

# 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

PROGETTO PRELIMINARE IN VARIANTE

Synthèse des objectifs et des principes de sécurité  
 Sintesi degli obiettivi e dei principi di sicurezza



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

*Aldo Mancarella*

Indice	Data / Date	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérifié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	26/04/2010	1ère Emission / 1a Emissione	L.GLAREY (LOMBARDI)	L. GLAREY C. OGNIBENE	L. PARIS A. MANCARELLA
A	25/06/2010	Réception observations LTF	L.GLAREY (LOMBARDI)	L. GLAREY C. OGNIBENE	L. PARIS A. MANCARELLA
B	01/07/2010	Réception observations LTF	L.GLAREY (LOMBARDI)	L. GLAREY C. OGNIBENE	L. PARIS A. MANCARELLA

Cod Doc	P	P	2	C	1	T	S	3	0	0	2	6	B
	Phase / Fase		Sigle étude / Sigla		Émetteur / Emittente		Numero				Indice		

A	P	N	O	T
Statut / Stato		Type / Tipo		

ADRESSE GED / INDIRIZZO GED	C1	//	//	00	00	00	10	01
--------------------------------	----	----	----	----	----	----	----	----

ECHELLE / SCALA
-



LTF sas - 1091 Avenue de la Boisse BP 80631 - F 73006 CHAMBERY CEDEX (France)  
 Tél.: +33 (0) 4.79.68.56.50 - Fax: +33 (0) 4.79.68.56.59  
 RCS Chambéry 439 556 952 - TVA FR 03439556952  
 Propriété LTF Tous droits réservés - Proprietà LTF Tutti i diritti riservati

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



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

## SOMMAIRE

1.	INTRODUCTION	3
2.	DOCUMENTS DE REFERENCE	4
3.	GLOSSAIRE	5
4.	OBJECTIFS	6
4.1	Objectifs généraux	6
4.2	Processus de vérification de l'acceptabilité du risque	8
4.3	Modification du projet pour les risques inacceptables	9
4.4	Exemple de la démarche pour un scénario se trouvant dans la zone d'inacceptabilité	10
5.	DESCRIPTION DE L'OUVRAGE	14
5.1	Configuration de la section internationale	14
5.2	Sites de sécurité	17
5.3	Les rameaux de communication	24
6.	DISPOSITIF DE SECURITE	26
6.1	Les grands principes de sécurité	26
6.2	Principes d'évacuation	27
6.2.1	Evacuation en site de sécurité souterrain	27
6.2.2	Evacuation en section courante	30
6.3	Principes d'intervention des secours	34
6.4	Aménagements constructifs	37
6.4.1	Génie civil	37
6.5	Equipements	39
6.5.1	Systèmes d'atténuation incendie	39
6.5.2	Détection Incendie	39
6.5.3	Détection anomalies des trains	39
6.5.4	Ventilation	40
	ANNEXE 1	44
	ANNEXE 2	45
	ANNEXE 3	46
	ANNEXE 4	48

## INDICE

1.	INTRODUZIONE	3
2.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	4
3.	GLOSSARIO	5
4.	OBIETTIVI	6
4.1	Obiettivi generali	6
4.2	Processo di verifica dell'accettabilità del rischio	8
4.3	Modifiche al progetto verifica per i rischi inaccettabili	9
4.4	Esempio del procedimento su uno scenario che si trovi nella zona di inaccettabilità	10
5.	DESCRIZIONE DELL'OPERA	14
5.1	Configurazione della tratta internazionale	14
5.2	Aree di sicurezza	17
5.3	I rami di collegamento	24
6.	DISPOSITIVO DI SICUREZZA	26
6.1	I principali principi di sicurezza	26
6.2	Principi di evacuazione	27
6.2.1	Evacuazione in area di sicurezza sotterranea	27
6.2.1	Evacuazione in sezione corrente	30
6.3	Principi di intervento dei soccorsi	34
6.4	Costruzione	37
6.4.1	Genio civile	37
6.5	Impianti	39
6.5.1	Sistemi di attenuazione incendio	39
6.5.2	Sistemi di rilevamento incendio	39
6.5.3	Rilevamento anomalie sui treni	39
6.5.4	Ventilazione	40
	ALLEGATO 1	44
	ALLEGATO 2	45
	ALLEGATO 3	46
	ALLEGATO 4	48

## 1. INTRODUCTION

Cette synthèse donne une vision de l'approche sécurité utilisée pour rendre le système de transport de la section internationale de la future liaison Ferroviaire entre Lyon et Turin (LTF) sûre. L'origine des objectifs sécurité, la démarche et le dispositif mis en place pour atteindre ces objectifs sont présentés dans ce document. Il s'agit d'un ensemble de principes de sécurité d'exploitation, d'évacuation et d'organisation de secours complété par des aménagements constructifs. Ce dispositif de sécurité permettra de traiter chaque événement sécurité.

Le dispositif de sécurité du système de transport a été dimensionné pour un trafic mixte :

- trains de voyageurs (vitesse d'exploitation : 220 km/h)
- trains de fret (100 km/h et 120 km/h)
- trains d'autoroute ferroviaire (120 km/h) .

La prévision de trafic à moyen terme est de 170 trains/jours (16 Voyageurs, 54 AF et 100 Fret).

## 1. INTRODUZIONE

La presente sintesi fornisce una visione dell'approccio alla sicurezza utilizzato per rendere il sistema di trasporto della tratta internazionale del futuro collegamento ferroviario tra Torino e Lione (LTF) sicuro. L'origine degli obiettivi di sicurezza, il processo e il dispositivo realizzato per raggiungere tali obiettivi sono illustrati nel documento. Si tratta di un insieme di principi di sicurezza di esercizio, di evacuazione e di organizzazione dei soccorsi completati dagli accorgimenti costruttivi. Questo dispositivo di sicurezza permetterà di gestire ogni evento legato alla sicurezza.

Il dispositivo di sicurezza del sistema di trasporto è stato dimensionato per un traffico misto:

- treni viaggiatori (velocità di esercizio: 220 km/h);
- treni merci (100 km/h e 120 km/h);
- treni di Autostrada Ferroviaria (120 km/h)

La previsione di traffico a medio termine è di 170 treni/giorno (16 viaggiatori, 54 AF e 100 treni merci).

## 2. DOCUMENTS DE REFERENCE

- [a] « Critères de Sécurité de l'exploitation » - Commission Intergouvernementale pour la nouvelle ligne ferroviaire Lyon-Turin, Version 22 du 31/03/2010 ;
- [b] 1<sup>er</sup> rapport conjoint du comité sureté et du groupe de travail TS pour la réunion de la CIG du 11 mai 2009 ;
- [c] « Cadre réglementaire de la sécurité », Code LTF : PP2-C1/-TS3-0005 ;
- [d] « Etude préliminaire des risques », Code LTF : PP2-C1/-TS3-0004 ;
- [e] « Etude de risque de l'Autoroute Ferroviaire », Code LTF : PP2-C1/-TS3-0003 ;
- [f] « Traitement des incidents », Code LTF : PP2-C1/-TS3-0019 ;
- [g] « Organisation des secours », Code LTF : PP2-C1/-TS3-0020 ;
- [h] « Véhicules de secours », Code LTF : PP2-C1/-TS3-0021 ;
- [i] « Installations et équipements de sécurité – Site de sécurité », Code LTF : PP2-C1/-TS3-0022 ;
- [j] « Installations et équipements de sécurité – Tunnel et descenderie », Code LTF : PP2-C1/-TS3-0024 ;
- [k] « Détection anomalies des trains », Code LTF : PP2-C1/-TS3-0015 ;
- [l] « Etude globale des systèmes hydrauliques », Code LTF : PP2-C1/-TS3-0017 ;
- [m] « Système de désenfumage du tunnel de base », Code LTF : PP2-C1/-TS3-0007 ;
- [n] « Système de contrôle de la vitesse longitudinale », Code LTF : PP2-C1/-TS3-0008 ;
- [o] « Mise en suppression des rameaux », Code LTF : PP2-C1/-TS3-0009 ;
- [p] « Les seuils admissible en exploitation courante et en situation d'incendie », Code LTF : APR-A2/-TS2-7103A-AP-NOT.

## 2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- [a] “Criteri di Sicurezza per l'esercizio” - Commissione Intergovernativa per la nuova linea ferroviaria Torino-Lione, Versione 22 del 31/03/2010 ;
- [b] 1° rapporto congiunto del comitato AS/AT e del gruppo di lavoro TS per la riunione della CIG dell'11 maggio 2009;
- [c] “Quadro regolamentare della sicurezza”, Codice LTF : PP2-C1/-TS3-0005 ;
- [d] “Studio preliminare dei rischi”, Codice LTF : PP2-C1/-TS3-0004 ;
- [e] “Studio dei rischi dell'Autostrada Ferroviaria”, Code LTF : PP2-C1/-TS3-0003 ;
- [f] “Gestione degli incidenti”, Codice LTF : PP2-C1/-TS3-0019 ;
- [g] “Organizzazione dei soccorsi”, Codice LTF : PP2-C1/-TS3-0020 ;
- [h] “Veicoli di soccorso”, Codice LTF : PP2-C1/-TS3-0021 ;
- [i] “Installazioni e impianti di sicurezza – Aree di sicurezza”, Codice LTF : PP2-C1/-TS3-0022 ;
- [j] “Installazioni e impianti di sicurezza – Tunnel e discenderie”, Codice LTF : PP2-C1/-TS3-0024 ;
- [k] “Rilevamento anomalie dei treni”, Codice LTF : PP2-C1/-TS3-0015 ;
- [l] “Studio globale dei sistemi idraulici”, Codice LTF : PP2-C1/-TS3-0017 ;
- [m] “Sistema di aspirazione fumi del tunnel di base”, Codice LTF : PP2-C1/-TS3-0007 ;
- [n] “Sistema di controllo della velocità longitudinale”, Codice LTF : PP2-C1/-TS3-0008 ;
- [o] “Messa in sovrappressione dei rami”, Codice LTF : PP2-C1/-TS3-0009 ;
- [p] Le soglie ammissibili in caso di esercizio normale ed in caso di incendio, Codice LTF: APR-A2/-TS2-7103A-AP-NOT.

### 3. GLOSSAIRE

AF	Autoroute Ferroviaire ;
APR	Avant Projet de Référence ;
AS/AT	AntiSabotage/Antiterrorisme (Sûreté).
CIG	Commission Intergouvernementale ;
MR	Matériel Roulant ;
PP	Projet Préliminaire ;
SONIA	L'acronyme SONIA indique le véhicule automoteur qui, placé en tête d'un train d'AF, transporte tous les conducteurs ;
STI	Spécifications Techniques d'Interopérabilité ;

### 3. GLOSSARIO

AF	Autostrada Ferroviaria
APR	<i>Avant Projet de Référence</i>
AS/AT	AntiSabotaggio/AntiTerrorismo
CIG	Commissione Intergovernativa
MR	Materiale Rotabile
PP	Progetto Preliminare
SONIA	L'acronimo SONIA indica il veicolo automotore che, posizionato in testa ad un treno di AF, trasporta tutti i conducenti dei camion;
STI	Specifiche Tecniche di Interoperabilità

## 4. OBJECTIFS

### 4.1 Objectifs généraux

L'évaluation de la sécurité se fait par rapport à la référence sécurité du projet. Il s'agit d'une approche définissant les niveaux d'acceptabilité des risques en fonction de leurs probabilités d'occurrence et de la gravité de leurs conséquences. Cette approche a été matérialisée par la référence donnée ci-dessous (Image 1). Cette référence, qui est une combinaison du décret italien « *Norme Tecniche per la Sicurezza delle Gallerie Ferroviaire* » et la norme EN 50 126, a été validé par la CIG lors de l'approbation de l'APR.

Cette référence définit les limites d'acceptabilité pour le projet :

- en ordonnées : la probabilité d'occurrence par km et par an du risque considéré (pour les besoins de l'étude de risques de la partie commune, on considèrera une longueur totale égale à la longueur des voies principales, soit 78 km. Cette dernière permet de rapporter les fréquences d'occurrence déterminées dans les études à l'unité kilométrique) ;
- en abscisses : la gravité du risque considéré, en nombre de blessés et de décès.

## 4. OBIETTIVI

### 4.1 Obiettivi generali

La valutazione della sicurezza viene effettuata rispetto al riferimento di sicurezza del progetto. Si tratta di un approccio che definisce il livello di accettabilità dei rischi in funzione della loro probabilità di accadimento e della gravità delle loro conseguenze. Questo approccio è stato concretizzato mediante il riferimento riportato di seguito (Figura 1). Il riferimento, che è una combinazione del Decreto italiano “Norme Tecniche per la Sicurezza delle Gallerie Ferroviaire” e la norma EN 50 126, è stato approvato dalla CIG al momento dell'approvazione dell'APR.

Il riferimento definisce i limiti di accettabilità per il progetto:

- nelle ordinate: la probabilità di accadimento per km e per anno del rischio considerato (per i bisogni dell'analisi dei rischi della parte comune, si considera una lunghezza totale pari alla lunghezza dei binari principali, cioè 78 km. Quest'ultima permette di riportare le frequenze di accadimento determinate negli studi all'unità chilometrica);
- nelle ascisse: la gravità del rischio considerato, in termini di numero di feriti e di morti.

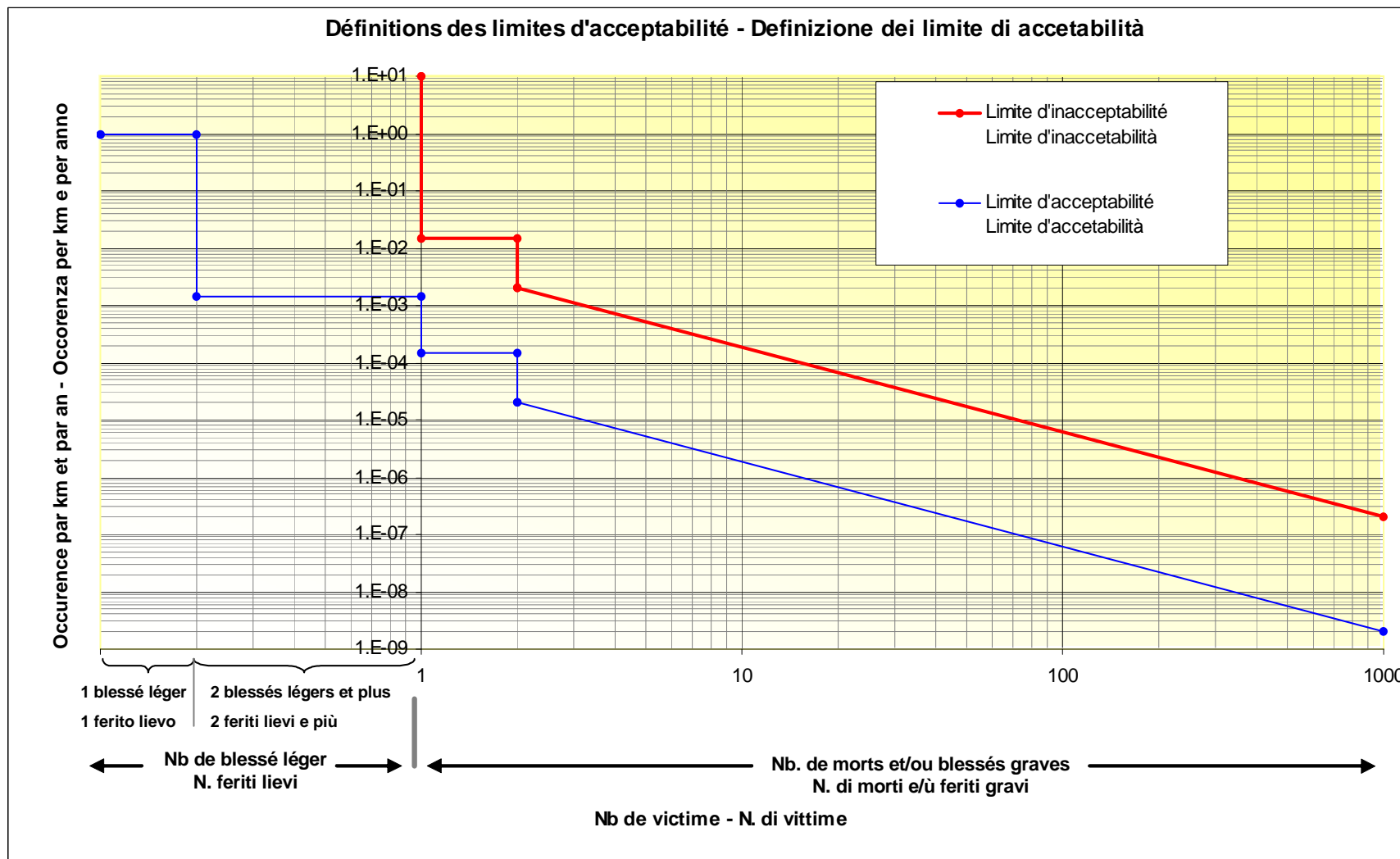


Image 1: Limite d'acceptabilité des risques

Figura 1: Limiti di accettabilità dei rischi

Il y a trois zones identifiées :

- Zone d'inacceptabilité (au dessus de la courbe rouge) : le risque est inacceptable. Le projet doit être modifié pour réduire la gravité des conséquences du risque ou sa fréquence d'occurrence, au moyen de

Si identificano tre zone:

- Zona di inaccettabilità (al di sopra della curva rossa): il rischio è inaccettabile. Il progetto deve essere modificato per ridurre la gravità delle conseguenze del rischio o la sua frequenza di

dispositions constructives ou de mesures d'exploitation ;

- Zone d'acceptabilité (en dessous de la courbe bleue) : le risque est acceptable. