentation du diamètre des améliorations ultérieures ont été possible, en particulier le projet 2006 prévoit la séparation des eaux, les eaux de drai-

nage seront séparées des eaux de chaussée. Les eaux usées des stations techniques et des abris seront envoyées dans la conduite des eaux usées.

L'augmentation du diamètre permet l'accès à la galerie des installations standard pour la formation de la chaussée qui sera donc en enrobé bitumineux. Le projet 2006 prévoit l'enrobé bitumineux avec des cunettes sur les deux côtés pour collecter l'eau provenant de la chaussée et la canaliser dans la conduite $\varnothing 315$ mm prévu au fond de la contrevoûte et dimensionné pour un débit maximum de 160l/s, avec les eaux des abris et ST et de la lutte contre l'incendie. La conduite des eaux de drainage $\varnothing 400$ mm pour un débit de 20 l/s sera raccordé tous les 32 m aux drains.

L'étanchéité de la galerie sera garantie par les joints des voussoirs préfabriqués. Dans le tronçon à creuser à l'explosif et dans les abris et ST, l'étanchéité est prévue par feuilles en PVC. Une conduite au pied de chaque piédroit sert à ramener les eaux drainées dans la conduite principale.

3.2 Travaux de génie civil

3.2.1 Géologie

Le tunnel du Fréjus traverse, du Nord au Sud la série du Trias (cargneules, gypses, anhydrides, dolomie, quartzites et schistes verts), puis une série de calcschistes (schistes lustrés) qui constituent l'ossature rocheuse sur le versant italien. Entre les deux formations, on relève la "série d'écailles" constituée de matériaux des séries Triasiques et de calcschistes.

L'ensemble des données relatives à la géologie rencontrée pendant l'excavation du tunnel autoroutier étant disponible, une analyse détaillée des différentes phases d'excavation (en traditionnel ou au tunnelier) a pu être menée.

Le comportement des calcschistes pendant l'excavation du tunnel autoroutier a mis en évidence une tendance marquée des couches à se décoller. Cela a donné lieu à de fréquents fontis au rein ouest sur les deux chantiers I et F.

La longueur de boulon par mètre de galerie augmente régulièrement selon l'augmentation de la couverture, atteignant 120-150 m/m' (m de forage par m de tunnel) avec une longueur moyenne comprise entre 4,5 et 5 m.

3.2.2 *Cadre géologique - géotechnique*

Pour le dimensionnement géotechnique des ouvrages, nous avons procédé à l'évaluation de la stabilité globale de la cavité et au dimensionnement des épaisseurs de revêtement par la méthode des lignes de convergence-confinement.

Nous avons aussi vérifié les risques géologiques en définissant les causes et les remèdes. Ont été considérés en particulier :

- Les relâchements gravitaires des matériaux ;
- Des déformations anormales des sections (états des contraintes fortement dissymétriques) ;
- Une roche gonflante avec procédures en cas de blocage du tunnelier;
- L'instabilité localisée du front de taille.

Les calculs montrent qu'une épaisseur du revêtement en béton de 30 cm est suffisante pour les charges de projet sur l'anneau.

3.2.3 *Méthodes d'excavation utilisées*

Aux deux têtes, nous prévoyons l'excavation avec la méthode traditionnelle à l'explosif. Ces tronçons auront une longueur de 1600 m environ, dépendant du délai de fourniture des tunneliers (estimé à 9 mois après le début de l'excavation).

Pour le premier tronçon, 5 classes de soutènement ont été prévues sur la base des informations géotechniques déduites des journaux de chantier relatifs à la construction du Tunnel Routier.

Le montage des tunneliers sera prévu avec des modalités diverses : en chambre souterraine (côté France) et éventuellement à l'extérieur (côté Italie). La chambre d'assemblage aura une longueur de 40 m, une hauteur de 13.10 m et une largeur de 14.10 m.

Nous prévoyons, de chaque côté, des tunneliers à double bouclier qui permettent la mise en œuvre des voussoirs simultanément à l'avancement. D'après la géologie, nous estimons l'avancement à 15 m/j.

La zone de démontage du tunnelier sera située à proximité du Km 6,5 en correspondance du laboratoire souterrain LSM. Elle aura une dimension approximative de 10.5 x 11.5 x 20 m.

Immédiatement derrière le tunnelier, nous prévoyons la pose des tuyaux d'évacuation des eaux, la construction de regards d'inspection tous les 100 m environ, la pose de siphons de diamètre 100 mm pour récupérer l'eau des cunettes et le remplissage et compactage avec les déblais d'excavation. Ensuite, la surface sera disponible pour la pose des rails de chantier et l'exécution des rameaux de communication et des stations techniques.

La chaussée définitive sera exécutée lorsque les travaux d'excavation seront terminés et le tunnelier démonté. Cette opération se déroulera selon la procédure suivante :

- Excavation des multitubulaires pour les câbles électriques et raccordements aux abris et aux stations techniques. Cette solution permet d'atteindre l'objectif d'enterrer presque la totalité des réseaux nécessaires ;
- Rehausse des regards d'inspection de la conduite d'évacuation des eaux ;
- Exécution de la chaussée en enrobé bitumineux.

Il faut aussi noter qu'avec l'optimisation du diamètre de la galerie de sécurité, il est possible d'adapter les chemins de câbles et d'installer éventuellement une liaison d'interconnexion 400 kV entre la France et l'Italie, dans la galerie de sécurité.

3.3 Équipements de la galerie de sécurité

Les notes techniques relatives aux installations décrivent en détail les équipements prévus pour la galerie de sécurité. Dans la conception de la galerie de sécurité, nous avons voulu faire de sorte que seules les installations de sécurité telles que le réseau incendie, l'éclairage, le câble rayonnant et la signalisation soient accessibles depuis la chaussée. Ceci garantit qu'il ne pourra y avoir ni manipulations erronées, ni chocs de véhicules le long de la galerie de sécurité.

Les câbles sont en sécurité dans les fourreaux enterrés, la conduite incendie est située en dehors du gabarit de passage. Tous les appareils de gestion et de régulation des installations sont prévus dans les stations techniques ou dans les abris.

4. ABRIS

4.1 Données générales

La galerie de sécurité est reliée au tunnel au moyen de 34 rameaux de communication répartis le long de tout le tunnel, à une inter distance moyenne de l'ordre de 367 m.

Nous avons prévu un seul type d'abri, tous les 34 abris seront du même type.

En partant du tunnel autoroutier, la disposition des rameaux de communication prévoit :

- Un sas de 2.6 x 5.95 m avec une surface de 15 m² qui relie chaque abri au tunnel ;
- Un abri de 4.8 x 28.2 avec une surface totale de 164 m² et une surface utile pour les usagers de 110 m²;
- Une zone de stationnement et de retournement de dimensions 4.8 x 5.3 m qui relie les abris avec la galerie de sécurité et qui sera utilisée pour faire demi-tour ou pour le stationnement en cas de travaux de maintenance dans les abris.

Les parements et la voûte seront exécutés en béton en partie coulé en place et en partie en béton projeté. Le plancher sera en béton. Les abris seront rendus étanches au moyen de feuilles en PVC. Les drainages des piédroits seront reliés à une conduite secondaire qui introduit les eaux dans le tuyau d'évacuation de la galerie de sécurité.

Dans le sens longitudinal, le plancher du rameau de communication aura une pente double avec son sommet au niveau du mur entre sas et abri et avec des pentes de 1,0 % dans le sas vers le tunnel et 1,0 % dans l'abri vers la galerie de sécurité.

4.2 Travaux de génie civil

L'excavation des rameaux de communication, des ST et des by-pass se fera en même temps que l'avancement du tunnelier. Nous prévoyons d'exécuter les rameaux de communication à une distance maximal d'environ 500 m du front, avec creusement à l'explosif.

Le passage des trains dans la zone des chantiers des abris et ST, au contraire de ce qu'on avait prévu pour le diamètre 5.50 m, ne sera pas protégé par un blindage qui garantira l'accès au front en cas de problème pendant le creusement des abris. L'abattage du diaphragme de séparation avec les structures existantes se fera de la manière suivante:

- excavation à l'explosif jusqu'à environ 7 m du tunnel existant;
- pose des protections dans le tunnel avec un dégagement d'environ 20 m du parement actuel;
- exécution de 4 perforations latérales pour délimiter la superficie à creuser;
- découpe au fil de diamant des 4 côtés pour éviter les vibrations sur la structure existante du tunnel;
- Excavation de la roche au marteau-piqueur à l'intérieur du gabarit délimité;
- réalisation du gabarit interne en béton armé coulé en place.

Il faut noter que la réalisation des structures en béton (voûtes, parois, planchers) internes aux rameaux de communication ainsi que la pose des portes précéderont l'enlèvement des protections.

