

LIAISON LYON - TURIN / COLLEGAMENTO TORINO - LIONE

Partie commune franco-italienne
 Traité du 29/01/2001

Tratta comune italo-francese
 Trattato del 29/01/2001

NUOVA LINEA TORINO LIONE

PARTE COMUNE ITALO FRANCESE - TRATTA IN TERRITORIO ITALIANO

CUP C11J05000030001

Tecnimont

Tecnimont

Dott. Ing. Aldo Mancarella
 Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R

Dott. Ing. Aldo Mancarella
 Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R

PROGETTO PRELIMINARE IN VARIANTE

EQUIPEMENTS DE VENTILATION / IMPIANTI DI VENTILAZIONE

NOTICE GENERALE / NOTA GENERALE

Indice	Date / Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérifié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	26/04/2010	PRIMA DIFFUSIONE / PREMIERE DIFFUSION	F.HERVE (SETEC)	M. PIHOUEE C.OGNIBENE	M.FORESTA A.MANCARELLA
A	25/06/2010	REVISIONE IN SEGUITO AI COMMENTI LTF	F.HERVE (SETEC)	M. PIHOUEE C.OGNIBENE	M.FORESTA A.MANCARELLA

Cod Doc	P	P	2	C	2	B	T	S	3	0	0	5	4	A
	Phase / Fase		Sigle étude / Sigla			Émetteur / Emittente			Numero				Indice	

A	P	N	O	T
Statut / Stato		Type / Tipo		

ADRESSE GED / INDIRIZZO GED	C2B	//	//	40	00	00	10	01
-----------------------------	-----	----	----	----	----	----	----	----

ECHELLE / SCALA
-



LTF sas - 1091 Avenue de la Boisse BP 80361 F-73006 CHAMBERY CEDEX (France)
 Tél.: +33 (0) 4.79.68.56.50 - Fax: +33 (0) 4.79.68.56.59
 RCS Chambéry 439 556 952 - TVA FR 03439556952
 Propriété LTF Tous droits réservés - Proprietà LTF Tutti i diritti riservati

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



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

INDICE

1	RIASSUNTO / SYNTHÈSE	4
2	DESCRIZIONE DEL SISTEMA	4
2.1	DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO.....	4
2.2	DESCRIZIONE GENERALE DEI SISTEMI DI VENTILAZIONE E DEGLI IMPIANTI CORRELATI	4
2.3	DOCUMENTI GENERALI DI RIFERIMENTO.....	5
2.4	SOTTOSISTEMI INTERESSATI	5
3	LIMITI DELLE PRESTAZIONI	6
3.1	LIMITI GEOGRAFICI.....	6
3.2	LIMITI FUNZIONALI.....	6
A.	ESTRAZIONE DEI FUMI DAI TUNNEL	7
4	OBIETTIVI DA CONSEGUIRE	7
4.1	STRATEGIA DI ESTRAZIONE DEI FUMI E DI EVACUAZIONE DEI PASSEGGERI	7
4.1.1	<i>Strategie da applicare</i>	7
4.1.2	<i>Principio di evacuazione dei passeggeri.....</i>	10
4.1.3	<i>Treno fermo in un sito di sicurezza</i>	10
4.1.4	<i>Treno fermo sui binari.....</i>	10
4.2	DATI DI DIMENSIONAMENTO.....	11
4.2.1	<i>Incendi e relative velocità dell'aria</i>	11
4.2.2	<i>Altre condizioni aerauliche da rispettare.....</i>	12
4.2.3	<i>Interdistanza in sosta in caso di incendio</i>	13
4.2.4	<i>Timing delle procedure di estrazione dei fumi</i>	13
4.2.5	<i>Contropressioni atmosferiche</i>	14
4.2.6	<i>Disponibilità ed affidabilità</i>	14
B.	VENTILAZIONE SANITARIA DEI TUNNEL	16
5	OBIETTIVI DA CONSEGUIRE	16
6	CRITERI DI DIMENSIONAMENTO	16
C.	VENTILAZIONE DELLE DISCENDERIE.....	17
7	OBIETTIVI DA CONSEGUIRE	17
7.1	ESTRAZIONE DEI FUMI	17
7.1.1	<i>Strategia da applicare.....</i>	17
7.1.2	<i>Dati di dimensionamento</i>	17
7.1.3	<i>Disponibilità ed affidabilità</i>	18
7.2	VENTILAZIONE SANITARIA.....	18
7.2.1	<i>Portate d'aria necessarie</i>	19
7.3	MESSA IN PRESSIONE	21
7.4	TABELLE RIEPILOGATIVE.....	21
7.4.1	<i>Caratteristiche principali delle discenderie e dei pozzi</i>	22
7.4.2	<i>Sezioni di aria occorrenti.....</i>	22
D.	VENTILAZIONE DEI LOCALI TECNICI.....	24
8	OBIETTIVI DA CONSEGUIRE	24
9	CRITERI DI DIMENSIONAMENTO	24
E.	VENTILAZIONE DEI SITI DI SICUREZZA	25
10	OBIETTIVI DA CONSEGUIRE	25
11	CRITERI DI DIMENSIONAMENTO	25

Ventilazione: Nota generale

Ventilation: Notice générale

F. RAMI DI COLLEGAMENTO.....	26
12 OBIETTIVI DA CONSEGUIRE	26
12.1 PROTEZIONE DEL TUBO SICURO	26
12.2 PORTE DEI RAMI.....	26
12.2.1 <i>Geometria</i>	26
12.2.2 <i>Funzionamento</i>	26
12.2.3 <i>Resistenza al fuoco</i>	27
G. PORTE DELLE COMUNICAZIONI PARI-DISPARI	28
13 OBIETTIVI DA CONSEGUIRE	28
14 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO	28
14.1 RESISTENZA AL FUOCO	28
14.2 RESISTENZA ALLA PRESSIONE.....	29
14.3 IMPATTO CON UN TRENO.....	29

1 RIASSUNTO / SYNTHÈSE

La presente relazione riguarda la ventilazione e l'estrazione dei fumi del tunnel di base, del tunnel dell'Orsiera e delle discenderie. Tratta anche della ventilazione dei locali tecnici nei rami e delle stazioni d'intervento.

La nota chiarisce i dati fondamentali necessari allo studio e tutti i principi generali di funzionamento dei sistemi di ventilazione

La présente note concerne la ventilation et le désenfumage du tunnel de base, du tunnel de l'Orsiera et des descenderies. Elle traite également de la ventilation des locaux techniques en rameaux et des stations de sécurité.

La note explicite, les données fondamentales nécessaires à l'étude et elle définit tous les principaux généraux de fonctionnement des systèmes de ventilation

2 DESCRIZIONE DEL SISTEMA

2.1 DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO

I governi italiano e francese hanno deciso di avviare la costruzione di una nuova linea ferroviaria per il collegamento Torino-Lione. Il progetto consiste innanzi tutto nel realizzare un tracciato idoneo al traffico merci transalpino, destinato in particolare a limitare il traffico stradale in queste aree sensibili dal punto di vista ambientale.

Il nuovo collegamento avrà inoltre una grande rilevanza per il trasporto dei passeggeri, poiché collegherà le reti ad alta velocità italiane e francesi riducendo pertanto i tempi di percorso tra due importanti regioni frontaliere, ovvero il Piemonte e la Savoia.

Per quanto il progetto comporti tre tratte distinte, di cui due nazionali, il nostro studio verte unicamente sulla tratta comune italo-francese, detta "internazionale", tra Saint-Jean de Maurienne e l'interconnessione con la linea storica della Piana delle Chiuse.

La tratta considerata avrà una lunghezza totale di circa 80 km e sarà costituita dalle seguenti opere principali:

- I raccordi alla linea storica di Saint Jean de Maurienne,
- Il tunnel di base lungo 57.283 km,
- La stazione internazionale di Susa,
- Il tunnel dell'Orsiera lungo 19.243 km,
- L'interconnessione con la linea storica della Piana delle Chiuse.

2.2 DESCRIZIONE GENERALE DEI SISTEMI DI VENTILAZIONE E DEGLI IMPIANTI CORRELATI

I dispositivi di ventilazione riguardano l'insieme delle opere in sotterraneo della tratta internazionale.

L'obiettivo di tali dispositivi è di garantire l'estrazione dei fumi in caso di incendio nonché mantenere una qualità dell'aria compatibile con il corretto funzionamento degli impianti e con gli interventi del personale di servizio.

La presente nota ha quindi per oggetto:

- l'estrazione dei fumi dai tunnel,
- la ventilazione sanitaria delle gallerie,
- la ventilazione delle discenderie,
- la ventilazione dei locali tecnici,
- la ventilazione dei siti di sicurezza,
- i rami di collegamento,
- le porte di comunicazione Pari/Dispari.

2.3 DOCUMENTI GENERALI DI RIFERIMENTO

- PP2-TEC/-LTF-0001 – Capitolato tecnico dettagliato – Lotto C2 - Impianti
- GIG. – Criteri di sicurezza e di esercizio V21
- APR-B3/-TS3-005 – Capitolato tecnico semplificato
- APR-B3/-TS2-0800 – Studio degli scenari di estrazione dei fumi dal tunnel di base
- APR-B3/-TS2-0809 – – Studio degli scenari di estrazione dei fumi dal tunnel di Bussoleno
- PP2-C1/-TS3-0007 – Sistema di estrazione dei fumi dal Tunnel di Base
- PP2-C1/-TS3-0008 – Sistema di controllo della velocità longitudinale
- PP2-C1/-TS3-0010 – Sistema di estrazione dei fumi dal tunnel dell'Orsiera
- PP2-C1/-TS3-0028 – Analisi semplificata alternativa del tracciato F tunnel dell'Orsiera e interconnessione.
- Consegna 44
- Consegna 48

2.4 SOTTOSISTEMI INTERESSATI

Il sistema di ventilazione comprende i sottoinsiemi seguenti:

- Impianti per l'estrazione dei fumi delle seguenti opere:
 - o tunnel di base
 - o tunnel dell'Orsiera
 - o discenderie e gallerie
- Impianti per la ventilazione sanitaria delle seguenti opere:
 - o tunnel di base
 - o tunnel dell'Orsiera
 - o discenderie e gallerie
 - o locali tecnici nei rami

- o sito di Saint Martin
- o siti di sicurezza di La Praz, Modane e Clarea

- Impianti per la messa in pressione delle seguenti opere:
 - o discenderie e gallerie
 - o sito di Saint Martin
 - o siti di sicurezza
 - o rami intertubi

3 LIMITI DELLE PRESTAZIONI

3.1 LIMITI GEOGRAFICI

Le opere interessate dagli impianti di ventilazione sono i due tunnel (di base e dell'Orsiera), i rami di collegamento intertubi e i locali tecnici situati all'interno, nonché le opere di accesso al tunnel di base: discenderie di St Martin La Porte, La Praz e Modane, pozzo di Avrieux, gallerie della Val Clarea e della Maddalena.

Gli impianti descritti nella presente nota comprendono i locali situati alle estremità dei due tunnel, e alle estremità (sotterranea e esterna) delle opere di accesso al tunnel di base.

3.2 LIMITI FUNZIONALI

Il funzionamento del sistema di ventilazione è basato su una serie di scenari predefiniti, ognuno dei quali corrisponde ad una situazione (incendio, ...) e a delle specifiche condizioni (traffico, meteo, ...).

La scelta dello scenario da applicare, per ciascun sottosistema, è operata dal PCC, senza nessun legame diretto tra i mezzi di identificazione di una data situazione (video, impianti di sicurezza, ecc.) e il sistema di ventilazione.

A. ESTRAZIONE DEI FUMI DAI TUNNEL

4 OBIETTIVI DA CONSEGUIRE

La problematica della ventilazione delle gallerie ferroviarie, e soprattutto delle gallerie più lunghe, è strettamente connessa agli effetti aerodinamici creati dall'effetto pistone dei treni, agli effetti termici creati dalle differenze di temperatura tra l'interno del tunnel e l'esterno, nonché agli effetti della contropressione¹ non nulla, che può superare un kPa.

Inoltre, la problematica della ventilazione delle gallerie, e l'eventuale installazione di impianti di ventilazione, è strettamente connessa alle questioni relative alla sicurezza delle persone, in particolare in caso di incendio. In questo caso, la ventilazione deve assicurare quanto segue:

- il controllo del tappo di fumi mediante il controllo della corrente d'aria longitudinale, qualunque sia l'ubicazione dell'incendio nel convoglio o il tipo di convoglio;
- l'evacuazione degli utenti e del personale verso le uscite di soccorso nelle condizioni più sicure possibili.

4.1 STRATEGIA DI ESTRAZIONE DEI FUMI E DI EVACUAZIONE DEI PASSEGGERI

4.1.1 Strategie da applicare

4.1.1.1 Velocità dell'aria

Nella seguente tabella vengono ricapitolate le strategie di ventilazione adottate in funzione del tipo di treno incendiato, dell'ubicazione dell'incendio sul treno (unicamente TGV) e della fase considerata.

Il criterio è la velocità della corrente d'aria longitudinale da creare.

¹ Per contropressione si intende la differenza di pressione residua tra i due portali di una galleria dopo aver sottratto la componente naturale dovuta ad un'eventuale differenza di altitudine.

Tipo di treno	Ubicazione sul treno	Fase	Strategia
TGV	Motrice di testa	1: Evacuazione	Velocità critica nel senso della circolazione
		2: Lotta contro l'incendio	Velocità critica in un senso o nell'altro
	Motrice intermedia	1: Evacuazione	Velocità elevata o velocità ridotta nel senso della circolazione
		2: Lotta contro l'incendio	Velocità critica in un senso o nell'altro
	Motrice di coda	1: Evacuazione	Velocità critica nel senso opposto alla circolazione
		2: Lotta contro l'incendio	Velocità critica in un senso o nell'altro
Treno merci	1: Evacuazione	Velocità critica nel senso opposto alla circolazione	
	2: Lotta contro l'incendio	Velocità critica in un senso o nell'altro	
Autostrada ferroviaria	1: Evacuazione	Velocità critica nel senso opposto alla circolazione	
	2: Lotta contro l'incendio	Velocità critica in un senso o nell'altro	

4.1.1.2 Estrazione dei fumi

Nella seguente tabella è indicata l'opera di ventilazione attraverso cui vengono estratti i fumi, in funzione del tipo di treno incendiato, dell'ubicazione dell'incendio sul treno (unicamente TGV) e della fase considerata.

Tipo di treno	Ubicazione sul treno	Fase	Sui binari (*)	Siti di sicurezza
TGV	Motrice di testa	1: Evacuazione	Pozzo antecedente l'incendio	Serrande d'estremità antecedenti l'incendio
		2: Lotta contro l'incendio	Pozzo verso cui sono sospinti i fumi	
	Motrice intermedia	1: Evacuazione	Pozzo da entrambi i lati della tratta in cui si situa l'incendio (velocità ridotta) o pozzo antecedente l'incendio (velocità elevata)	10 serrande in corrispondenza della sala di accoglienza
		2: Lotta contro l'incendio	Pozzo verso cui sono sospinti i fumi	Serrande di estremità dal lato in cui sono sospinti i fumi
	Motrice di coda	1: Evacuazione	Pozzo posteriore all'incendio	Serrande di estremità posteriori all'incendio
		2: Lotta contro l'incendio	Pozzo verso cui sono sospinti i fumi	
Treno merci		1: Evacuazione	Pozzo posteriore all'incendio	10 serrande in corrispondenza dell'area di stazionamento
		2: Lotta contro l'incendio	Pozzo verso cui sono sospinti i fumi	
Autostrada ferroviaria		1: Evacuazione	Pozzo posteriore all'incendio	10 serrande in corrispondenza dell'area di stazionamento
		2: Lotta contro l'incendio	Pozzo verso cui sono sospinti i fumi	

(*): Nel caso di un incendio nel tunnel dell'Orsiera, o su una tratta all'estremità del tunnel di base, i fumi vengono estratti dall'imbocco del tunnel.

4.1.2 Principio di evacuazione dei passeggeri

Il tunnel di base dispone di 3 siti di sicurezza (La Praz, Modane-bis e Clarea).

I siti di sicurezza costituiscono dei punti di sosta ideali per un treno passeggeri che abbia subito un incidente e che non sia in grado di uscire dal tunnel. Pertanto, un treno passeggeri o un treno merci incidentato cercherà, per ordine di precedenza:

- di uscire dal tunnel;
- se ciò non fosse possibile, di fermarsi in una delle stazioni di sicurezza;
- se ciò non fosse possibile, di fermarsi laddove è possibile nel tunnel.

4.1.3 Treno fermo in un sito di sicurezza

4.1.3.1 Treni passeggeri

Nel caso di un arresto controllato in un sito di sicurezza di un treno passeggeri incendiato, il principio di intervento prevede l'estrazione dei fumi lungo tutto il treno attraverso le serrande poste sulla volta utilizzando rispettivamente il condotto della discenderia di La Praz, il pozzo di Avrieux oppure il pozzo di Clarea (principio di ventilazione semi-trasversale senza apporto di aria fresca in fondo al tunnel). Una volta instaurato il regime di ventilazione, i passeggeri lasciano il treno per raggiungere il sito di sicurezza attraverso i rami di collegamento.

Per evitare che il fumo invada il marciapiede di sgombro, quest'ultimo è messo in sovrappressione utilizzando il secondo pozzo di ventilazione di Avrieux.

4.1.3.2 Treni merci o di autostrada ferroviaria

Nel caso di un arresto controllato in uno dei 3 siti di sicurezza di un treno merci o di AF incendiato, il principio di intervento prevede l'estrazione dei fumi attraverso le serrande poste sulla volta utilizzando il pozzo del posto. Nel caso in cui la portata del pozzo non fosse sufficiente, per estrarre i fumi si userà il pozzo n-1 o il portale a monte.

4.1.4 Treno fermo sui binari

4.1.4.1 Incendio di una motrice di TGV

4.1.4.1.1 Incendio della motrice di coda

Nel caso di un incendio della motrice di coda, la strategia di applicazione dei mezzi di ventilazione consiste nel sospingere i fumi a valle del treno forzando uno scorrimento longitudinale alla velocità critica.

4.1.4.1.2 Incendio della motrice centrale

Nel caso di un incendio al centro di un convoglio TGV, è possibile attuare due strategie di estrazione dei fumi:

- la strategia di estrazione dei fumi mediante diluizione, che mira a sospingere i fumi nel senso di marcia del treno ad una velocità elevata,

- la strategia a velocità ridotta, che mira a mantenere un'eventuale stratificazione dei fumi in prossimità dell'incendio, mantenendo bassa la velocità di scorrimento.

4.1.4.1.3 Incendio della motrice di testa

Nel caso di un incendio della motrice di testa, la strategia di applicazione dei mezzi di ventilazione consiste nel sospingere i fumi a monte del treno forzando uno scorrimento longitudinale alla velocità critica.

4.1.4.2 Incendio di un treno merci

Ad eccezione del conducente, un treno merci non trasporta passeggeri. La ventilazione è utilizzata per creare una corrente d'aria superiore alla velocità critica nel senso opposto alla circolazione, in modo da permettere al conducente di mettersi in salvo senza essere ostacolato dai fumi.

4.1.4.3 Incendio di un treno di autostrada ferroviaria

I convogli di autostrada ferroviaria sono composti da un veicolo Sonia in testa + 1 locomotiva + 1 convoglio + 1 locomotiva. In caso di incendio, lo scenario normale prevede che il Sonia si stacchi dal resto del convoglio e che esca dal tunnel in modo autonomo. La probabilità di anomalia di questa procedura normale è molto ridotta.

La ventilazione è utilizzata per creare una corrente d'aria alla velocità critica nel senso opposto alla circolazione, in modo da allontanare i fumi dal Sonia.

4.2 DATI DI DIMENSIONAMENTO

4.2.1 Incendi e relative velocità dell'aria

Nella tabella seguente sono riepilogati i tipi di incendio da considerare, la loro potenza nominale, e le velocità della corrente di aria longitudinale da creare allo scopo di controllare i fumi.

<i>Tipo di incendio</i>	<i>Potenza nominale totale (MW)</i>	<i>Strategia</i>	<i>Velocità della corrente di aria desiderata (m/s)</i>
<i>Motrice centrale di un treno passeggeri</i>	30	<i>Diluizione a velocità elevata</i>	> 6
<i>Motrice all'estremità di un treno passeggeri</i>	15	<i>Stratificazione a bassa velocità</i>	0.5 ± 0.5
<i>Motrice all'estremità di un treno passeggeri</i>	27	<i>Scorrimento alla velocità critica</i>	2.8

<i>Treno merci</i>	170	<i>Scorrimento alla velocità critica</i>	3.8
--------------------	-----	--	-----

Queste velocità sono misurate in piena sezione del tunnel, senza tener conto della riduzione di sezione dovuta alla presenza del treno, né degli ampliamenti locali nei siti di sicurezza.

Peraltro, si assume che:

- 1/3 della potenza dell'incendio si dissipa sotto forma di irraggiamento,
- l'aumento di potenza dell'incendio è quasi istantaneo a partire dall'arresto del treno incendiato (aumento dal 10% al 100% della potenza in 2'),
- la potenza rimane quindi costante per tutta la durata dell'evento.

4.2.2 Altre condizioni aerauliche da rispettare

4.2.2.1 Velocità di ritorno

Nel caso in cui i fumi vengano estratti da opere di ventilazione, la velocità di ritorno a valle deve essere al minimo pari a 1 m/s in direzione del punto di estrazione.

4.2.2.2 Non-riciclaggio dei fumi agli imbocchi

L'assenza di propagazione dei fumi attraverso l'imbocco del tubo non interessato dall'incidente deve essere assicurata creando una velocità di uscita dell'aria dal tubo sicuro di almeno 1 m/s.

Questo criterio dovrà essere rispettato nel caso di un incendio nelle tratte alle estremità del tunnel di base e per tutti i casi di incendio nel tunnel dell'Orsiera.

4.2.2.3 Non-dispersione dei fumi nella scia

I fumi prodotti dal treno incendiato prima che sosti devono essere sospinti verso il punto di estrazione selezionato, se possibile integralmente.

Gli scenari di ventilazione da implementare daranno quindi priorità all'assenza di mandata di aria nel tubo incidentato a partire dal punto di immissione immediatamente a monte del treno in sosta.

4.2.2.4 Siti di sicurezza

In complemento alle strategie e agli obiettivi generali, per i siti di sicurezza si applicherà il criterio seguente:

- Nel caso di un incendio sul binario di corsa della motrice centrale di un TGV, l'obiettivo del sistema di ventilazione consiste nel creare e mantenere un punto di velocità nullo nella zona di estrazione, in modo tale da evitare che i fumi oltrepassino le serrande utilizzate per l'estrazione.

4.2.2.5 Modane bis

In complemento alle strategie e agli obiettivi generali, oltre a quelli applicabili per i siti di sicurezza, per Modane bis si applicherà il criterio seguente:

- Il caso di un incendio in un binario di precedenza non va considerato.

4.2.3 Interdistanza in sosta in caso di incendio

Nel caso di una frenata di emergenza in seguito ad un allarme incendio, per il dimensionamento degli impianti di ventilazione, occorre considerare le seguenti interdistanze e la successione dei treni (ARP-A2-TS2-5101-C "Principio di trattamento degli incidenti").

Tipo di treno	TGV	TGV	AF	Merci	Merci	Merci	AF	Merci	Merci	AF
Distanza dal treno precedente (km)	30	7,5	13	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5

- *Distanza tra i treni*

Questa sequenza sarà ripresa per tutti gli scenari d'incendio studiati e corrisponderà alla situazione di ubicazione relativa dei treni nel momento in cui inizia la fase di rallentamento dei treni.

Le velocità di esercizio delle diverse tipologie di treni sono:

- Treni passeggeri: 220 km/h
- Merci e autostrada ferroviaria: 120 km/h

4.2.4 Timing delle procedure di estrazione dei fumi

L'istante iniziale t_0 di avvio della procedura di ventilazione corrisponde all'istante di lancio della fase di arresto del treno incendiato.

In tutti i casi, la velocità ridotta considerata è: 30 km/h

4.2.4.1 Caso dell'incendio di un treno passeggeri

Tempo (min)	Azioni	
	Tubo incidentato	Tubo sicuro
0	Lancio della procedura di arresto Lancio della procedura di ventilazione fase 1	
2	Arresto del treno incendiato e dei treni successivi	

Ventilazione: Nota generale

Ventilation: Notice générale

3	Inizio del rallentamento dei treni precedenti	Inizio frenatura dei treni che non hanno superato il sinistro Inizio rallentamento dei treni che hanno superato il sinistro
5	Treni precedenti a velocità ridotta	Arresto dei treni che non hanno superato il sinistro Treni che hanno superato il sinistro a velocità ridotta
7	Regime di ventilazione stazionario	
10	Inizio allontanamento dei treni successivi a velocità ridotta Inizio evacuazione attraverso 2 rami in corrispondenza del treno incendiato	Inizio allontanamento dei treni che non hanno superato il sinistro
30	Fine dell'evacuazione attraverso i rami Lancio della procedura di ventilazione fase 2	

4.2.4.2 Altri casi

Per gli altri casi di incendio, le differenze sono le seguenti:

- I treni del tubo non incidentato, tubo sicuro, continuano a circolare normalmente fino a che tutti i treni non siano usciti.
- I rami possono essere aperti interamente (messa in comunicazione dei 2 tubi) soltanto nel caso dei treni passeggeri (2 sui binari, 8 per i siti di sicurezza).
- Il criterio dell'instaurazione del regime di ventilazione a T0+7' non può essere applicato per i treni merci e di autostrada ferroviaria.

4.2.5 Contropressioni atmosferiche

Le prestazioni succitate devono essere ottenute fino a una differenza di pressione atmosferica (dopo la correzione relativa alla differenza di altitudine) tra i due imbocchi del tunnel di:

- ± 1000 Pa per il tunnel di base,
- ± 150 Pa per il tunnel dell'Orsiera.

4.2.6 Disponibilità ed affidabilità

- Per ogni scenario di estrazione dei fumi si dovrà dare la precedenza alla soluzione in cui si farà un uso simultaneo del minor numero di pozzi, gallerie o discenderie. In tal modo,

l'indisponibilità di uno di questi elementi potrà essere ovviata (in tutto o in parte) attraverso l'uso degli altri elementi disponibili.

- Gli impianti saranno studiati per resistere al primo difetto: vale a dire che, malgrado un primo difetto su un impianto, le prestazioni assicurate dal sistema di estrazione dei fumi sono mantenute.
- Gli impianti devono essere studiati affinché le operazioni di manutenzione che determinano l'indisponibilità di una funzione possano essere interamente realizzate durante i periodi di interruzione della circolazione dei treni.

B. VENTILAZIONE SANITARIA DEI TUNNEL

5 OBIETTIVI DA CONSEGUIRE

La ventilazione sanitaria dei tunnel ha i seguenti obiettivi:

- Assicurare uno scorrimento longitudinale per evitare il ristagno dell'aria,
- Apportare un volume d'aria pura alle persone presenti,
- Assicurare la diluizione delle sostanze inquinanti.

6 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO

Gli impianti di ventilazione sanitaria dei tunnel devono garantire una qualità dell'aria accettabile in permanenza, e soprattutto durante le operazioni di manutenzione o durante lo svolgimento di lavori in galleria.

La quantità minima di aria da fornire a livello di ciascuna zona interessata sarà definita dal maggiore valore tra quelli riportati sotto:

- Apporto di 50 l/s/persona
- Apporto di 50 l/s/cv (se presenza di macchine con motorizzazione termica)
- Creazione di una corrente d'aria longitudinale di 1 m/s

In base a questi diversi criteri di dimensionamento, gli studi del progetto di riferimento avevano permesso di concludere che il fabbisogno di aria corrisponde, nella maggior parte dei casi, a velocità longitudinali di circa di 1 m/s, ed eccezionalmente di 4 m/s.

C. VENTILAZIONE DELLE DISCENDERIE

7 OBIETTIVI DA CONSEGUIRE

Le discenderie (St Martin, La Praz, Modane) e la galleria (Maddalena) di accesso al tunnel di base comprendono una zona destinata al traffico stradale.

Per queste zone occorre assicurare tre funzionalità:

- L'estrazione dei fumi in caso di incendio nella discenderia,
- La ventilazione sanitaria,
- La messa in pressione in caso di incendio nel tunnel ferroviario.

7.1 ESTRAZIONE DEI FUMI

7.1.1 Strategia da applicare

Nel caso di un incendio in una discenderia o in galleria, il principio di estrazione dei fumi adottato consiste nel creare uno scorrimento longitudinale dell'aria nella piena sezione dell'opera, in modo da respingere i fumi.

Per difetto, i fumi devono essere diretti verso l'estremità della discenderia lato tunnel ferroviario, in modo da facilitare l'accesso dei soccorsi e l'evacuazione delle persone attraverso l'imbocco della discenderia.

Nel caso in cui delle persone dovessero trovarsi tra il veicolo incendiato e il fondo della discenderia, tali persone avrebbero la possibilità di mettersi in salvo attraverso il sas* collocato all'estremità (o i raccordi con i rami per la galleria della Maddalena).

Il senso di scorrimento dei fumi dovrà poter essere invertito su ordine dei servizi di pronto intervento.

(*): locale munito di due porte a tenuta stagna che permette di mettere in comunicazione due spazi aventi pressioni differenti.

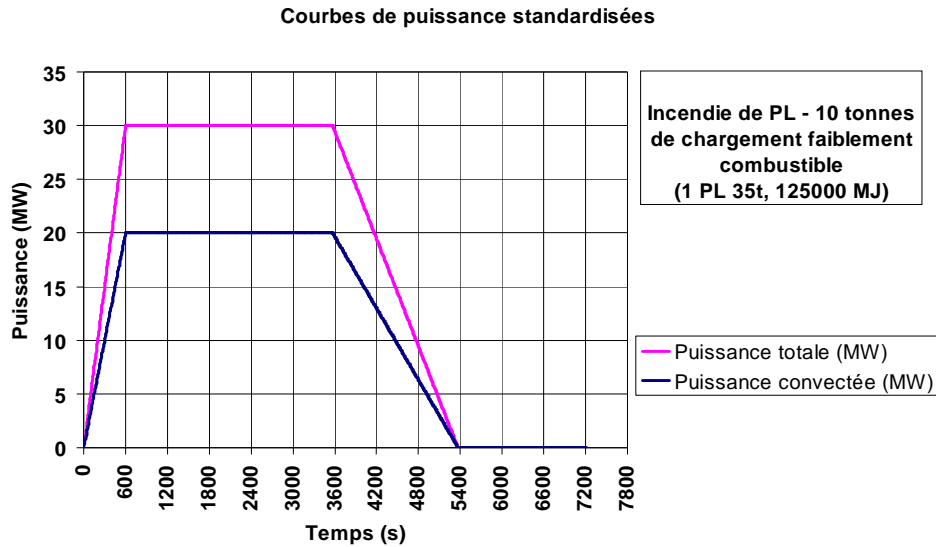
7.1.2 Dati di dimensionamento

7.1.2.1 Incendio

- Un solo veicolo nell'opera (questo caso corrisponde all'incendio di un veicolo di servizio e/o manutenzione dopo l'evacuazione degli altri veicoli attraverso i sas).

Potenza nominale: 30 MW, di cui 1/3 dissipato per irraggiamento (incendio di mezzo pesante, potenza standard)

Produzione fumi: 80 m³/s



Curve di potenza standard

Incendio di veicolo pesante (VP) – 10 tonnellate di carico poco combustibile (1 VP 35t, 125000 MJ)

In rosso : Potenza totale (MW) - In blu : Potenza generata (MW)

7.1.2.2 Obiettivi di velocità dell'aria

La velocità della corrente d'aria necessaria per allontanare i fumi, o velocità critica, è calcolata usando le formule di Danziger e Kennedy. Per l'incendio considerato, si ottengono i seguenti risultati:

Opera	St-Martin	La Praz	Modane	Maddalena
Velocità critica	2,8 m/s	2,9 m/s	2,8 m/s	2,5 m/s*

* Da convalidare in funzione della geometria definitiva e degli studi funzionali.

Queste velocità sono misurate in piena sezione della discenderia, senza tener conto della riduzione di sezione dovuta alla presenza del veicolo, né delle variazioni di sezione locali.

7.1.3 Disponibilità ed affidabilità

Gli impianti saranno studiati per resistere al primo difetto: vale a dire che, malgrado un primo difetto su un impianto, le prestazioni assicurate dal sistema di estrazione dei fumi sono mantenute.

7.2 VENTILAZIONE SANITARIA

La ventilazione sanitaria delle discenderie o gallerie dovrà rispettare i seguenti obiettivi:

- mantenimento permanente di una qualità dell'aria compatibile con il normale esercizio nell'opera,
- tasso minimo di ricambio dell'aria di 1 vol/h,

- velocità di scorrimento dell'aria di minimo 1 m/s per ventilare tutto il rettilineo delle discenderie o gallerie senza zone morte.

7.2.1 Portate d'aria necessarie

7.2.1.1 Traffico di dimensionamento

Il traffico considerato è pari a 8 veicoli all'ora per senso di marcia con un traffico costituito unicamente da mezzi pesanti che circolano ad una velocità di 70 km/h (APR-B3-TS2-0802-C "Studio della ventilazione e dell'estrazione dei fumi delle discenderie").

7.2.1.2 Soglie massime ammesse per le sostanze inquinanti

Per analogia con i criteri applicati nelle gallerie stradali della rete francese (Dossier pilota Ventilazione – CETu – Novembre 2003), sono state adottate le seguenti soglie massime ammesse:

Sostanze inquinanti	CO	Opacità	NOx
Livello massimo	50 ppm	$5 \cdot 10^{-3} m^{-1}$	8 ppm

7.2.1.3 Portate d'aria per il disinquinamento dell'opera

Per ciascuna discenderia o galleria, le portate d'aria necessarie a garantire il disinquinamento sono valutate secondo il metodo «Calcul des émissions de polluants des véhicules automobiles en tunnel» – CETu – Aprile 2002 (*Calcolo delle emissioni di sostanze inquinanti da parte di autoveicoli*).

Le emissioni unitarie di un mezzo pesante che circola a 70 km/h, per le tre sostanze inquinanti oggetto dello studio, sono indicate nella tabella seguente.

Tali valori servono come base di calcolo delle portate di aria necessarie a garantire il rispetto delle soglie massime ammesse per le sostanze inquinanti.

Emission de polluant pour un poids lourd circulant à 70 km/h en fonction de la pente

	-6%	-4%	-2%	0	2%	4%	6%
CO (l/h)	37.7	50.9	62.8	75.7	103.0	134.6	0.0
NOx (l/h)	53.1	71.3	88.1	106.3	159.4	219.8	0.0
fumées (m²/h)	3.9	5.2	6.4	7.7	10.3	13.1	0.0

*Emissione di sostanze inquinanti per un mezzo pesante che circola a 70 km/h in funzione della pendenza
 fumées = fumi*

La tabella seguente indica le portate d'aria fresca da immettere nell'opera, allo scopo di ottenere, dappertutto, una diluizione delle sostanze inquinanti sufficiente per rispettare le soglie massime ammesse:

<i>Sito</i>	<i>St Martin</i>	<i>La Praz</i>	<i>Modane</i>	<i>Maddalena</i>
<i>Portata d'aria</i>	$3 \text{ m}^3/\text{s}$	$4,5 \text{ m}^3/\text{s}$	$6,5 \text{ m}^3/\text{s}$	$12,5 \text{ m}^3/\text{s}^*$

* Da convalidare in funzione della geometria definitiva e degli studi funzionali.

7.2.1.4 Portata d'aria che assicura il tasso minimo di ricambio dell'aria nell'opera

Per assicurare un ricambio minimo dell'aria pari a 1 volume all'ora, occorre fornire una portata Q pari a:

$$Q = S \times L \times 1/3600$$

In cui S: sezione della discenderia

L: lunghezza della discenderia

Ad esempio, per la discenderia di St Martin:

$$Q = 43 \times 2038 \times 1/3600 = 24,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

Per ciascuna discenderia o galleria, le portate d'aria necessarie a garantire il tasso minimo di ricambio dell'aria di 1 vol/h sono indicate sotto:

<i>Sito</i>	<i>St Martin</i>	<i>La Praz</i>	<i>Modane</i>	<i>Maddalena</i>
<i>Portata d'aria</i>	$24,5 \text{ m}^3/\text{s}$	$37 \text{ m}^3/\text{s}$	$40,5 \text{ m}^3/\text{s}$	$66 \text{ m}^3/\text{s}^*$

* Da convalidare in funzione della geometria definitiva e degli studi funzionali.

7.2.1.5 Portata d'aria che assicura la velocità minima di scorrimento dell'aria nell'opera

Per assicurare una velocità di scorrimento di 1 m/s, occorre fornire una portata Q pari a:

$$Q = S \times V$$

In cui S: sezione della discenderia

V: velocità dell'aria nella discenderia

Ad esempio, per la discenderia di St Martin:

$$Q = 43 \times 1 = 43 \text{ m}^3/\text{s}$$

Per ciascuna discenderia o galleria, le portate d'aria necessarie a garantire la velocità minima di scorrimento dell'aria di 1 m/s sono indicate sotto:

<i>Sito</i>	<i>St Martin</i>	<i>La Praz</i>	<i>Modane</i>	<i>Maddalena</i>
<i>Portata d'aria</i>	$43 \text{ m}^3/\text{s}$	$52 \text{ m}^3/\text{s}$	$36 \text{ m}^3/\text{s}$	$23,5 \text{ m}^3/\text{s}^*$

* Da convalidare in funzione della geometria definitiva e degli studi funzionali.

7.2.1.6 Portate d'aria da immettere

Le portate d'aria occorrenti sono pertanto:

<i>Sito</i>	<i>St Martin</i>	<i>La Praz</i>	<i>Modane</i>	<i>Maddalena</i>
<i>Portata d'aria</i>	<i>43 m³/s</i>	<i>52 m³/s</i>	<i>40,5 m³/s</i>	<i>66 m³/s*</i>

* Da convalidare in funzione della geometria definitiva e degli studi funzionali.

7.3 MESSA IN PRESSIONE

- In situazione normale di esercizio ferroviario e in situazione di manutenzione, la decompressione dell'aria immessa nelle discenderie si effettua verso il tunnel ferroviario. In situazione normale di esercizio, e solo quando nessun veicolo è presente nell'opera, è possibile dimezzare la portata. In situazione di manutenzione, la ventilazione è assicurata grazie alla portata d'aria riportata sopra.
- In situazione di incendio nel tunnel ferroviario (uso delle discenderie per assicurare l'evacuazione): la decompressione viene effettuata verso l'esterno. La ventilazione è assicurata grazie alla portata d'aria riportata sopra.
- In caso di incendio nel tunnel ferroviario, l'impianto di ventilazione sanitaria assicurerà un livello di sovrappressione nella discenderia pari a 70 Pa rispetto alla pressione che regna nella caverna in fondo alla discenderia.

7.4 TABELLE RIEPILOGATIVE

7.4.1 Caratteristiche principali delle discenderie e dei pozzi

Opera	APR/PD					RPP				
	Posizione della giunzione con il tunnel a partire dall'imbocco ovest	Lunghezza	Altitudine dell'imbocco	Pendenze a partire dall'imbocco	Sezione e perimetro destinati al traffico stradale	Posizione della giunzione con il tunnel a partire dall'imbocco ovest	Lunghezza	Altitudine dell'imbocco	Pendenze a partire dall'imbocco	Sezione e perimetro destinati al traffico stradale
Discenderia e pozzo di St Martin(*)	7307 m	2038 m	695 m	+1 % per 800 m, -7.82 % per 1238 m	43 m ² 25 m	7307 m	2038 m	695 m	+1 % per 800 m, -7.82 % per 1238 m	43 m ² 25 m
Discenderia e pozzo di La Praz(*)	16 856 m	2556 m	969 m	-12 %	52 m ² 29 m	16 856 m	2556 m	969 m	-12 %	52 m ² 29 m
Discenderia di Modane	29 059 m	4049 m	1087 m	+0.778 % per 1025 m, -12.05 % per 3024 m	36 m ² 23 m	29 059 m	4049 m	1087 m	+0.778 % per 1025 m, -12.05 % per 3024 m	36 m ² 23 m
Pozzo di Avrieux	28 328 m	860 m	1300 m	Verticale per 530 m, orizzontale per 330 m	-	28 328 m	860 m	1300 m	Verticale per 530 m, orizzontale per 330 m	-
Pozzo della Val Clarea	43 079 m	5600 m	1112 m	-7.8%	-	47 998 m	4522 m	1125 m	1% per 132 m, -12.0% per 4273 m	42 m ² 25 m
Galleria di Venaus	43 454 m	10 113 m	570 m	+0.3 % per 1106 m, +0.85 % per 9007 m	23,5 m ² 17 m					
Galleria della Maddalena						47 998 m circa	7541 m circa	673 m	Da definire	18 m ² 15 m

7.4.2 Sezioni di aria occorrenti

Ventilazione: Nota generale
 Ventilation: Notice générale

Opera	APR/PD		RPP		Osservazioni
	Funzione	Sezione condotto	Funzione	Sezione condotto	
Discenderia di St Martin (1)	Ventilazione dei locali tecnici nei rami ⁽²⁾	2 m ²	Ventilazione dei locali tecnici nei rami ⁽²⁾	2 m ²	Soppressione della funzione stazione di intervento
	Ventilazione dell'area non ferroviaria della stazione di intervento ⁽²⁾	2,5 m ²			
Pozzo di St Martin (1)	Ventilazione del tunnel e estrazione dei fumi dalla discenderia ⁽²⁾	20 m ²	Ventilazione del tunnel e estrazione dei fumi dalla discenderia ⁽²⁾	20 m ²	
Discenderia di La Praz (1)	Ventilazione dei locali tecnici nei rami ⁽²⁾	2 m ²	Ventilazione dei locali tecnici nei rami ⁽²⁾	2 m ²	Transposizione Modane
	Ventilazione dell'area non ferroviaria della stazione di intervento ⁽²⁾	2,5 m ²	Ventilazione dell'area non ferroviaria del sito di sicurezza ⁽²⁾	10 m ²	
Pozzo di La Praz (1)	Ventilazione del tunnel ed estrazione dei fumi dalla discenderia ⁽²⁾	20 m ²	Ventilazione del tunnel e estrazione dei fumi dalla discenderia ⁽²⁾	20 m ²	
Discenderia di Modane	Ventilazione dei locali tecnici nei rami ⁽²⁾	2 m ²	Ventilazione dei locali tecnici nei rami ⁽²⁾	2 m ²	
	Ventilazione dell'area non ferroviaria della stazione di sicurezza ⁽²⁾	10 m ²	Ventilazione dell'area non ferroviaria del sito di sicurezza ⁽²⁾	10 m ²	
Pozzo di Avrieux	Ventilazione del tunnel ed estrazione dei fumi dalla discenderia	2 x 27 m ²	Ventilazione del tunnel ed estrazione dei fumi dalla discenderia	2 x 27 m ²	
Pozzo della Val Clarea	Ventilazione del tunnel ed estrazione dei fumi dalla galleria	42 m ²	Ventilazione del tunnel ed estrazione dei fumi dalla galleria	42 m ²	Valore da conservare per un pozzo lungo 4500 m
	Ventilazione dei locali tecnici nei rami ⁽²⁾	3 m ²	Ventilazione dei locali tecnici nei rami ⁽²⁾	3 m ²	Transposizione Modane + lunghezza pozzo
	Ventilazione dell'area non ferroviaria della stazione di intervento ⁽²⁾	3 m ²	Ventilazione dell'area non ferroviaria del sito di sicurezza ⁽²⁾	13 m ²	
Galleria di Venaus	Nessuna specifica funzione di ventilazione	-			
Galleria della Maddalena			Nessuna specifica funzione di ventilazione		

D. VENTILAZIONE DEI LOCALI TECNICI

8 OBIETTIVI DA CONSEGUIRE

La ventilazione sanitaria dei locali tecnici in galleria ha i seguenti obiettivi:

- Assicurare il ricambio minimo dell'aria,
- Mantenere la temperatura sotto la soglia prefissata.

9 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO

La ventilazione sanitaria dei locali tecnici in galleria dovrà rispettare i seguenti requisiti:

- Mantenimento permanente di una temperatura compatibile con il funzionamento delle apparecchiature presenti nei locali, fissata ad un massimo di 40 °C;
- Tasso minimo di ricambio dell'aria di 3 vol/h;
- L'aria immessa nei locali proverrà dai tubi ferroviari;
- Come soluzione alternativa, l'aria fresca esterna potrà essere prelevata dai condotti di aria fresca in fondo alle discenderie (conformemente all'osservazione della CIG espressa nel dossier di APS/PP);
- Le reti di mandata e di evacuazione dell'aria dovranno essere munite di dispositivi (valvole) che consentano di ricostituire il grado tagliafuoco di tutte le pareti attraversate, in caso di incendio.

E. VENTILAZIONE DEI SITI DI SICUREZZA

10 OBIETTIVI DA CONSEGUIRE

La ventilazione delle aree non ferroviarie dei siti di sicurezza deve garantire due funzionalità:

- La ventilazione sanitaria,
- La messa in pressione in caso di incendio nel tunnel ferroviario.

11 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO

La ventilazione delle aree non ferroviarie dei siti di sicurezza dovrà rispettare i seguenti requisiti:

- L'aria immessa nei locali dovrà essere prelevata all'esterno,
- Le reti di mandata e di evacuazione dell'aria dovranno essere munite di dispositivi (valvole) che consentano di ricostituire il grado tagliafuoco di tutte le pareti attraversate, in caso di incendio,
- Gli impianti saranno studiati per resistere al primo difetto.

Nel caso di un incendio in un tubo ferroviario, queste aree devono essere messe in sovrappressione per evitare che vengano invase dai fumi.

I criteri adottati sono:

- La sovrappressione dei locali rispetto al tubo incidentato deve essere di 80 Pa, con tutte le porte chiuse;
- Nel caso in cui le porte di accesso siano aperte, la velocità della corrente dell'aria attraverso le porte deve essere compresa tra 1 m/s e 13 m/s, dal locale verso il tunnel.

In ventilazione sanitaria, la portata immessa in permanenza sarà pari a circa il 50% della portata in caso di incendio.

F. RAMI DI COLLEGAMENTO

12 OBIETTIVI DA CONSEGUIRE

I rami di collegamento tra i due tubi ferroviari devono assicurare le seguenti funzioni:

- Nel caso di un incendio in un tubo ferroviario, devono impedire la propagazione dei fumi dal tubo incidentato verso l'altro tubo;
- Devono assicurare il passaggio dei pedoni da un tubo ferroviario all'altro.

12.1 PROTEZIONE DEL TUBO SICURO

Per evitare che il tubo non incidentato venga invaso dai fumi, devono essere rispettati i due criteri seguenti:

- In corrispondenza del treno incendiato, la sovrappressione del tubo sicuro rispetto al tubo incidentato deve essere di 80 Pa, con tutte le porte dei rami chiuse;
- Nel caso in cui le porte dei rami siano aperte, ciò che corrisponde al periodo di evacuazione delle persone dal tubo incidentato verso l'altro tubo, la velocità della corrente dell'aria attraverso le porte deve essere compresa tra 1 m/s e 13 m/s, dal tubo sicuro verso il tubo incidentato.

12.2 PORTE DEI RAMI

12.2.1 Geometria

Il passaggio libero delle porte è fissato a:

- Altezza utile: 2.20 m,
- Larghezza utile: 2.00 m,
- Un solo battente scorrevole.

12.2.2 Funzionamento

Le porte dei rami consentono le seguenti modalità di funzionamento:

- Manovra elettrica comandata dal PCC,
- Manovra elettrica locale, prioritaria rispetto al PCC,
- Manovra manuale, lato tubi ferroviari unicamente. Questa modalità è prioritaria. Nel caso in cui una porta venga aperta manualmente lato tunnel, l'altra porta dello stesso ramo non dovrà poter essere aperta senza l'autorizzazione del PCC.

12.2.3 Resistenza al fuoco

Il criterio adottato è un grado tagliafuoco tra tubo ferroviario e ramo:

- ISO 834: 120 minuti
oppure
- HCM (curva idrocarburi maggiorata): 90 minuti.

G. PORTE DELLE COMUNICAZIONI PARI-DISPARI

13 OBIETTIVI DA CONSEGUIRE

Le comunicazioni pari-dispari sono i binari ferroviari che collegano le due canne del tunnel di base e le due canne del tunnel dell'Orsiera.

- Tunnel di base: sono ubicate alle estremità della stazione sotterranea di Modane-bis;
- Tunnel dell'Orsiera: una comunicazione P/D è ubicata all'estremità Est del tunnel. Questa comunicazione consente il passaggio dal tubo Sud verso il tubo Nord.

Al centro di esse è predisposta una cavità per l'alloggiamento dei dispositivi di otturazione oggetto della presente nota.

Il ruolo di queste porte è assicurare, in caso di incendio in uno dei tubi ferroviari, l'indipendenza aeraulica tra il binario 1 e il binario 2, in modo da agevolare l'azione degli impianti di estrazione dei fumi.

Questa indipendenza deve essere mantenuta per una durata minima di 2 ore.

Per realizzare questa funzione è stato adottato il seguente criterio:

- Otturazione minima pari all'80 % della sezione, senza interferenza con la catenaria e il binario.

Gli altri requisiti relativi al funzionamento di questi elementi sono i seguenti:

- Le porte resteranno normalmente in posizione aperta,
- In questa posizione, non dovranno incidere sulla sagoma,
- Il tempo di chiusura o apertura è stato fissato a 1 minuto,
- Le porte devono potere essere manovrate in qualsiasi momento.

14 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO

14.1 RESISTENZA AL FUOCO

Considerata l'assenza di una tenuta totale di queste porte, e la necessità di non interferire con la catenaria, la qualità tagliafuoco non potrà essere garantita.

Le porte saranno per contro dimensionate al fine di ottenere una stabilità al fuoco di 2 ore ai sensi della norma ISO 834.

14.2 RESISTENZA ALLA PRESSIONE

Le porte devono potere essere aperte o chiuse in qualsiasi momento. Per il dimensionamento della loro struttura e dei dispositivi di manovra viene quindi preso in considerazione il caso di traffico ferroviario più penalizzante.

Nel caso in cui dei treni di autostrada ferroviaria si incrocino in prossimità della comunicazione pari-dispari, la porta in posizione chiusa (o in fase di manovra) può essere sottoposta alle seguenti pressioni massime:

+10 kPa da un lato, -10 kPa dall'altro

14.3 IMPATTO CON UN TRENO

Nel caso di un disfunzionamento che determini il passaggio di un treno nella comunicazione con la porta chiusa, le conseguenze della collisione dovranno essere ridotte al minimo.

Il treno considerato sarà un convoglio di autostrada ferroviaria che circola a 100 km/h.

SOMMAIRE

1	GENERALITES	32
1.1	DESCRIPTION GÉNÉRALE DU PROJET	32
1.2	DESCRIPTION GÉNÉRALE DES SYSTÈMES DE VENTILATION ET ÉQUIPEMENTS ASSOCIÉ	32
1.3	DOCUMENTS GÉNÉRAUX DE RÉFÉRENCE	33
1.4	SOUS-SYSTÈMES CONCERNÉS	33
2	LIMITES DE PRESTATIONS	34
2.1	LIMITES GÉOGRAPHIQUES	34
2.2	LIMITES FONCTIONNELLES	34
A.	DÉSENFUMAGE DES TUNNELS	35
3	OBJECTIFS A ATTEINDRE	35
3.1	STRATÉGIE DE DÉSENFUMAGE ET D'ÉVACUATION DES PASSAGERS	35
3.1.1	<i>Stratégies à appliquer</i>	35
3.1.2	<i>Principe d'évacuation des passagers</i>	38
3.1.3	<i>Train arrêté dans un site de sécurité</i>	38
3.1.4	<i>Train arrêté en pleine voie</i>	38
3.2	DONNÉES DE DIMENSIONNEMENT	39
3.2.1	<i>Incendies et vitesses d'air associées</i>	39
3.2.2	<i>Autres conditions aérauliques à respecter</i>	40
3.2.3	<i>Espacement à l'arrêt en cas d'incendie</i>	41
3.2.4	<i>Timing des procédures de désenfumage</i>	41
3.2.5	<i>Contre-pressions atmosphériques</i>	42
3.2.6	<i>Disponibilité et fiabilité</i>	43
B.	VENTILATION HYGIÉNIQUE DES TUNNELS	44
4	OBJECTIFS A ATTEINDRE	44
5	CRITÈRES DE DIMENSIONNEMENT	44
C.	VENTILATION DES DESCENDERIES	45
6	OBJECTIFS A ATTEINDRE	45
6.1	DÉSENFUMAGE	45
6.1.1	<i>Stratégie à appliquer</i>	45
6.1.2	<i>Données de dimensionnement</i>	45
6.1.3	<i>Disponibilité et fiabilité</i>	46
6.2	VENTILATION HYGIÉNIQUE	46
6.2.1	<i>Débits d'air nécessaires</i>	47
6.3	MISE EN PRESSION	49
6.4	TALBEAUX RECAPITULATIFS	49
6.4.1	<i>Caractéristiques principales des descenderies et puits</i>	50
6.4.2	<i>Sections d'air nécessaires</i>	51
D.	VENTILATION DES LOCAUX TECHNIQUES	53
7	OBJECTIFS A ATTEINDRE	53
8	CRITÈRES DE DIMENSIONNEMENT	53
E.	VENTILATION DES SITES DE SECURITE	54
9	OBJECTIFS A ATTEINDRE	54
10	CRITÈRES DE DIMENSIONNEMENT	54

F. RAMEAUX DE COMMUNICATION	55
11 OBJECTIFS A ATTEINDRE	55
11.1 PROTECTION DU TUBE SAIN	55
11.2 PORTES DES RAMEAUX	55
11.2.1 Géométrie	55
11.2.2 Fonctionnement.....	55
11.2.3 Résistance au feu.....	56
G. PORTES DES COMMUNICATIONS PAIR-IMPAIR.....	57
12 OBJECTIFS A ATTEINDRE	57
13 CRITÈRES DE DIMENSIONNEMENT	57
13.1 RÉSISTANCE AU FEU	57
13.2 RÉSISTANCE À LA PRESSION.....	58
13.3 CHOC AVEC UN TRAIN.....	58

1 GENERALITES

1.1 DESCRIPTION GENERALE DU PROJET

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

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

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

La section ainsi considérée aura une longueur totale d'environ 80 km et les principaux ouvrages la constituant seront les suivants :

- Les raccordements à la ligne historique de Saint Jean de Maurienne,
- Le tunnel de base de 57.283 km,
- La station internationale de Susa
- Le tunnel de L'Orsiera d'une longueur de 19.243 km,
- L'Interconnexion avec la ligne historique de la Piana delle Chiuse.

1.2 DESCRIPTION GENERALE DES SYSTEMES DE VENTILATION ET EQUIPEMENTS ASSOCIE

Les dispositifs de ventilation concernent l'ensemble des ouvrages souterrains de la section internationale.

Leur but est d'une part, d'assurer le désenfumage en cas d'incendie, et d'autre part, de maintenir une qualité d'air compatible avec le fonctionnement des équipements et les interventions d'exploitation.

La présente notice traite ainsi de :

- Du désenfumage des tunnels
- De la ventilation hygiénique des tunnels
- De la ventilation des descenderies
- De la ventilation des locaux techniques
- De la ventilation des sites de sécurité
- Des rameaux de communication
- Des portes de communication Paire/Impaire.

1.3 DOCUMENTS GENERAUX DE REFERENCE

- PP2-TEC/-LTF-0001 – Cahier des charges techniques détaillé – Lot C2 - Equipements
- GIG. – Critères de sécurité et d'exploitation V21
- APR-B3/-TS3-005 – cahier de charge technique simplifié
- APR B3/-TS2-0800 - Etude de scenarii de désenfumage du tunnel de base
- APR-B3/-TS2-0809 – Etude des scenarii de désenfumage du tunnel de Bussoleno
- PP2-C1/-TS3-0007 - Système de désenfumage du Tunnel de Base
- PP2-C1/-TS3-0008 - Système de contrôle de la vitesse longitudinale
- PP2-C1/-TS3-0010 – système de désenfumage du tunnel de l'Orsiera
- PP2-C1/-TS3-0028 – Analyse simplifiée alternative de tracé F tunnel de l'Orsiera et interconnexion.
- Soumission 44
- Soumission 48

1.4 SOUS-SYSTEMES CONCERNES

Le système de ventilation comprend les sous-systèmes suivants :

- Installations de désenfumage :
 - o du tunnel de base
 - o du tunnel de l'Orsiera
 - o des descenderies et galeries
- Installations de ventilation hygiénique :
 - o du tunnel de base
 - o du tunnel de l'Orsiera
 - o des descenderies et galeries
 - o des locaux techniques en rameaux
 - o du site de Saint Martin
 - o des sites de sécurité de La Praz, Modane et Clarea
- Installations de mise en pression :
 - o des descenderies et galeries
 - o du site de Saint Martin
 - o des sites de sécurité
 - o des rameaux intertubes

2 LIMITES DE PRESTATIONS

2.1 LIMITES GEOGRAPHIQUES

Les ouvrages concernés par les installations de ventilation sont les deux tunnels (base et Orsiera), les rameaux de communication intertubes et les locaux techniques situés à l'intérieur, ainsi que les ouvrages d'accès au tunnel de base : descenderies de St Martin La Porte, La Praz et Modane, puits d'Avrieux, galeries de Val Clarea et Maddalena.

Les installations décrites dans ce qui suit comprennent les locaux situés aux extrémités des deux tunnels, et aux extrémités (souterraine et extérieure) des ouvrages d'accès au tunnel de base.

2.2 LIMITES FONCTIONNELLES

Le fonctionnement du système de ventilation est basé sur un ensemble de scénarios prédéfinis, adaptés chacun à une situation (incendie, ...) et des conditions (trafic, météo, ...) particulières.

Le choix du scénario à appliquer, pour chacun des sous-systèmes, est effectué par le PCC, sans lien direct entre les moyens d'identification d'une situation donnée (vidéo, équipements de sécurité, ...) et le système de ventilation.

A. DÉSENFUMAGE DES TUNNELS

3 OBJECTIFS A ATTEINDRE

La problématique de la ventilation des tunnels ferroviaires, et d'autant plus pour les tunnels de longueur importante, est étroitement liée aux effets aérodynamiques dus au pistonement des trains, aux effets thermiques liés aux différences de température entre l'intérieur et l'extérieur du tunnel, ainsi qu'aux effets dus à une contre-pression² non nulle, potentiellement pouvant dépasser le kPa.

D'autre part, la problématique de la ventilation des tunnels, et l'éventuelle installation d'équipements de ventilation, est étroitement liée aux problèmes relatifs à la sécurité des personnes, particulièrement en cas d'incendie. Dans ce cas, la ventilation doit assurer les objectifs suivants:

- le contrôle du bouchon de fumées par la maîtrise du courant d'air longitudinal, quelle que soit la position du feu dans la rame et le type de rame;
- l'évacuation des usagers et des membres d'équipage vers les issues de secours dans les conditions les plus sûres possibles.

3.1 STRATEGIE DE DESENFUMAGE ET D'EVACUATION DES PASSAGERS

3.1.1 Stratégies à appliquer

3.1.1.1 Vitesses d'air

Le tableau suivant récapitule, en fonction du type de train incendié, de la position de l'incendie sur le train (TGV uniquement) et de la phase considérée, les stratégies de ventilation retenues.

Le critère est la vitesse du courant d'air longitudinal à créer.

² Par contre-pression on entend la différence de pression résiduelle entre les deux portails d'un tunnel après avoir soustrait la composante naturelle due à une éventuelle différence d'altitude.

Type de train	Localisation sur le train	Phase	Stratégie
TGV	Motrice avant	1 : Evacuation	Vitesse critique dans le sens de la circulation
		2 : Lutte contre l'incendie	Vitesse critique dans un sens ou dans l'autre
	Motrice intermédiaire	1 : Evacuation	Vitesse élevée ou vitesse réduite dans le sens de la circulation
		2 : Lutte contre l'incendie	Vitesse critique dans un sens ou dans l'autre
	Motrice arrière	1 : Evacuation	Vitesse critique dans le sens inverse à la circulation
		2 : Lutte contre l'incendie	Vitesse critique dans un sens ou dans l'autre
Train de fret	1 : Evacuation	Vitesse critique dans le sens inverse à la circulation	
	2 : Lutte contre l'incendie	Vitesse critique dans un sens ou dans l'autre	
Autoroute ferroviaire	1 : Evacuation	Vitesse critique dans le sens inverse à la circulation	
	2 : Lutte contre l'incendie	Vitesse critique dans un sens ou dans l'autre	

3.1.1.2 Extraction des fumées

Le tableau suivant indique, en fonction du type de train incendié, de la position de l'incendie sur le train (TGV uniquement) et de la phase considérée, l'ouvrage de ventilation par lequel les fumées sont extraites.

Type de train	Localisation sur le train	Phase	Pleine voie (*)	Sites de sécurité
TGV	Motrice avant	1 : Evacuation	Puits en avant de l'incendie	Trappes d'extrémité en avant de l'incendie
		2 : Lutte contre l'incendie	Puits en direction duquel sont repoussées les fumées	
	Motrice intermédiaire	1 : Evacuation	Puits de part et d'autre du tronçon où se situe l'incendie (vitesse réduite) ou puits en avant de l'incendie (vitesse élevée)	10 trappes au droit de la salle d'accueil
		2 : Lutte contre l'incendie	Puits en direction duquel sont repoussées les fumées	Trappes d'extrémité du côté où sont repoussées les fumées
	Motrice arrière	1 : Evacuation	Puits en arrière de l'incendie	Trappes d'extrémité en arrière de l'incendie
		2 : Lutte contre l'incendie	Puits en direction duquel sont repoussées les fumées	
Train de fret	1 : Evacuation	Puits en arrière de l'incendie	10 trappes au droit du site de stationnement	
	2 : Lutte contre l'incendie	Puits en direction duquel sont repoussées les fumées		
Autoroute ferroviaire	1 : Evacuation	Puits en arrière de l'incendie	10 trappes au droit du site de stationnement	
	2 : Lutte contre l'incendie	Puits en direction duquel sont repoussées les fumées		

(*) : En cas d'incendie dans le tunnel de l'Orsiera, ou sur un des tronçons d'extrémité du tunnel de base, les fumées sont évacuées par la tête du tunnel

3.1.2 Principe d'évacuation des passagers

Le tunnel de base présente 3 sites de sécurité (La Praz, Modane-bis et Clarea).

Les sites de sécurité constituent des points d'arrêt privilégié pour un train de voyageurs incendié et ne pouvant sortir du tunnel. Ainsi, un train de voyageurs ou un train de marchandise incendié cherchera, dans l'ordre prioritaire:

- à sortir du tunnel;
- si ceci n'est pas possible, à s'arrêter dans une des stations de sécurité;
- si ceci n'est pas possible, à s'arrêter là où il peut dans le tunnel.

3.1.3 Train arrêté dans un site de sécurité

3.1.3.1 Trains de voyageurs

Dans le cas d'un arrêt contrôlé en site de sécurité d'un train de voyageurs incendié, le principe d'intervention prévoit l'extraction des fumées par les trappes placées en voûte tout au long du train en utilisant respectivement la gaine de la descenderie de La Praz, le puits d'Avrieux ou bien le puits de Clarea (principe de ventilation semi-transversal sans apport d'air frais aux pieds du tunnel). Une fois le régime de ventilation établi, les passagers quittent le train pour rejoindre le site de sécurité via les rameaux de communication.

Pour éviter que la fumée envahisse la voie d'évitement, celle-ci est mise en pression en utilisant le deuxième puits de ventilation d'Avrieux.

3.1.3.2 Trains de fret ou d'AF

Dans le cas d'un arrêt contrôlé dans l'un des 3 sites de sécurité d'un train de fret ou d'AF incendié, le principe d'intervention prévoit l'extraction des fumées par les trappes placées en voûte en utilisant le puits du site. Dans le cas où le débit du puits ne serait pas suffisant, on utiliserait les autres puits pour extraire les fumées également par le puits n-1 ou le portail en amont.

3.1.4 Train arrêté en pleine voie

3.1.4.1 Incendie d'une motrice de TGV

3.1.4.1.1 Feu de motrice arrière

En cas de feu de motrice arrière, la stratégie d'utilisation des moyens de ventilation consiste à repousser toutes les fumées vers l'arrière du train en imposant un écoulement longitudinal à la vitesse critique.

3.1.4.1.2 Feu de motrice centrale

En cas d'un incendie au centre d'une rame TGV, deux stratégies de désenfumage sont envisageables :

- la stratégie de désenfumage par dilution, qui prévoit de pousser les fumées dans le sens de marche du train avec une vitesse élevée
- la stratégie à vitesse faible, qui vise à maintenir une éventuelle stratification en proximité de l'incendie en maintenant la vitesse de l'écoulement à des valeurs faibles.

3.1.4.1.3 Feu de motrice avant

En cas de feu de motrice avant, la stratégie d'utilisation des moyens de ventilation consiste à repousser toutes les fumées vers l'avant du train en imposant un écoulement longitudinal à la vitesse critique.

3.1.4.2 Incendie d'un train de fret

Outre le mécanicien, un train de fret ne transporte aucun voyageur. La ventilation est utilisée pour former un courant d'air supérieur à la vitesse critique dans le sens inverse à la circulation, de manière à ce que le mécanicien évacuant ne soit pas impacté par les fumées.

3.1.4.3 Incendie d'un train AF

Les convois d'autoroute ferroviaire sont composés d'un véhicule Sonia en tête + 1 locomotive + 1 convoi + 1 locomotive. En cas d'incendie, le scénario normal prévoit que le Sonia se détache du reste du convoi et qu'il sorte du tunnel de manière autonome. La probabilité de défaillance de cette procédure normale est très faible.

La ventilation est utilisée pour former un courant d'air à la vitesse critique dans le sens inverse à la circulation, de manière à éloigner les fumées du Sonia.

3.2 DONNEES DE DIMENSIONNEMENT

3.2.1 Incendies et vitesses d'air associées

Le tableau suivant récapitule les types d'incendie à considérer, leur puissance nominale, et les vitesses du courant d'air longitudinal à créer pour le contrôle des fumées.

<i>Type d'incendie</i>	<i>Puissance nominale totale (MW)</i>	<i>Stratégie</i>	<i>Vitesse du courant d'air recherchée (m/s)</i>
<i>Motrice centrale de train de voyageurs</i>	30	<i>Dilution à vitesse élevée</i>	> 6
<i>Motrice d'extrémité de train de voyageurs</i>	15	<i>Stratification à vitesse faible</i>	0.5 ± 0.5
<i>Motrice d'extrémité de train de voyageurs</i>	27	<i>Balayage à vitesse critique</i>	2.8

<i>Train de marchandises</i>	170	<i>Balayage à vitesse critique</i>	3.8
------------------------------	-----	------------------------------------	-----

Ces vitesses sont mesurées en pleine section du tunnel, sans tenir compte de la diminution de section liée à la présence du train, ni des élargissements locaux en site de sécurité.

D'autre part, on supposera que :

- 1/3 de la puissance nominale de l'incendie est dissipée sous forme de rayonnement
- la montée en puissance de l'incendie est quasi-instantanée à partir de l'arrêt du train incendié (Montée de 10% à 100% de la puissance en 2')
- la puissance est ensuite constante sur toute la durée de l'événement

3.2.2 Autres conditions aérauliques à respecter

3.2.2.1 Vitesse de retour

Pour les cas où les fumées sont extraites par des ouvrages de ventilation, la vitesse de retour en aval doit être au minimum égale à 1 m/s en direction du point d'extraction.

3.2.2.2 Non-recyclage des fumées aux têtes

L'absence de pénétration des fumées par la tête du tube sain doit être assurée par l'obtention d'une vitesse de sortie du tube sain d'au moins 1 m/s.

Ce critère sera à respecter pour les cas d'incendie dans les tronçons extrêmes du tunnel de base et pour tous les cas d'incendie dans le tunnel de l'Orsiera.

3.2.2.3 Non-dispersion des fumées dans le sillage

Les fumées produites par le train incendié avant son arrêt doivent être rapatriées vers le point d'extraction choisi, dans leur intégralité si possible.

Les scénarii de ventilation à mettre en œuvre privilégieront donc l'absence de soufflage dans le tube sinistré par le point d'injection immédiatement en amont du train arrêté.

3.2.2.4 Sites de sécurité

En complément des stratégies et objectifs généraux, le critère suivant s'applique au cas des sites de sécurité :

- Dans le cas d'incendie sur la voie principale de la motrice centrale d'un TGV, l'objectif du système de ventilation est la création et le maintien d'un point de vitesse nulle dans la zone d'extraction, de façon à ce que les fumées ne puissent pas aller au-delà des trappes utilisées pour l'extraction.

3.2.2.5 Modane bis

En complément des stratégies et objectifs généraux et ceux applicables aux sites de sécurité, le critère suivant s'applique au cas de Modane bis :

- Le cas d'un incendie dans une voie d'évitement n'est pas à considérer

3.2.3 Espacement à l'arrêt en cas d'incendie

En cas de freinage d'urgence suite à une alarme incendie, pour le dimensionnement des installations de ventilation, l'interdistance et la succession des types de trains à considérer sont les suivants (ARP-A2-TS2-5101-C "Principe traitement des incidents").

Type de train	TGV	TGV	AF	Fret	Fret	Fret	AF	Fret	Fret	AF
Interdistance avec le train précédent (km)	30	7,5	13	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5

Interdistance des trains.

Cette séquence sera reprise pour tous les scénarios d'incendie étudiés et correspondra à la situation de position relative des trains au moment où débute la phase de ralentissement des trains.

Les vitesses d'exploitation des différents types de trains sont :

- Trains de voyageurs : 220 km/h
- Fret et autoroute ferroviaire : 120 km/h

3.2.4 Timing des procédures de désenfumage

L'instant initial t_0 de démarrage de la procédure de ventilation correspond à l'instant de lancement de la phase d'arrêt du train incendié.

Dans tous les cas, la vitesse réduite considérée est : 30 km/h

3.2.4.1 Cas de l'incendie d'un train de voyageur

Temps (min)	Actions	
	Tube sinistré	Tube sain
0	Lancement de la procédure d'arrêt Lancement de la procédure de ventilation phase 1	

2	Arrêt du train incendié et des trains suiveurs	
3	Début de ralentissement des trains précédents	Début du freinage des trains n'ayant pas dépassé le sinistre Début du ralentissement des trains ayant dépassé le sinistre
5	Trains précédents à vitesse réduite	Arrêt des trains n'ayant pas dépassé le sinistre Trains ayant dépassé le sinistre à vitesse réduite
7	Régime de ventilation établi	
10	Début du refoulement des trains suiveurs à vitesse réduite Début de l'évacuation par 2 rameaux au droit du train incendié	Début du refoulement des trains n'ayant pas dépassé le sinistre
30	Fin de l'évacuation par les rameaux Lancement de la procédure de ventilation phase 2	

3.2.4.2 Autres cas

Les différences pour les autres cas d'incendie sont les suivantes :

- Les trains du tube sain continuent leur circulation normalement jusqu'au tous les trains seront sortis.
- Les rameaux ne peuvent être entièrement ouverts (mise en communication des 2 tubes) que dans le cas des trains de voyageurs (2 en pleine voie, 8 pour les sites de sécurité).
- Le critère d'établissement du régime de ventilation à T0+7' n'est pas applicable pour les trains de marchandises (fret et AF).

3.2.5 Contre-pressions atmosphériques

Les performances énoncées ci-avant doivent être obtenues jusqu'à une différence de pression atmosphérique (après correction liée à la différence d'altitude) entre les deux têtes de tunnel de :

- ± 1000 Pa pour le tunnel de base
- ± 150 Pa pour le tunnel de l'Orsiera.

3.2.6 Disponibilité et fiabilité

- Chaque scénario de désenfumage devra privilégier la solution utilisant simultanément le nombre de puits, galeries ou descenderies le plus faible. De cette façon, l'indisponibilité de l'un d'entre eux pourra être palliée (totalement ou partiellement) par l'utilisation de l'ouvrage restant.
- Les installations seront conçues pour résister au premier défaut : c'est-à-dire que, malgré un premier défaut sur un équipement, les performances assignées au système de désenfumage sont maintenues.
- Les installations doivent être conçues pour que les opérations de maintenance entraînant l'indisponibilité d'une fonction puissent être entièrement réalisées pendant les blancs travaux.

B. VENTILATION HYGIÉNIQUE DES TUNNELS

4 OBJECTIFS A ATTEINDRE

La ventilation hygiénique des tunnels a pour objectifs de :

- Assurer un balayage longitudinal pour éviter la stagnation de l'air
- Apporter un volume d'air frais aux personnes présentes
- Assurer la dilution des polluants

5 CRITERES DE DIMENSIONNEMENT

Les installations de ventilation hygiénique des tunnels doivent permettre d'obtenir une qualité d'air acceptable en permanence, et en particulier lors des opérations de maintenance et de travaux en tunnel.

La quantité d'air minimale à apporter au niveau de chaque zone concernée sera définie par la plus grande des trois valeurs suivantes :

- Apport de 50 l/s/personne
- Apport de 50 l/s/cv (si présence d'engins à motorisation thermique)
- Création d'un courant d'air longitudinal de 1 m/s

Sur la base de ces différents critères de dimensionnement, les études d'APR/PR avait permis de conclure que les besoins en air correspondent, pour la majorité des cas, à des vitesses longitudinales de l'ordre de 1 m/s, et, exceptionnellement, de 4 m/s.

C. VENTILATION DES DESCENDERIES

6 OBJECTIFS A ATTEINDRE

Les descenderies (St Martin, La Praz, Modane) et galerie (Maddalena) d'accès au tunnel de base comportent une zone dédiée à la circulation routière.

Pour ces zones, trois fonctionnalités sont à assurer :

- Le désenfumage en cas d'incendie dans la descenderie
- La ventilation hygiénique
- La mise en pression en cas d'incendie dans le tunnel ferroviaire

6.1 DESENFUMAGE

6.1.1 Stratégie à appliquer

En cas d'incendie dans une descenderie ou galerie, le principe de désenfumage retenu consiste à créer un balayage longitudinal en pleine section de l'ouvrage, de façon à repousser les fumées.

Par défaut, les fumées doivent être dirigées vers l'extrémité de la descenderie côté tunnel ferroviaire, de façon à faciliter l'accès des secours et l'évacuation des personnes par la tête de la descenderie.

Dans le cas où des personnes se trouveraient entre le véhicule incendié et le pied de la descenderie, elles auraient la possibilité d'évacuer par le sas d'extrémité (ou les connexions avec les rameaux pour la galerie de Maddalena).

Le sens de balayage des fumées devra pouvoir être inversé sur ordre des services de secours.

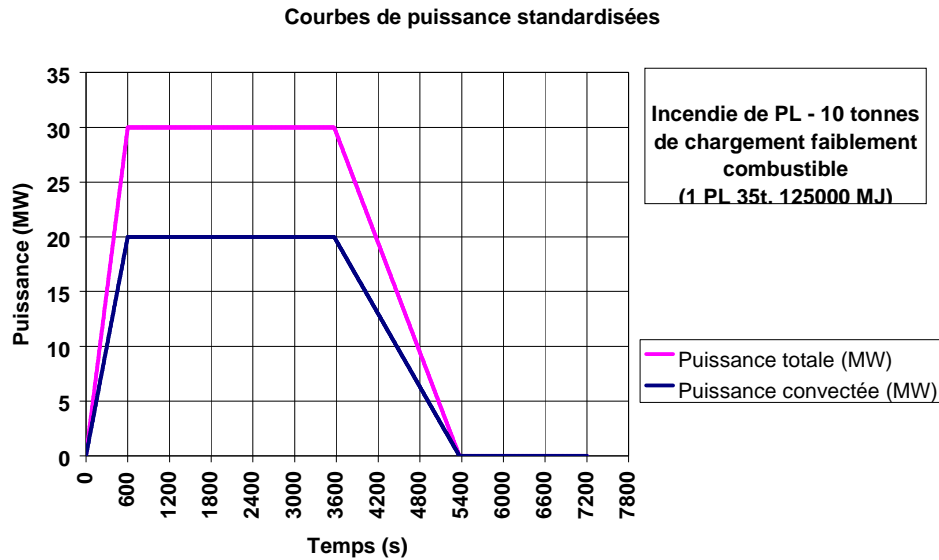
6.1.2 Données de dimensionnement

6.1.2.1 Incendie

- Un seul véhicule dans l'ouvrage (ce cas correspond à l'incendie d'un véhicule d'exploitation et/ou de maintenance, les autres véhicules ayant évacué par les sas)

Puissance nominale : 30 MW, dont 1/3 dissipé par rayonnement (incendie de PL, terme source standardisé)

Production de fumées : 80 m³/s



6.1.2.2 Objectifs de vitesses d'air

La vitesse du courant d'air nécessaire pour repousser les fumées, ou vitesse critique, est calculée à l'aide des formules de Danziger et Kennedy. Les résultats pour l'incendie considéré sont :

Ouvrage	St Martin	La Praz	Modane	Maddalena
Vitesse critique	2,8 m/s	2,9 m/s	2,8 m/s	2,5 m/s *

* A valider en fonction de la géométrie définitive et les études fonctionnelles.

Ces vitesses sont mesurées en pleine section de la descenderie, sans tenir compte de la diminution de section liée à la présence du véhicule, ni des changements de section locaux.

6.1.3 Disponibilité et fiabilité

Les installations seront conçues pour résister au premier défaut : c'est-à-dire que, malgré un premier défaut sur un équipement, les performances assignées au système de désenfumage sont maintenues.

6.2 VENTILATION HYGIENIQUE

La ventilation hygiénique de chaque descenderie ou galerie devra respecter les objectifs suivants :

- maintien permanent d'une qualité de l'air compatible avec l'exploitation de l'ouvrage.
- taux de renouvellement d'air minimum de 1 vol/h.

- vitesse de balayage de l'air de minimum 1 m/s pour ventiler tout le linéaire de descenderie ou galerie sans zone morte.

6.2.1 Débits d'air nécessaires

6.2.1.1 Trafic de dimensionnement

Le trafic considéré est 8 véh/h/sens avec un trafic composé uniquement de poids lourds circulant à une vitesse de 70 km/h (APR-B3-TS2-0802-C "Etude de la ventilation et du désenfumage des descenderies").

6.2.1.2 Niveaux de polluants maximaux admissibles

Par analogie avec les critères appliqués dans les tunnels routiers du réseau français (Dossier pilote Ventilation – CETu – Novembre 2003), les niveaux maximaux admissibles retenus sont les suivants :

<i>Polluants</i>	<i>CO</i>	<i>Opacité</i>	<i>NOx</i>
<i>Niveau max</i>	<i>50 ppm</i>	<i>5 10⁻³ m⁻¹</i>	<i>8 ppm</i>

6.2.1.3 Débit d'air assurant la dépollution de l'ouvrage

Pour chacune des descenderies ou galeries, les débits d'air nécessaires pour assurer la dépollution sont évalués selon la méthode « Calcul des émissions de polluants des véhicules automobiles en tunnel » – CETu – Avril 2002.

Les émissions unitaires d'un poids lourd circulant à 70 km/h, pour les trois polluants étudiés sont données dans le tableau ci-après.

Elles servent de base au calcul des débits d'air nécessaires pour assurer les niveaux de polluants maximaux admissibles.

Celui-ci est basé sur le calcul du débit d'air frais à apporter dans l'ouvrage, afin d'obtenir en tout point, une dilution des polluants suffisante pour respecter les niveaux maximum fixés.

Emission de polluant pour un poids lourd circulant à 70 km/h en fonction de la pente

	-6%	-4%	-2%	0	2%	4%	6%
CO (l/h)	37.7	50.9	62.8	75.7	103.0	134.6	0.0
NOx (l/h)	53.1	71.3	88.1	106.3	159.4	219.8	0.0
fumées (m²/h)	3.9	5.2	6.4	7.7	10.3	13.1	0.0

Les résultats sont donnés dans le tableau ci-dessous :

<i>Site</i>	<i>St Martin</i>	<i>La Praz</i>	<i>Modane</i>	<i>Maddalena</i>
<i>Débit d'air</i>	<i>3 m³/s</i>	<i>4,5 m³/s</i>	<i>6,5 m³/s</i>	<i>12.5 m³/s *</i>

* A valider en fonction de la géométrie définitive et les études fonctionnelles.

6.2.1.4 Débit d'air assurant le taux de renouvellement minimal de l'ouvrage

Pour assurer un renouvellement d'air de 1 volume par heure, il faut fournir un débit Q égal à :

$$Q = S \times L \times 1/3600$$

Avec S : section de la descenderie

L : longueur de la descenderie

Par exemple, pour la descenderie de St Martin :

$$Q = 43 \times 2038 \times 1/3600 = 24,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

Pour chacune des descenderies ou galeries, les débits d'air nécessaires pour assurer le taux de renouvellement d'air minimal de 1 vol/h sont donnés ci-après :

Site	St Martin	La Praz	Modane	Maddalena
Débit 'air	24,5 m ³ /s	37 m ³ /s	40,5 m ³ /s	66 m ³ /s *

* A valider en fonction de la géométrie définitive et les études fonctionnelles.

6.2.1.5 Débit d'air assurant la vitesse d'air de balayage minimale de l'ouvrage

Pour assurer une vitesse de balayage de 1 m/s, il faut fournir un débit Q égal à :

$$Q = S \times V$$

Avec S : section de la descenderie

V : vitesse d'air dans la descenderie

Par exemple, pour la descenderie de St Martin :

$$Q = 43 \times 1 = 43 \text{ m}^3/\text{s}$$

Pour chacune des descenderies ou galeries, les débits d'air nécessaires pour assurer la vitesse de balayage minimale de 1 m/s sont donnés ci-après :

Site	St Martin	La Praz	Modane	Maddalena
Débit d'air	43 m ³ /s	52 m ³ /s	36 m ³ /s	23.5 m ³ /s *

* A valider en fonction de la géométrie définitive et les études fonctionnelles.

6.2.1.6 Débits à mettre en oeuvre

Les débits à installer sont donc :

<i>Site</i>	<i>St Martin</i>	<i>La Praz</i>	<i>Modane</i>	<i>Maddalena</i>
<i>Débit d'air</i>	<i>43 m³/s</i>	<i>52 m³/s</i>	<i>40,5 m³/s</i>	<i>66 m³/s *</i>

* A valider en fonction de la géométrie définitive et les études fonctionnelles.

6.3 MISE EN PRESSION

- En situation normale d'exploitation ferroviaire et en situation de maintenance, la décompression de l'air injecté dans les descenderies s'effectue vers le tunnel ferroviaire. En situation normale d'exploitation, dans la mesure où il n'y aura aucun véhicule dans l'ouvrage, le débit de ventilation pourra être réduit de moitié. En situation de maintenance, la ventilation est assurée au débit fixé ci-dessus.
- En situation d'incendie en tunnel ferroviaire (utilisation des descenderies pour assurer l'évacuation) : la décompression s'effectue vers l'extérieur. La ventilation est assurée au débit fixé ci-dessus.
- En cas d'incendie en tunnel ferroviaire, l'installation de ventilation hygiénique assurera un niveau de pression dans la descenderie de 70 Pa par rapport à la pression régnant dans la caverne en pied de descenderie.

6.4 TALBEAUX RECAPITULATIFS

6.4.1 Caractéristiques principales des descenderies et puits

Ouvrage	APR/PD					RPP				
	Position de la jonction avec le tunnel à partir de la tête ouest	Longueur	Altitude de la tête	Pentes à partir de la tête	Section et périmètre dédiés à la circulation routière	Position de la jonction avec le tunnel à partir de la tête ouest	Longueur	Altitude de la tête	Pentes à partir de la tête	Section et périmètre dédiés à la circulation routière
Descenderie et puits de St Martin (*)	7 307 m	2 038 m	695 m	+1 % sur 800 m, -7.82 % sur 1238 m	43 m ² 25 m	7 307 m	2 038 m	695 m	+1 % sur 800 m, -7.82 % sur 1238 m	43 m ² 25 m
Descenderie et puits de La Praz (*)	16 856 m	2 556 m	969 m	-12 %	52 m ² 29 m	16 856 m	2 556 m	969 m	-12 %	52 m ² 29 m
Descenderie de Modane	29 059 m	4 049 m	1 087 m	+0.778 % sur 1025 m, -12.05 % sur 3024 m	36 m ² 23 m	29 059 m	4 049 m	1 087 m	+0.778 % sur 1025 m, -12.05 % sur 3024 m	36 m ² 23 m
Puits d'Avrieux	28 328 m	860 m	1 300 m	Vertical sur 530 m, horizontal sur 330 m	-	28 328 m	860 m	1 300 m	Vertical sur 530 m, horizontal sur 330 m	-
Puits de Val Clarea	43 079 m	5 600 m	1 112 m	-7.8%	-	47 998 m	4 522 m	1 125 m	1% sur 132 m, -12.0% sur 4273 m	42 m ² 25 m
Galerie de Venaus	43 454 m	10 113 m	570 m	+0.3 % sur 1106 m, +0.85 % sur 9007 m	23,5 m ² 17 m					
Galerie de Maddalena						47 998 m env.	7 541 m env	673 m	A définir	18 m ² 15 m

6.4.2 Sections d'air nécessaires

Ouvrage	APR/PD		RPP		Commentaire
	Fonction	Section de gaine	Fonction	Section de gaine	
Descenderie de St Martin (1)	Ventilation des locaux techniques en rameaux ⁽²⁾	2 m ²	Ventilation des locaux techniques en rameaux ⁽²⁾	2 m ²	Suppression de la fonction site d'intervention
	Ventilation de la zone non-ferroviaire du site d'intervention ⁽²⁾	2,5 m ²			
Puits de St Martin (1)	Ventilation du tunnel et désenfumage de la descenderie ⁽²⁾	20 m ²	Ventilation du tunnel et désenfumage de la descenderie ⁽²⁾	20 m ²	
Descenderie de La Praz (1)	Ventilation des locaux techniques en rameaux ⁽²⁾	2 m ²	Ventilation des locaux techniques en rameaux ⁽²⁾	2 m ²	Transposition de Modane
	Ventilation de la zone non-ferroviaire du site d'intervention ⁽²⁾	2,5 m ²	Ventilation de la zone non-ferroviaire du site de sécurité ⁽²⁾	10 m ²	
Puits de La Praz (1)	Ventilation du tunnel et désenfumage de la descenderie ⁽²⁾	20 m ²	Ventilation du tunnel et désenfumage de la descenderie ⁽²⁾	20 m ²	
Descenderie de Modane	Ventilation des locaux techniques en rameaux ⁽²⁾	2 m ²	Ventilation des locaux techniques en rameaux ⁽²⁾	2 m ²	
	Ventilation de la zone non-ferroviaire de la station de sécurité ⁽²⁾	10 m ²	Ventilation de la zone non-ferroviaire du site de sécurité ⁽²⁾	10 m ²	
Puits d'Avrieux	Ventilation du tunnel et désenfumage de la descenderie	2 x 27 m ²	Ventilation du tunnel et désenfumage de la descenderie	2 x 27 m ²	

Puits de Val Clarea	Ventilation du tunnel et désenfumage de la galerie	42 m ²	Ventilation du tunnel et désenfumage de la galerie	42 m ²	Valeur à conserver pour un puits de longueur 4500 m
	Ventilation des locaux techniques en rameaux ⁽²⁾	3 m ²	Ventilation des locaux techniques en rameaux ⁽²⁾	3 m ²	
	Ventilation de la zone non-ferroviaire du site d'intervention ⁽²⁾	3 m ²	Ventilation de la zone non-ferroviaire du site de sécurité ⁽²⁾	13 m ²	Transposition de Modane + longueur puits
Galerie de Venaus	Pas de fonction spécifique de ventilation	-			
Galerie de Maddalena			Pas de fonction spécifique de ventilation		

D. VENTILATION DES LOCAUX TECHNIQUES

7 OBJECTIFS A ATTEINDRE

La ventilation hygiénique des locaux techniques en tunnels a pour objectifs de :

- Assurer un renouvellement d'air minimal
- Maintenir la température sous un seuil fixé

8 CRITERES DE DIMENSIONNEMENT

La ventilation hygiénique des locaux techniques en tunnels devra respecter les objectifs suivants :

- Maintien permanent d'une température compatible avec le fonctionnement des équipements présents dans les locaux, fixée au maximum à 40 °C.
- Taux de renouvellement d'air minimum de 3 vol/h.
- L'air injecté dans les locaux proviendra des tubes ferroviaires.
- En solution alternative, l'air neuf extérieur pourra être pris dans les gaines d'air frais au pieds des descenderies (conformément à la remarque de la CIG émise au niveau du dossier d'APS/PP).
- Les réseaux d'amenée et d'évacuation d'air devront être munis de dispositifs (clapets) permettant de reconstituer le degré coupe-feu de toutes les parois traversées, en cas d'incendie.

E. VENTILATION DES SITES DE SECURITE

9 OBJECTIFS A ATTEINDRE

La ventilation des zones non-ferroviaires des sites de sécurité doit assurer deux fonctionnalités :

- La ventilation hygiénique
- La mise en pression en cas d'incendie dans le tunnel ferroviaire

10 CRITERES DE DIMENSIONNEMENT

La ventilation des zones non-ferroviaires des sites de sécurité devra respecter les objectifs suivants :

- L'air injecté dans les locaux devra être pris à l'extérieur
- Les réseaux d'amenée et d'évacuation d'air devront être munis de dispositifs (clapets) permettant de reconstituer le degré coupe-feu de toutes les parois traversées, en cas d'incendie
- Les installations seront conçues pour résister au premier défaut.

En cas d'incendie dans un tube ferroviaire, ces zones doivent être mises en surpression de façon à empêcher leur envahissement par les fumées.

Les critères retenus sont :

- La surpression des locaux par rapport au tube sinistré doit être de 80 Pa, toutes portes fermées.
- Dans le cas des portes d'accès ouvertes, la vitesse du courant d'air à travers les portes doit être comprise entre 1 m/s et 13 m/s, du local vers le tunnel.

En ventilation hygiénique, le débit injecté en permanence sera égal à environ 50 % du débit en cas d'incendie.

F. RAMEAUX DE COMMUNICATION

11 OBJECTIFS A ATTEINDRE

Les rameaux intertubes doivent permettre :

- En cas d'incendie dans un tube ferroviaire, la non-migration des fumées du tube sinistré vers le tube sain
- Le passage des piétons d'un tube ferroviaire à l'autre.

11.1 PROTECTION DU TUBE SAIN

Afin de protéger le tube sain contre l'envahissement par les fumées, les deux critères suivants doivent être respectés :

- Au droit du train incendié, la surpression du tube sain par rapport au tube sinistré doit être de 80 Pa, toutes portes de rameaux fermées.
- Dans le cas des portes de rameaux ouvertes, ce qui correspond à la période d'évacuation des personnes du tube sinistré au tube sain, la vitesse du courant d'air à travers les portes doit être comprise entre 1 m/s et 13 m/s, du tube sain vers le tube sinistré.

11.2 PORTES DES RAMEAUX

11.2.1 Géométrie

Le passage libre à dégager est le suivant :

- Hauteur libre : 2.20 m
- Largeur libre : 2.00 m
- Un seul vantail coulissant.

11.2.2 Fonctionnement

Les portes des rameaux possèdent les modes de fonctionnement suivants :

- Manoeuvre électrique commandée depuis le PCC
- Manoeuvre électrique locale, prioritaire sur le PCC
- Manoeuvre manuelle, côté tubes ferroviaires uniquement. Ce mode est prioritaire. Dans le cas où une porte est ouverte manuellement côté tunnel, l'autre porte de ce même rameau ne devra pas pouvoir être ouverte sans autorisation du PCC.

11.2.3 Résistance au feu

Le critère retenu est un degré coupe-feu entre tube ferroviaire et rameau :

- ISO 834 : 120 minutes
- ou
- HCM (Hydro Carbures Majorée) : 90 minutes.

G. PORTES DES COMMUNICATIONS PAIR-IMPAIR

12 OBJECTIFS A ATTEINDRE

Les communications pair-impair sont les voies ferroviaires reliant les deux tubes du tunnel de base et les deux tubes du tunnel de l'Orsiera :

- Tunnel de base : elles sont situées de part et d'autre de la station souterraine de Modane-bis.
- Tunnel de l'Orsiera : une communication P/I est située à l'extrémité Est du tunnel. Cette communication permet le passage du tube Sud vers le tube Nord.

En leur milieu est aménagée une cavité abritant les dispositifs d'obturation objet de la présente note.

Le rôle de ces portes est d'assurer, en cas d'incendie dans l'un des tubes ferroviaires, l'indépendance aéraulique entre la voie 1 et la voie 2, de façon à faciliter la mise en action des équipements de désenfumage.

Cette indépendance doit être maintenue pendant une durée minimum de 2 heures.

Le critère retenu pour la réalisation de cette fonction est le suivant :

- Obturation minimale équivalente à 80 % de la section, sans interférence avec la caténaire et la voie

Les autres contraintes relatives au fonctionnement de ces équipements sont les suivants :

- La position des obturateurs sera normalement ouverte
- Dans cette position, ils ne devront pas empiéter sur le gabarit ferroviaire
- Le temps de fermeture ou d'ouverture a été fixé à 1 minute
- La manœuvre des obturateurs doit être possible à tout instant.

13 CRITERES DE DIMENSIONNEMENT

13.1 RESISTANCE AU FEU

Etant donné l'absence d'étanchéité totale de ces obturateurs, et la nécessité de ne pas interférer avec la caténaire, le caractère coupe-feu ne pourra pas être garanti.

En revanche, les obturateurs seront dimensionnés pour une stabilité au feu de 2 heures selon les conditions de la norme ISO 834.

13.2 RESISTANCE A LA PRESSION

Les obturateurs devant pouvoir s'ouvrir ou se fermer à tout instant, on considère le cas le plus pénalisant de circulation ferroviaire pour le dimensionnement de leur structure et de leurs équipements de manœuvre.

En cas de croisement de trains d'autoroute ferroviaire à proximité de la communication pair-impair, l'obturateur en position fermée (ou en cours de manœuvre) peut être soumis au maximum aux pressions suivantes :

- +10 kPa d'un côté, -10 kPa de l'autre

13.3 CHOC AVEC UN TRAIN

En cas de dysfonctionnement entraînant le passage d'un train dans la communication avec l'obturateur fermé, les conséquences de la collision devront être minimisées.

Le train considéré sera un convoi d'autoroute ferroviaire circulant à 100 km/h.