4.3 Équipements des abris

4.3.1 Phase de chantier

Pendant la phase de chantier, l'abri sera ventilé par une conduite d'air comprimé séparée qui garantira le renouvellement d'air dans l'abri.

Des téléphones de chantier seront installés dans les abris, gérés par l'entrepreneur et reliés à la salle de commande du chantier.

L'éclairage des abris se fera par le câble d'alimentation du chantier. Les abris seront constamment éclairés.

L'accès direct et non contrôlé de l'abri au chantier sera interdit.

4.3.2 Phase finale

Les notes techniques relatives aux installations décrivent en détail les équipements prévus dans les abris. Nous rapportons dans la suite uniquement les points principaux.

La ventilation mécanisée garantira une surpression de 80 Pa dans l'abri et 40 Pa dans le sas. Deux ventilateurs seront installés à l'extérieur de l'abri (côté galerie de sécurité) pour gérer la surpression. Le projet prévoit l'expulsion de l'air vicié dans la voie de circulation du tunnel.

Compte tenu du fait que la galerie de sécurité devra avoir une surpression de 500 Pa, les portes seront disposées de la façon suivante dans les 34 abris:

Description	Type de porte	Dimensions (largeur x hauteur)	Protection
Tunnel - Sas	A 2 battants	1.4 (0.9 + 0.5)x 2.0 m	HCM 120
Sas - Abri	A 2 battants	1.4 (0.9 + 0.5)x 2.0 m	REI 120
Abri - galerie	coulissante	1.4 x 2.0 m	REI 120

Comme solution alternative aux portes traditionnelles avec battants, nous nous permettons de re-mentionner la solution avec portes coulissantes. Cette solution, approuvée par le Comité de Sécurité en juin 2005 constitue à ce jour le choix des maîtres d'ouvrages pour applications similaires à celle en objet. On peut citer en particulier l'utilisation de ces portes dans les nouvelles lignes ferroviaires sous les Alpes du Lötschberg, ainsi que dans des nombreux tunnels routiers. Certains maîtres d'ouvrages demandent aussi la motorisation des portes coulissantes qui n'est pas prévu ici.

Cette tendance sort aussi de l'expérience positive dans le tunnel routier du St. Gothard où les prestations des portes coulissantes ont été confirmées.

Ces portes, ne nécessitent d'aucun système pour équilibrer la pression de l'air, et sont fiables aussi avec importante différence de pression comme dans le cas du Fréjus, en permettant une ouverture de porte simple sans aucun risque pour la personne qui les utilise.

4.4 Information et accueil des usagers dans les abris

Des ambiances accueillantes et tranquillisantes seront créées pour accueillir les usagers dans les abris.

Les concepts pour l'information des usagers et les règles de comportement seront du même type que ceux actuellement installés dans les abris.

Nous prévoyons de revêtir les parois des abris avec un matériau d'isolation acoustique pour garantir une bonne qualité des communications entre les usagers et le personnel de secours ou de la salle de commande.

4.5 Architecture et visibilité des abris

En ce qui concerne la visibilité des abris dans le tunnel, il est prévu d'utiliser la même signalétique que celle utilisée actuellement dans le tunnel du Fréjus.

Dans la galerie de sécurité, il est prévu d'installer des panneaux de position (avec une indication des distances des têtes) et de signaler le numéro d'abris (ou le numéro de la station technique correspondante).

5. STATIONS TECHNIQUES ET LES USINES DE VENTILATION DE LA GALERIE

5.1 Données générales

Le long de la galerie de sécurité, 22 stations techniques seront réalisées (inter distance moyenne de 1430 m, 2x3 externes aux têtes et 2x8 internes) pour garantir l'approvisionnement énergétique du Tunnel et de la Galerie de Sécurité ainsi que pour la gestion de tous les équipements du tunnel et de la galerie de sécurité. Les ST intérieures, prévues en 2005 par élargissement de la section courante de la galerie de sécurité, en considération de l'entre-axe galerie tunnel à 50 m, seront réalisées transversalement en axe des PHT existants. Ces locaux techniques seront réalisés sur deux niveaux. Cette solution a été choisie pour nombreux tunnel ainsi que dans les usines existantes B et C.

Les typologies de stations techniques suivantes ont été définies :

- 6 doubles stations techniques en correspondance et reliées aux PHT existants du tunnel ;
- 2 doubles stations techniques en correspondance des centrales de ventilation internes et reliées au tunnel au moyen d'une liaison. Dans ces stations techniques seront installés les usines de ventilation qui permettront l'extraction massive. Une liaison permettra de lier les nouvelles usines avec les puits existants des usines B et C;
- 3 stations techniques en correspondance des têtes placées dans les bâtiments des usines de ventilation de la galerie de sécurité.

La disposition des stations techniques en correspondance des PHT prévoit :

- Exécution dans l'axe des PHT actuels ;
- Disposition symétrique des deux ST attribuées à chaque PHT existant;
- Un local HT de dimensions de 6.7 x 3,2 m ;
- Un local BT pour les besoins de la galerie et du tunnel avec des dimensions de 13.3 x 4.1 m ;
- Un local pour la ventilation et la climatisation des locaux techniques et pour la pose des vannes de sectionnement du réseau incendie avec des dimensions de 4.0 x 3,0 m ;
- Une surface avec possibilité de stationnement ou de demi-tour, de dimensions 8.8 x 5.0 m, qui relie la galerie de sécurité aux PHT existants ;

- Dans les ST au droit des usines B et C, seront positionnées les nouvelles usines E et F. Dans ces cavernes au rez-de-chaussée il y aura la place pour le montage des ventilateurs installés au premier étage.

Les parements et la voûte seront exécutés en béton en partie coulé en place et en partie en béton projeté.

Le plancher sera en béton et aura la même pente que la galerie de sécurité ; par contre les armoires seront posées à niveau sur des appuis appropriés.

À l'intérieur des locaux techniques, dans le plancher, des caniveaux techniques seront réalisés sous les armoires pour le passage des câbles. Ces caniveaux seront aussi reliés aux chemins de câbles le long de la galerie de sécurité.

Les stations techniques seront pourvues d'une étanchéité. Les drainages aux piédroits seront reliés à une conduite secondaire qui conduit les eaux de drainage dans la conduite de la galerie de sécurité.

En général, les portes des stations techniques seront du type à 2 battants (0.5 et 0.9 m) de dimensions 1.4 x 2.0 m avec protection REI 120.

Il faut noter que de toute façon, la porte qui sépare les ST du tunnel en correspondance des usines de ventilations internes sera du type HCM 120.

5.2 Travaux de génie civil

En principe, les excavations d'élargissement de la galerie de sécurité seront exécutées par les équipes qui réaliseront les abris, en adoptant les méthodes d'exécution décrites au point 4.2.

6. LES BY-PASS

6.1 Données générales

Le projet de galerie de sécurité de 2005 prévoyait deux by-pass carrossables au niveau des usines souterraines B et C. Pour répondre à la demande des services de secours de disposer d'une structure qui garantit la flexibilité dans le choix des scénarii d'intervention et la sécurité du personnel d'intervention, il est utile de disposer d'un nombre plus élevé de by-pass.

En considérant la disposition actuelle des structures du tunnel et surtout le fait que la réalisation des connexions entre la galerie et le tunnel sous exploitation est très complexe, le groupe de travail propose la réalisation des by-pass au niveau des garages existants dans le tunnel sur la voie Italie -France.

A noter que cette configuration ne correspond pas à ce que les normes prévoient pour les by-pass dans le cas de tunnels à deux tubes.

La disposition des by-pass sera donc la suivante :

By-pass 1 (garage 1)	Km 2.1
By-pass 2 (garage 2, Usine B)	Km 4.2
By-pass 3 (garage 3, Laboratoire LSM)	Km 6.4
By-pass 4 (garage 4, Usine C)	Km 8.8
By-pass 5 (garage 5)	Km 10.7

Les dispositions des by-pass au droit des usines B et C et au droit des garages 2 et 4 sont visibles en annexe.

Pour la disposition du by-pass au niveau du laboratoire LSM, les contacts avec les responsables sont en cours.

Les parements et la voûte seront exécutés en béton en partie coulé en place et en partie en béton projeté.

Le plancher sera en béton et aura la même pente que la galerie de sécurité.

À l'intérieur des locaux techniques, dans le plancher, des caniveaux techniques seront réalisés sous les armoires pour le passage des câbles. Ces caniveaux seront aussi reliés aux chemins de câbles le long de la galerie de sécurité.

Les by-pass seront pourvues d'une étanchéité. Les drainages aux piédroits seront reliés à une conduite secondaire qui conduit les eaux de drainage dans la conduite de la galerie de sécurité.

En général, les portes des by-pass seront du type à 2 battants de dimensions 4.0 x 4.0 m avec protection REI 120.

6.2 Travaux de génie civil

En principe, les excavations d'élargissement de la galerie de sécurité seront exécutées par les équipes qui réaliseront les abris, en adoptant les méthodes d'exécution décrites au point 4.2.

7. LE LABORATOIRE SOUTERRAIN DE MODANE

Le tunnel du Fréjus abrite, au km 6,5 environ, un laboratoire souterrain de l'Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules (LSM). Il est occupé quotidiennement par 3 à 10 chercheurs. Autonome, le Laboratoire est de toute façon intégré dans le système de gestion technique centralisée du Tunnel et, en cas d'évènement, il est traité comme une autre installation du tunnel.

Le présent projet prévoit la réalisation d'un rameau de communication reliant le laboratoire souterrain à la galerie de sécurité afin de garantir une voie de fuite au personnel du laboratoire.

Il faut remarquer qu'en correspondance du laboratoire, l'inter distance entre la Galerie de Sécurité et le Tunnel Routier devra être d'environ 87 m, soit environ 15 m de l'extrémité du laboratoire à l'axe de la galerie de sécurité. Cette distance permet de réduire les vibrations à l'intérieur du laboratoire pendant la phase de creusement au tunnelier. Il convient en outre de remarquer que les études et évaluations effectuées avec les responsables du LSM ont conduit à exclure la possibilité de maintenir à 50 m la distance entre la galerie et le tunnel pour les motifs suivants:

- impact notoire sur les multiples équipements du laboratoire situés dans le sas du LSM;
- incidences notoires sur la gestion du laboratoire en phase de chantier comportant une fermeture dudit laboratoire incompatible avec l'avancement des expériences;
- nécessité, en phase d'exploitation, de séparer complètement les fonctionnalités de la galerie et du laboratoire afin de réduire les risques.

8. OUVRAGES AUX TETES

8.1 Concepts d'évacuation et traitement des eaux

Le profil longitudinal de la galerie de sécurité présente une pente presque uniforme de 0,54 % qui descend de l'entrée côté Italie vers la tête française. Toutes les eaux de la galerie de sécurité seront par conséquent convoyées vers la plate-forme française. Actuellement, les canalisations du tunnel autoroutier du Fréjus présentent un débit estimé à 10 - 15 l/s.

Après analyse des conditions géologiques, le débit de dimensionnement pour la galerie de sécurité, a été fixé à 15 l/s supplémentaires ; du côté français, cela revient donc à un doublement du débit.

La conduite en PVC de 400 mm de diamètre pour les eaux de drainage et une conduite en PVC du diamètre 315 mm pour les valeurs de dimensionnement requises (100 l/s supplémentaires pour la lutte anti-incendie).

Les contrôles effectués sur la plate-forme française et les analyses du réseau actuel d'évacuation des eaux ont montré que les eaux provenant de la galerie de sécurité peuvent être déversées, à la fin des travaux de construction, dans le système actuel d'écoulement des eaux à l'aval du Tunnel Routier.

Nous prévoyons de réaliser un réservoir à la sortie de la galerie avec la possibilité de dévier les eaux et de les envoyer ou au bassin de rétention des hydrocarbures, en cas de déversement de liquides polluants avec pompage, ou au système actuel de traitement des eaux (débourbeur-séparateur).

Les eaux traitées seront rejetées dans le Rieux- Roux, comme c'est le cas actuellement.

Pour les eaux de drainage sera mise en place une conduite parallèle qui envoie les eaux dans le Rieux- Roux, il y aura quand même la possibilité de mettre l'eau dans le bassin de rétention.

8.2 Bâtiments côté France

Les études sur les bâtiments côté France ont été menées par le groupement des sociétés françaises INGEROP-DOUILLET-ACOUSTB missionné par la SFTRF.

Pour la disposition des bâtiments côté France, les positions prévues dans l'étude préliminaire peuvent être reprises :

- Réalisation d'une ouvrage parallèle à l'entrée du tunnel et à une inter distance du tunnel d'environ 22 m ;
- Réalisation d'une gaine de ventilation enterrée passant au-dessus du tunnel pour rejoindre l'usine de ventilation;
- Réalisation d'une voie de service qui permettra aux véhicules d'accéder, depuis la zone de l'actuelle centrale de ventilation, à la galerie de sécurité.
- Adaptation de la voie de sortie de la gaine de ventilation d'air frais du tunnel (rampe quad);
- Réalisation d'un nouveau bâtiment pour la gestion des évènements, situé à proximité de la station service actuelle, qui sera démantelée.

En ce qui concerne la description de l'ensemble des ouvrages prévus sur la plateforme côté France ainsi que la description de détail des opérations prévues, nous renvoyons aux documents du projet.

8.3 Bâtiments côté Italie

Côté Italie, les opérations suivantes devront être exécutées:

- Nouveaux bâtiments à proximité de la tête de la galerie de sécurité et requalification architecturale et environnementale de l'aire;
- Avancement de la tête de tunnel et élargissement de l'actuelle rampe d'accès;
- Travaux d'intégration urbanistique et paysagère de l'actuelle usine au moyen d'un habillage;
- Travaux de réhabilitation hydraulique du torrent de Rochemolles;
- Nouveau pont;
- Passage souterrain au droit de la traversée actuelle (avant les péages) pour garantir, à tout moment, l'accessibilité des moyens de secours à la galerie de sécurité ;

9. LES EQUIPEMENTS

9.1 Ventilation de la galerie de sécurité

Contrairement au système de ventilation originalement proposé pour la galerie de sécurité, la solution envisagée maintenant avec un diamètre de la galerie porté à 8.00 m ne comprend plus les SAS et les ventilateurs de pressurisation aux têtes, mais emploie des accélérateurs placés en voûte de la galerie pour la maîtrise aérodynamique permettant ainsi l'accès rapide et sans perturbations des forces de secours.

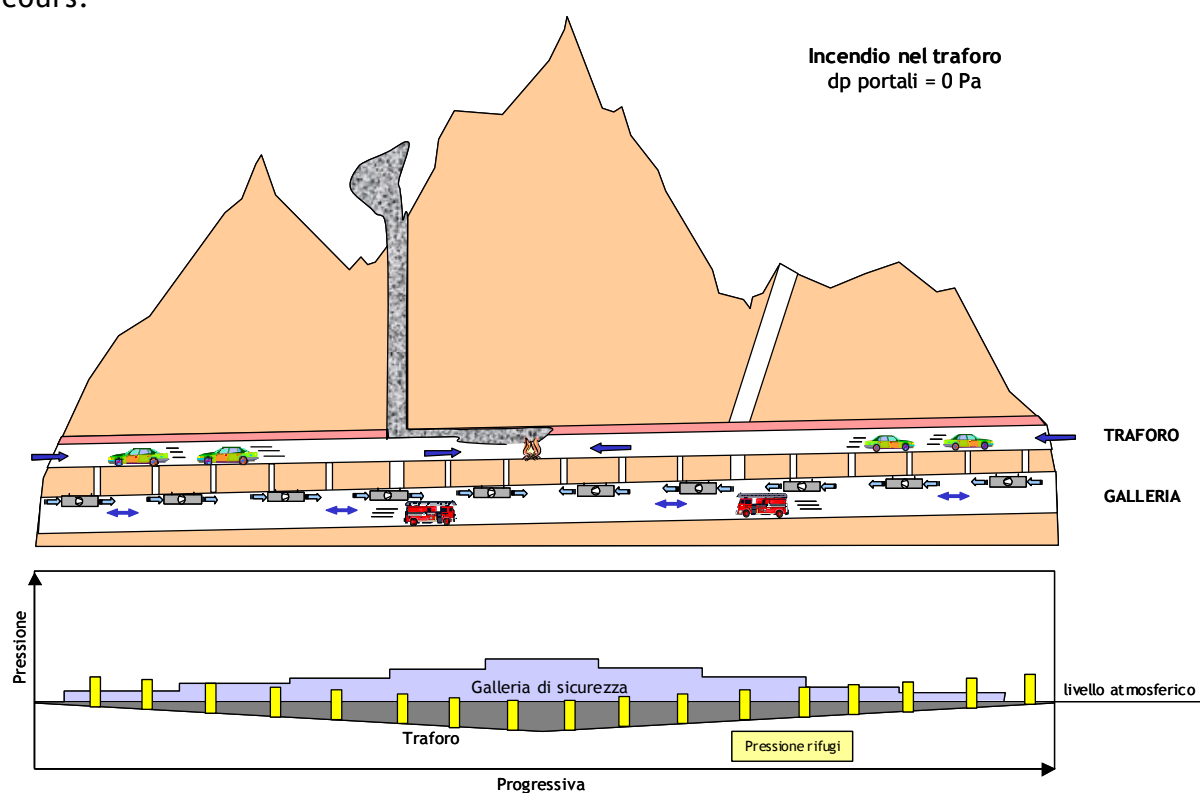


Fig. 1 : Diagramme ventilation, incendie dans le tunnel, dp=0 Pa barométrique.

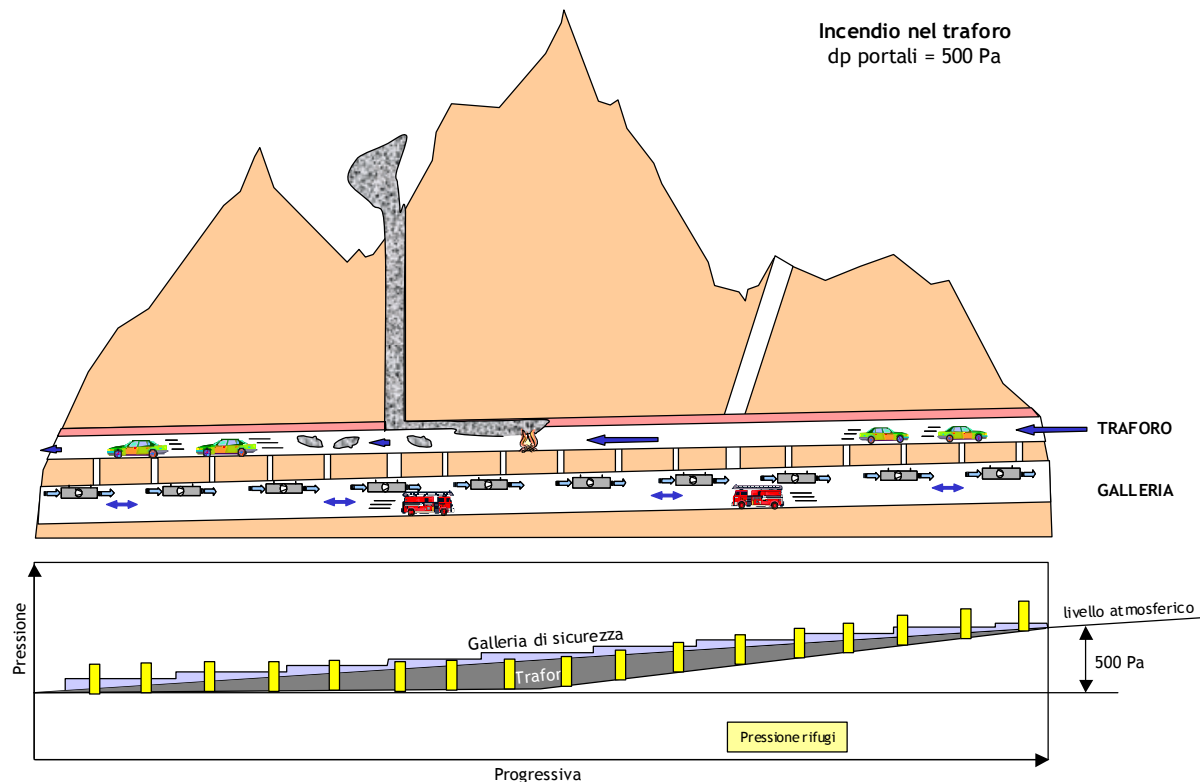


Fig. 2 : Diagramme ventilation, incendie dans le tunnel, dp=500 Pa barométrique.

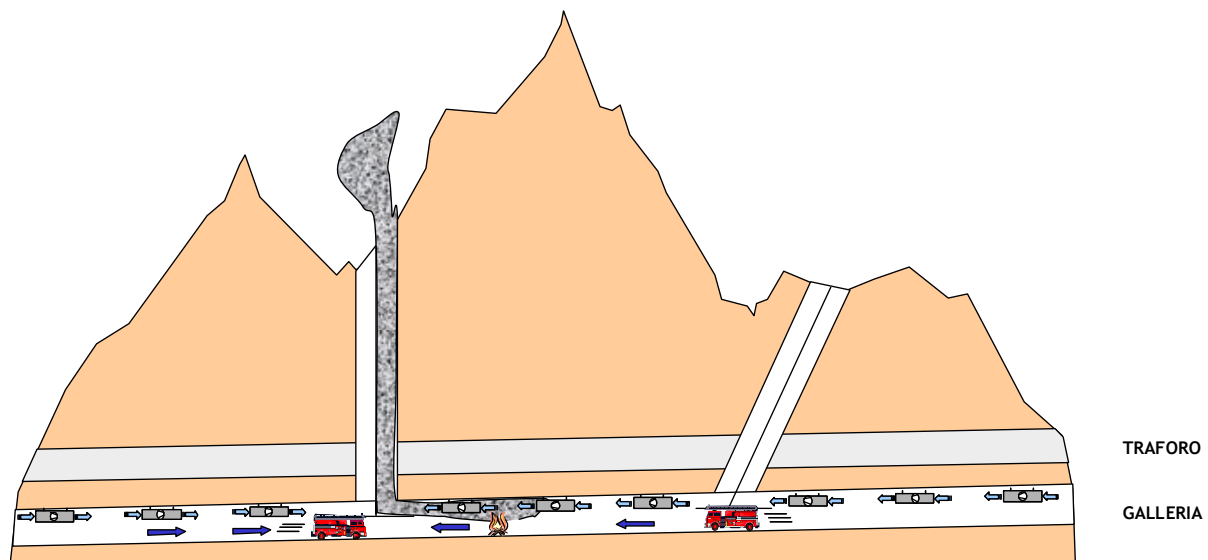


Fig. 3 : Diagramme ventilation, incendie dans la galerie de sécurité.

Le nouveau système ne permet pas une pressurisation du même niveau de la galerie de sécurité notamment en cas de fortes différences de pression barométriques entre les deux têtes, qui peuvent atteindre des valeurs de l'ordre de 500 Pa. Par contre, la sécurité des usagers est de toute façon toujours garantie d'une manière

efficace par la mise en surpression (80 Pa) des rameaux de liaison, stations techniques et by-pass par rapport au tunnel routier en concordance avec les normes en vigueur. A cet effet, les abris sont dotés d'une ventilation indépendante. Les accélérateurs permettent de contrôler la vitesse longitudinale de l'air dans la galerie et y rendent également possible une pressurisation suffisante afin d'éviter toute pénétration de la fumée par les têtes ou par des portes ouvertes.

Afin de maîtriser aussi le scénario d'un incendie dans la galerie de sécurité elle-même de manière à éviter un enfumage quasi incontrôlé de celle-ci, le projet 2006 propose en outre de prévoir la possibilité d'une extraction massive de la fumée au niveau des deux usines souterraines du tunnel routier. A cet effet, des connexions aérauliques entre la galerie et les deux centrales sont requises.

Le fonctionnement de la ventilation des abris est le suivant :

- Prélèvement de l'air frais de la galerie par deux ventilateurs en parallèle, installés dans la galerie, l'un en marche, l'autre en « stand-by » ;
- Injection dans les abris, ST et by-pass, par une trappe de régulation motorisée et coupe-feu ;
- Refoulement vers le Tunnel à travers une trappe de régulation coupe-feu motorisée, passage par le SAS.

9.2 Ventilation en phase de chantier

Le chantier est ventilé de manière conventionnelle, avec une conduite en voûte pour l'apport d'air frais et une conduite d'aspiration.

La ventilation du chantier doit tenir compte de deux phases distinctes :

- Creusement à l'explosif pour environ 1'600 m de chaque côté.
- Creusement au tunnelier jusqu'au milieu de la galerie, entre 1'600 et 6'500 m environ.

Pendant l'excavation au tunnelier, le revêtement de la galerie sera réalisé par des voussoirs en béton préfabriqués et mis en place en dessous du deuxième bouclier du tunnelier, avec émissions minimales de poussière. La solution d'excavation des rameaux à l'explosif, plus contraignante, a été analysée dans le détail.

L'analyse montre que les contraintes des deux chantiers en termes de besoin d'air frais sont similaires.

La ventilation des abris sera assurée par une conduite sous pression dédiée, qui garantira en même temps l'approvisionnement d'air frais nécessaire pour les containers de sécurité du personnel du tunnelier et des chantiers secondaires.

La configuration externe des abris sera identique à celle prévue en phase finale, avec une porte HCM 120, une trappe de régulation motorisée et une trappe coupe-feu.

Le débit volumétrique dépend de la pression dans la conduite. Ces valeurs sont très élevées. Il est donc proposé de réduire fortement le débit de ventilation des abris, tout en respectant, par contre, le niveau de pressurisation de 80 Pa.

La ventilation pendant le passage du chantier de génie civil au chantier de montages des équipements électromécaniques sera assurée par les accélérateurs qui seront mis en service en modalité provisoire.

9.3 Le réseau incendie

Le tunnel du Fréjus est actuellement équipé d'un réseau incendie positionné dans les trottoirs du tunnel sur le côté France - Italie. La conduite est en acier inox, de diamètre 200 mm.

Le réseau actuel est alimenté à partir d'un réservoir côté Italie de 500 m³ de volume et d'une centrale de surpression sur le côté France, avec un réservoir de 250 m³ de volume. En conditions normales, l'installation fonctionne en pression directe gravitaire et alimente les 99 poteaux d'incendie disposés le long du tunnel.

Le nouveau réseau incendie de la Galerie de Sécurité sera intégré dans le système existant de façon à créer un anneau. Les deux réservoirs présents aux têtes et les stations de surpression sur la plate-forme française ne seront pas modifiées. L'embranchement de la conduite pour la galerie de sécurité sera situé au droit des regards incendie existants aux têtes, à côté desquelles sera réalisé un nouveau regard. Une liaison de plus entre la conduite existante et la nouvelle conduite sera réalisée à la moitié du tunnel (zone du laboratoire, by-pass 3).

Des poteaux d'incendies seront prévus le long de la galerie aux entrées des abris (34x), dans les sas des abris (34x), les entrées des by-pass (2x5) et dans les stations techniques (8x) pour un total de 86 nouveaux poteaux.

La conduite, d'un diamètre de 200 mm, réalisée en acier inox de qualité AISI 304 avec des joints soudés, sera fixée en voûte au moyen de barres d'ancrage en acier inox.

La conduite sera positionnée en voûte de la galerie de sécurité pour les raisons suivantes :

- Le long de la galerie de sécurité, il est préférable de ne pas positionner des installations qui pourraient être endommagées par des chocs de véhicules de maintenance et de secours;
- Les dérivations vers les locaux techniques ou les abris peuvent être effectuées sans interférence avec le gabarit de passage ou sans effets particuliers sur le projet de génie civil ;
- Tous les équipements qui nécessiteront une maintenance particulière seront positionnés à l'intérieur de locaux appropriés dans les stations techniques. La conduite elle-même ne nécessite pas de maintenance particulière et la position en voûte permet l'inspection régulière et continue de la conduite ;
- Le montage de la conduite pourra être réalisé entièrement par l'entrepreneur du lot sans besoins de coordination avec les lots du génie civil.

De plus, nous pouvons affirmer que l'expérience de la galerie de sécurité du Saint Gothard, où la conduite est posée en voûte de la galerie de sécurité depuis plus de 10 ans, est extrêmement positive.

Il faut noter de toute façon que depuis les têtes et jusqu'à environ 2000 m, les conduites seront protégées du gel au moyen de câbles chauffants et d'un revêtement thermique.

9.4 L'équipement d'alimentation électrique

Les différentes installations technologiques prévues dans la galerie de sécurité nécessitent une alimentation électrique qui sera assurée au moyen d'un nouveau ré-

seau à haute tension de 20kV (HT) et d'une distribution terminale à basse tension de 400/230V (BT)

Le réseau haute tension sera dimensionné pour distribuer l'énergie électrique tant aux installations de la galerie de sécurité qu'aux installations existantes dans le tunnel.

Actuellement, le réseau HT est constitué de deux artères 20 kV, avec une énergie fournie par le réseau ENEL du côté italien et par le réseau EDF du côté français. Les câbles de ces deux artères transitent le long de la galerie dans la gaine de ventilation d'air frais au-dessus de la chaussée et rejoignent les locaux techniques PHT. Un nouveau réseau HT sera réalisé en substitution de l'actuel ; il aura le même concept de distribution électrique mais les câbles seront posés dans les nouveaux fourreaux prévus dans les multitubulaires en dessous de la chaussée de la galerie de sécurité afin de garantir une sécurité de fonctionnement maximale. En cas de manque de tension d'une des deux artères, le réseau permettra une alimentation à partir de la deuxième qui reste en fonction.

Le projet prévoit la création de nouvelles stations techniques (ST) tout le long du tunnel, une partie d'entre elles étant positionnées en correspondance des PHT sur le côté EST du Tunnel (voie Italie-France). Chaque ST sera équipée avec des transformateurs 20/0.4 kV et des armoires BT pour la distribution à tous les équipements.

En outre, chaque local sera pourvu d'unités de secours UPS qui garantissent une autonomie de 2 heures.

Une liaison entre la galerie de sécurité et les PHT côté EST existants est aussi prévue. Cette liaison permet d'exécuter les travaux de jonction entre les installations existantes et les nouveaux locaux techniques en y accédant uniquement à partir de la galerie de sécurité sans interférer avec le Tunnel.

Dans la note technique sur l'équipement d'alimentation électrique est inclus le bilan énergétique pour chaque ST. Globalement, la puissance installée pour les équipements de la galerie de sécurité est de l'ordre de 5.0 MW, par rapport au 16 MW installés dans le tunnel.

9.5 L'éclairage

La galerie de sécurité sera éclairée par des lampes fluorescentes 1x49W type T5, installées en voûte à une hauteur d'environ 5.2 m. Les appareils seront positionnés tous les 5 m et assureront un niveau d'éclairage de 40/45 lux. En correspondance des abris, des stations techniques ou des sas de tête, les appareils seront espacés de 2.5 m de façon à renforcer la luminosité à environ 70 lux.

Les lampes seront alimentées à partir des deux réseaux. Une lampe sur deux sera reliée au réseau de secours (UPS) pendant que les autres seront alimentées à partir du réseau normal. En conditions normales, les lampes de la galerie de sécurité seront éteintes et ne s'allumeront qu'en cas de présence dans l'abri ou la galerie via une gestion répartie et télécommandée.

L'éclairage d'urgence dans la galerie de sécurité (allumé en permanence) sera réalisé au moyen de lampes à diodes posées sur les deux parements à 1 m de hauteur et positionnées en quinconce avec une inter distance égale à 32 m de chaque côté. Dans les abris, dans les stations techniques et dans les sas, l'installation d'éclairage garantira une luminosité de 150 lux et sera reliée au réseau de secours (UPS) Plus spécifiquement, l'éclairage des abris sera normalement allumé, tandis que celui des stations techniques sera normalement éteint et commandé sur place.

9.6 La vidéo

La couverture vidéo de la galerie sera donc réalisée par l'installation de caméras raccordées sur l'infrastructure renouvelée, de façon à profiter du haut niveau de disponibilité assuré par le nouveau système.

Les signaux vidéo des abris, des têtes et des by-pass transiteront via un câble en fibres optiques dédiées installé dans la galerie de sécurité.

Les équipements de vidéosurveillance installés dans le cadre de la construction de la galerie de sécurité devront assurer la couverture vidéo de tous les abris, des têtes et des by-pass.

Le système devra permettre l'affichage automatique sur un écran au Poste de Contrôle Commande (PCC) des images vidéo des abris occupés. Il devra en plus permettre aux opérateurs du PCC de surveiller le local d'accès à la galerie et le sas de tête associé.

L'installation vidéo n'a pas pour objectif de couvrir la longueur entière de la galerie de sécurité ni de réaliser la Détection Automatique d'Incidents dans les abris ou dans la Galerie.

9.7 Radio

Le nouveau système radio pour le tunnel routier prend déjà en compte la possibilité d'une extension vers la galerie de sécurité. Son architecture permet un très haut niveau de sécurisation. En effet, le système radio est conçu de façon à rendre transparent aux utilisateurs n'importe quelle défaillance d'une partie du système.

La galerie de sécurité aura donc une couverture radio assurée par un câble rayonnant installé en haut, sur le côté opposé par rapport aux abris, au moyen d'un système de fixation en voûte.

Afin d'améliorer la qualité des communications radio à l'intérieur des abris, des ST et des by-pass et d'éviter les interférences entre les deux systèmes rayonnants (tunnel et galerie de sécurité), l'extension de câbles rayonnants est prévue également dans ces locaux.

Le Projet prévoit en outre l'installation d'antennes répétitrices à l'intérieur des bâtiments extérieurs (côtés France et Italie) pour y renforcer le signal.

9.8 Le réseau appel d'urgence RAU

Étant donnée l'importance du système et sa sensibilité vis-à-vis des usagers, le système à installer devra répondre le plus possible à des contraintes de simplicité et de fiabilité.

La simplicité sera obtenue avec l'installation d'une architecture traditionnelle et de grande diffusion.

La fiabilité sera obtenue en utilisant un réseau de fibres optiques dédiées qui transitent dans la galerie de sécurité.

Un système physique de retransmission indépendant sera donc mis en place pour le Réseau d'Appel d'Urgence (RAU).

9.9 La détection incendie

Une centrale d'alarme sera installée dans chaque abri et dans chaque ST.
Dans la galerie seront installés des capteurs de nouvelle technologie qui permettent de détecter la fumée avec deux seuils d'alarme, un capteur au droit de chaque accès aux abris, aux ST et aux by-pass, capteurs espacés d'environ 250 m entre les abris.

Chaque centrale d'alarme gèrera les capteurs de l'abri correspondant et le premier capteur de chaque côté dans la galerie (vers l'Italie et vers la France). Chaque centrale gèrera donc trois zones en galerie (zone de stationnement, premier capteur vers l'Italie, premier capteur vers la France).

Chaque centrale disposera aussi d'une série de contacts secs pour signaler les alarmes et les défauts à la GTC.

9.10 Les portes et le contrôle d'accès

Les portes sont prévues avec la disposition suivante :

Description	Type de porte	Dimensions (largeur x hauteur)	Protection
Tunnel - Sas	A 2 battants	1.4 (0.9 + 0.5)x 2.0 m	HCM 120
Sas - Abri	A 2 battants	1.4 (0.9 + 0.5)x 2.0 m	REI 120
Abri - Galerie	coulissante	1.4 x 2.0 m	REI 120
ST	A 2 battants	1.4 (0.9 + 0.5)x 2.0 m	REI 120 HCM 120 vers tunnel

by-pass	Motorisées	4.0 x 4.0 m	REI 120
---------	------------	-------------	---------

Dans le cadre de la construction de la galerie de sécurité un système de contrôle d'accès devra être réalisé.

Le système sera entièrement nouveau et intégré à la nouvelle GTC de la Galerie, mais il sera étudié pour permettre la reconnaissance des badges actuellement utilisés par les sociétés SITAF et SFTRF.

Aux têtes de la galerie seront mis en place des grilles et une surveillance video pour empêcher l'accès à la galerie de sécurité.

9.11 La téléphonie

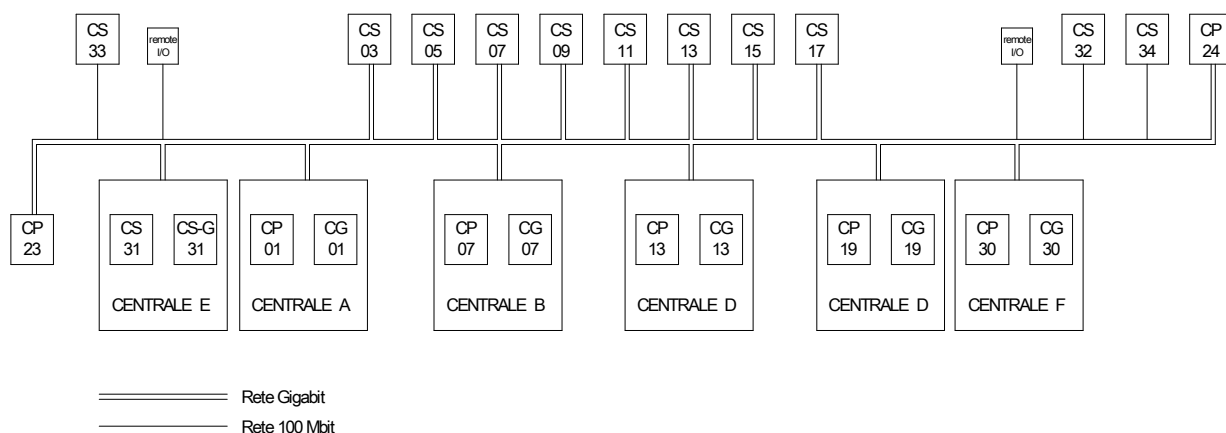
Le principe de l'installation proposée est d'utiliser le nouveau réseau de transport des données en place dans la galerie de sécurité pour la transmission de la voix. Compte tenu de la capacité du réseau informatique Gigabit, il est dès maintenant possible de profiter des nouvelles technologies pour éviter l'installation d'un nouveau système de téléphonie analogique dédié.

La solution VoIP proposée pour le système de téléphonie évitera le partage d'une même ligne par plusieurs téléphones. En effet chaque téléphone sera, en principe, directement connecté au réseau Ethernet et donc directement adressable.

9.12 La gestion technique centralisée, la supervision et les réseaux de communication

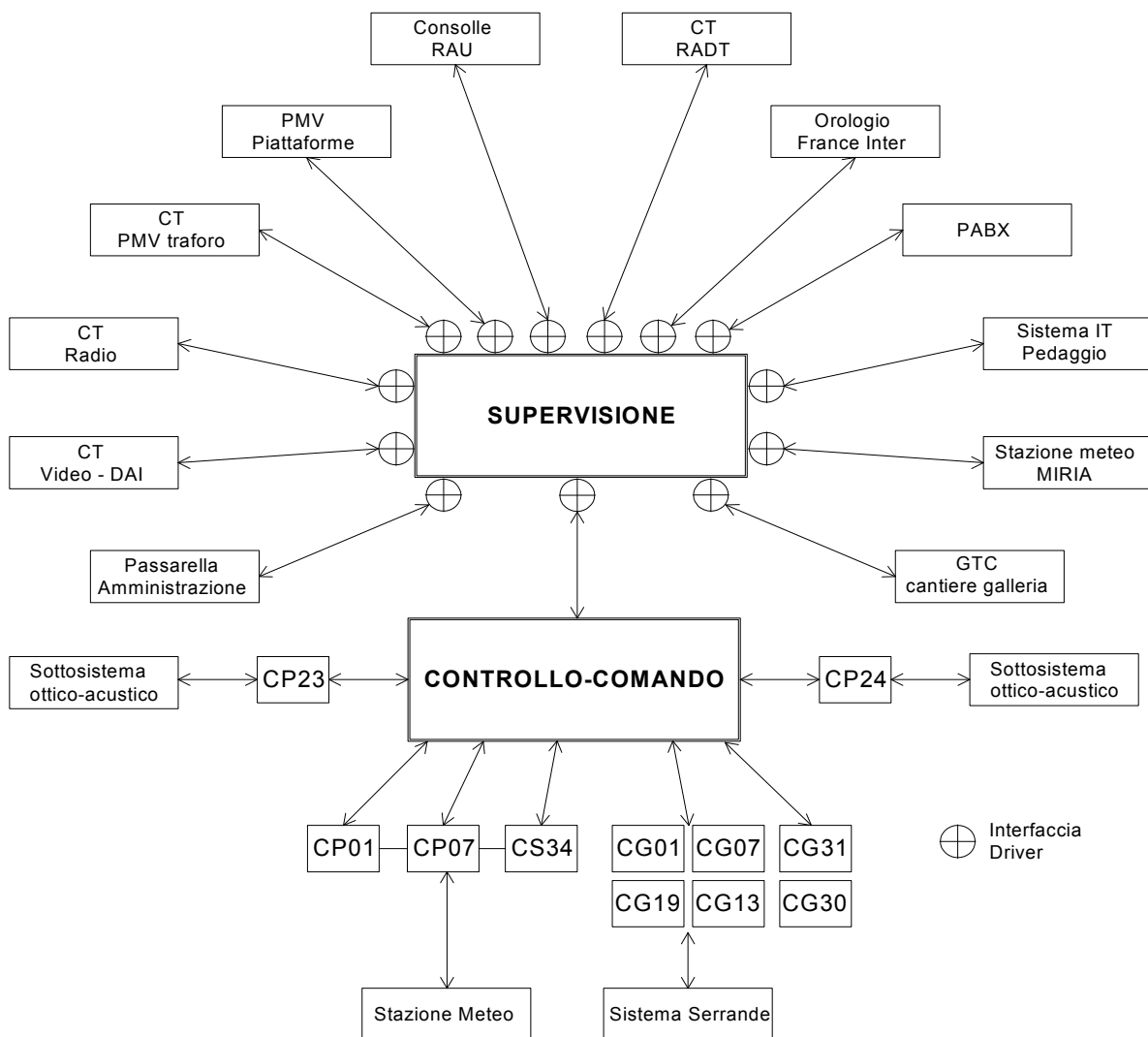
La nouvelle Gestion Technique Centralisée est dimensionnée pour les besoins de la galerie de sécurité et du Tunnel.

Dans la figure suivante l'extension du réseau Gigabit , du réseau 100 MBit de la GTC et les concentrateurs reliés sont représentés:



Dans l'illustration suivante la structure principale de la nouvelle GTC au niveau 2, Supervision, est indiquée avec les fonctions principales:

- L'interface Contrôle Commande avec tous les concentrateurs du niveau 1 et ceux des deux PCC.
- La supervision avec tous les sous-systèmes et frontaux CT réunis:
 Passerelle administrateur , CT Vidéo, CT Radio, CT PMV tunnel, PMV plates-formes, console RAU, CT RADT, horloge France Inter, PABX, Système péage, Stations météo, GTC chantier galerie, Sous-système acoustique-optique



L'architettura della GTC si compone quindi degli elementi seguenti:

- 2 Serveri tempo reale ridondanti della GTC, uno a ogni PCC,
- 1 Server per i dati storici,
- 1 server per la messaggia,
- 1 Server per lo sviluppo e la simulazione,
- 4 posti di gestione, due nel PCCI e due nel PCCF,
- 2 sinottici murali,

- 38 concentrateurs redondants (appelés CS ou CP) dans 8 ST de la galerie, 3 ouvrages externes, 2 centrales de ventilation de la galerie, 6 PHT existants, tous avec la fonction HSB intégrée,
- 12 concentrateurs redondants (CS ou CP) dans les 4 centrales de ventilation du tunnel et dans les 2 centrales de la galerie, tous avec la fonction HSB intégrée,
- 8 passerelles redondantes entre le bus FipWay et le bus Ethernet dans les 4 usines de ventilation du tunnel,
- 68 contrôleurs locaux (CL) redondants dans les 34 abris,
- Réseau de longue distance et réseaux de terrain avec des anneaux redondants,
- 2 Switch Gigabit principaux, coopératifs pour la gestion des redondances entre les deux PCC et ports pour les Serveur et les postes de travail,
- 14 Switch Gigabit, coopératifs pour la gestion des redondances,
- 3 Switch Gigabit, déportés dans les bâtiments extérieurs France et Italie,
- 68 Switch Ethernet 100 Mbit, coopératifs pour la gestion de la redondance
- Tableaux, armoires, alimentations, Switch, Router, Multiplexer, Modem, etc.

L'architecture des applications de la GTC est principalement composée des éléments suivants :

- Système EXPIRE,
- Supervision,
- IHM,
- Service Web Server
- Système d'aide au régulateur, opérateur pour les aspects de comportement,
- Gestion des redondances,
- Système de Messagerie
- Simulateur des processus de niveau 1 pour le mode Simulation,
- Gestion des interfaces avec les sous-systèmes et les divers CT,
- Paramétrage général du système, processus , points de donnée, etc,
- Gestion à distance des processus distribués, (algorithme de fonctionnement de base et règles paramétrables et distribuables)

Pour le dimensionnement, une capacité évolutive de l'architecture doit être prévue jusqu'à une augmentation de 30% des I/O à gérer. Pour le basculement prévu

de tous les équipements des PHT vers les ST, les actuels I/O du tunnel ont été doublées pour les installations de nouvelle conception.

Estimation des points à gérer par la GTC:

		Tunnel		Galerie	Total
		E/S actuels	E/S neufs	E/S neufs	E/S
PHT/ST	20	7'000	14'000	8'000	22'000
Usines de ventilation	4	6'000	12'000	4'000	16'000
Plates-formes extérieures	2	1'000	2'000		2'000
Totale		14'000	28'000	12'000	40'000
Totale avec la réserve de	30%				55'500

Le système du nouveau GTC doit être dimensionné globalement pour environ 60'000 points donnés.

9.13 Signalétique

Les principes fondamentaux pris en compte dans cette phase comprennent principalement les éléments suivants :

- Signalisation des abris (dans le tunnel et en galerie)
- Le repérage des Stations Techniques et la signalisation de la galerie
- La gestion des SAS aux têtes
- L'information des usagers dans les abris
- La signalisation routière des plates-formes extérieures

La lisibilité des abris dans le tunnel existant sera réalisée avec des dispositifs identiques à ceux actuellement installés avec en particulier l'éclairage permanent des entrées, l'éclairage des totems ainsi que le système de flash.

La position de l'usager en tunnel par rapport aux abris sera indiquée au droit des boutons SOS (chaque 20 m)

8.14 Sonorisation

De même que pour le réseau de la téléphonie sur IP, l'exécution du système de sonorisation pour les abris est proposé avec la transmission VoIP, qui permet de profiter du réseau fédérateur pour la GTC du type Gigabit avec transmission Voix-Données.

Cette application, du type full-simplex, permet d'accepter un décalage entre l'énoncé du message et sa diffusion effective.

Le projet prévoit aussi l'insonorisation des abris avec un revêtement antibruit de la paroi.

8.15 Interfaces avec le génie civil

Le choix de base pour la mise à disposition d'un réseau de liaisons sûres consiste à prévoir des multitubulaires en dessous de la chaussée de la galerie de sécurité.

La disposition typique le long de la galerie de sécurité prévoit, en dessous de la chaussée, plusieurs séries de conduites. Il s'agit de :

- 11 fourreaux de 120 mm de diamètre pour basse tension et courants faibles ;
- 3 fourreaux de 150 mm de diamètre pour haute tension.

En plus, une réservation pour le passage d'un futur réseau 400 kV d'interconnexion entre la France et l'Italie, avec 4 fourreaux de 250 mm de diamètre + 1 fourreau de 100 mm de diamètre + 2 fourreaux de 63 mm de diamètre est prévue.

Le long du parcours, les fourreaux seront interrompus par des regards d'inspection avec des dimensions internes de 1.00 x 1,00 m minimum. Les regards, dotés de couvercles en fonte étanche pour permettre le passage de véhicules, seront positionnés à une inter distance maximal de 50 m et, pour permettre les jonctions, à des distances plus rapprochées au droit des stations techniques et des abris.

Dans les stations techniques et dans les abris, des caniveaux techniques dans le plancher seront prévus, dans lesquels seront placés des chemins de câbles suffisants pour séparer les câbles selon leur emploi.

10. BASCULEMENT DES EQUIPEMENTS DU TUNNEL VERS LA GALERIE DE SECURITE

10.1 Causes du basculement

Les principales causes qui imposent le basculement sont les suivantes:

- niveau âgé d'exploitation, cadres des armoires électriques obsolètes;
- difficulté de trouver des pièces de rechange, désormais hors production;
- demande considérable d'activités d'entretien. Rappelons que ces travaux nécessitent un accès continu aux locaux à travers le tunnel;
- garantie d'entretien pour les éléments du réseau PremNet 5000 jusqu'à fin 2007;
- obligation juridique d'éliminer les transformateurs à huile avant 2010;
- éléments d'alimentation en énergie obsolètes et nécessitant un entretien élevé (Groupe Electrogène à temps 0) ;
- impossibilité de réaliser les travaux de renouvellement en garantissant l'exploitation du tunnel en raison de la limitation de l'espace disponible.

10.2 Objectifs

Les concepts et les stratégies du basculement ont été développés tout en garantissant la sécurité maximale et la continuité d'exploitation du tunnel, le respect du planning général, la sécurité des usagers, tout en minimisant les risques liés à la réalisation des travaux de la galerie de sécurité.

Les contraintes essentielles à considérer sont les suivantes:

- réalisation du basculement des équipements situés dans les PHT vers les nouvelles ST, en garantissant la continuité d'exploitation dans le tunnel. La fermeture au trafic est exclue, tandis que l'alternat peut être temporairement prévu;
- meilleure utilisation des stations techniques de la galerie de sécurité, plus spacieuses et mieux accessibles;
- mise à jour des équipements du point de vue technique et fonctionnel, pour améliorer la qualité et la sécurité des installations électriques;
- élimination des composants électromécaniques obsolètes (voir: groupes à temps zéro);
- optimiser l'entretien des équipements de façon plus rationnelle et efficace;

- sécuriser les connexions (alimentation électrique, réseau de communication) à travers la galerie;
- création d'anneaux redondants des réseaux de communication à travers la galerie.

10.3 Basculement des composantes électriques

Le projet prévoit de renouveler les équipements en substituant à toutes les installations électriques de nouvelles capables d'en améliorer la sécurité, la fonctionnalité et la gestion.

La possibilité de remplacer les équipements en restant à l'intérieur des PHT actuels a été évaluée. Toutefois, il ne s'agirait que d'une alternative peu efficace en raison du manque d'espace, des difficultés de réalisation, des limitations importantes d'exploitation du tunnel et de la sécurité des équipements.

Par conséquent, le remplacement proposé se subdivise en deux phases:

- basculement des PHT vers les nouvelles ST ;
- substitution des composants électriques à l'intérieur des PHT présents dans les usines de ventilation.

10.4 Basculement des composants de la GTC

Des différentes stratégies envisagées et approfondies au cours des études en collaboration avec les responsables de la société, la solution retenue est celle qui consiste dans la mise en service d'une nouvelle GTC, dimensionnée pour le tunnel et la galerie qui intègre toutes les I/O existantes du tunnel (environ 14'000 points de données) et qui réalise une migration de la logique de gestion des équipements de la GTC existante vers la nouvelle. En même temps on procède à la mise en service de nouveaux Serveurs et d'une nouvelle supervision avec une Interface Homme Machine (IHM) pour l'ensemble de la galerie et du tunnel, avec les fonctions limitées initialement aux armoires BT existantes du tunnel.

Le parfait fonctionnement de la nouvelle GTC vérifié, l'ancienne peut être démantelée (sauf les modules d' I/O existants) et dans un second temps, les travaux de génie civil de la galerie terminés, on pourra procéder à l'installation des nouvelles armoires GTC et au basculement des différents équipements.

11. CONCEPTS DE GESTION DE LA GALERIE DE SÉCURITÉ

11.1 Plan d'intervention et de secours

Les interventions de secours dans le tunnel autoroutier du Fréjus sont effectuées et coordonnées dans le cadre du Plan de Secours Binational élaboré par les Sociétés et les services de secours. Il y a deux phases d'intervention distinctes :

- Une phase *interne*, pendant laquelle les Sociétés concessionnaires SFTRF et SITAF appliquent les procédures et les consignes de sécurité en cas d'incident
- Une phase *externe*, sous la responsabilité conjointe du Préfet de Turin et du Préfet de la Savoie, qui prévoit l'activation des structures extérieures de secours.

Le plan prévoit trois scénarios de référence, de niveau croissant, qui permettent de planifier les actions immédiates à entreprendre, en particulier :

- Accident de véhicules sans incendie ;
- Accident de véhicules avec incendie et/ou présence de substances dangereuses ;
- Incendie sur une installation technique du tunnel.

La présence d'abris tous les 367 m communiquant avec une galerie parallèle au tunnel est de nature à favoriser l'évacuation des usagers vers une atmosphère non enfumée.

La galerie de sécurité apparaît donc comme l'une des mesures nécessaires pour réduire la gravité de risques liés à des incidents de n'importe quelle nature et sa gestion sera intégrée dans l'évaluation de la sécurité du tunnel du Fréjus.

Le Plan de Secours Binational devra par conséquent, être adapté tant pour la phase de chantier que pour la phase finale.

11.2 Gestion d'évènements pendant la phase de chantier

Même pendant la phase de chantier, l'ensemble des opérations liées à la gestion des évènements sera coordonné dans le cadre du Plan de Secours Binational qui

devra, par conséquent, être adapté. En particulier, les risques suivants seront définis :

- Accident dans le tunnel ;
- Accident dans la galerie de sécurité.

Il faut noter de toute façon que les entrepreneurs, en particulier pendant les phases d'exécution des ouvrages de génie civil, seront appelés à intégrer dans les équipes de secours du tunnel du personnel convenablement formé, connaissant parfaitement le chantier et qui sera appelé à guider les équipes de secours dans le chantier, de façon similaire à ce qui est actuellement en place dans les grands chantiers alpins souterrains.

11.3 Gestion d'évènements dans la phase d'exploitation

La présence de la Galerie de sécurité offrira aux équipes de secours une grande liberté dans le choix de la méthode la plus efficace pour faire face aux évènements possibles aussi bien dans le tunnel qu'en galerie de sécurité et surtout pour garantir l'évacuation sûre des usagers présents dans les abris.

L'accessibilité de la galerie pour l'ensemble des moyens d'intervention des Sociétés Concessionnaires est un aspect important pour continuer à garantir la flexibilité dans la gestion des évènements.

11.4 Gestion de la maintenance des installations

L'ensemble des opérations de maintenance qui devront être effectuées dans la galerie de sécurité devra être coordonné de telle sorte que la galerie de sécurité ne soit jamais encombrée par les véhicules.

Des procédures adéquates seront établies pour l'accès et le déroulement des interventions dans la galerie de sécurité.

12. PLANNING

Le programme général des travaux de réalisation est visible dans les plans. Ce planning permet aussi de déterminer les dates de mise à disposition des abris à l'avancement.

Les travaux de génie civil débuteront en même temps sur les deux plates-formes avec la préparation des aires de chantier. Le début des travaux d'excavation de la galerie de sécurité est prévu après 6 mois.

Les rendements suivants ont été pris en considération pour définir le programme des travaux:

Travaux	Longueur	Poste /jour	Rendements moyens	Observations
Creusement à l'explosif	Côté I 1655 m	3 / 5	8 m / jour	
	Côté F 1558 m	3 / 5	8 m / jour	
Creusement au tunnelier	Côté I 4881 m	3 / 7	15 m / jour	Avec un taux de disponibilité du tunnelier de 50% on obtient des pointes de 23 m /jour
	Côté F 4784 m	3 / 7	15 m / jour	
Chaussée	Côté I 6434 m	3 / 7	100 m / jour	
	Côté F 6434	3 / 7	100 m / jour	

Les rendements suivants ont été pris en considération pour les travaux souterrains:

- 3 mois pour les chambres de montage côtés I et F
- 2 mois pour les chambres de démontage
- 2 mois par abri et par station technique, soit environ 1 mois pour l'excavation et 1 mois pour les finitions.

Les tunneliers pourront être opérationnels 12 mois après le début de l'excavation pour terminer l'excavation et être démontés 20 mois plus tard. Après le creuse-

ment, la réalisation des multitubulaires et la pose de la chaussée définitive de la galerie de sécurité ont une durée prévue d'environ 5 mois.

Les travaux de montage des équipements électromécaniques dans la galerie de sécurité, dans les abris et dans les stations techniques auront une durée d'environ 15 mois.

Pour la phase de mise en service, d'intégration et de coordination des équipements du tunnel et de la galerie de sécurité ainsi que pour les essais globaux de fonctionnements, une durée de 5 mois est prévue.

Les programmes de construction des ouvrages aux têtes et de la nouvelle GTC sont subordonnés au programme de réalisation de la galerie.

La mise en service complète de la galerie de sécurité est prévue en 2013 avec l'hypothèse d'un début des travaux en 2008.

13. ESTIMATION DES COÛTS

Voici les estimations globales des coûts distinguées par postes principaux. Les détails de ces postes sont donnés dans le document **6145.2-R-06A**.

Nr.	Ouvrage	Coûts [€]
1	Ouvrages de génie civil	198'584'371.-
2	Équipements	49'782'608.13
3	Dépôts, ouvrages environnementaux et paysagistes	25'000'000.-
4	Ouvrages de tête côté Italie	12'142'990.-
5	Ouvrages de tête côté France	3'050'000.-
6	Ouvrages de mitigation côté Italie	1'928'662.-
7	Ouvrages de compensation côté Italie	5'378'000.-
8	Coûts pour le monitoring environnemental côté Italie	850'000.-
	Total partiel coûts de construction	296'716'631.-
9	Frais sécurité 4 %	11'800'000.-
10	Topographie, Sondages, Essais	2'000'000.-
11	Acquisitions foncières	1'000'000.-
12	Imprévus 5 %	15'000'000.-
13	Accantonamento	7'500'000.-
14	Études et contrôles travaux 10 %	29'500'000.00
15	Frais divers (Publicité, Commissions, Réceptions, Essais) 2 %	5'900'000.00
	TOTAL COÛTS DE CONSTRUCTION	369'416'631.--
	TOTAL COÛTS SITAF	184'708'315.50
	TOTALE COÛTS SFTRF	184'708'315.50

14. CONCLUSION

Les mesures de sécurité mises en place au cours des dernières années au tunnel du Fréjus ont permis d'atteindre un niveau de sécurité qui ne peut pas répondre de façon complète aux récentes évolutions de la technique et des directives en la matière avec en particulier la directive CE 2004/54.

En ce qui concerne la sécurité globale des usagers il est maintenant nécessaire de produire un effort supplémentaire aussi bien pour donner aux usagers la possibilité d'auto sauvetage dans les premières minutes après l'incendie que pour sécuriser les abris, le cheminement d'évacuation et les équipements. Le creusement d'une galerie de sécurité parallèle permet d'atteindre ces objectifs tout en respectant la contrainte de réalisation des travaux sous exploitation.

La solution avec un diamètre de 8.00 m, qui permet l'accès aux véhicules de secours actuels (Titan et navette Orthros des sociétés concessionnaires et véhicules des services de secours publics français et italiens). Un nombre suffisant de bypass et une gestion de ventilation sans les SAS aux têtes permettent d'établir des stratégies d'intervention efficaces et flexibles pour faire face à plusieurs situations de risque.

Les temps de réalisation et les coûts de la galerie de sécurité avec diamètre de 8.00 m sont estimés à 369 mio € et délais de 6 ans.

La probabilité d'occurrence des incendies de poids lourds dans les grands tunnels avec circulation bidirectionnelle est en augmentation ces dernières années. L'analyse technique des cas récents nous impose de prendre en compte globalement les points clés de sécurité décrits dans ce rapport. En effet, un seul point n'est jamais déterminant pour le succès des opérations de secours. De ce point de vue, il est souhaitable de réaliser la galerie de sécurité avec un diamètre de 8.00 m pour atteindre un niveau de sécurité globalement optimal et permettre aux services de secours de choisir les meilleures stratégies d'intervention dans l'intérêt des usagers.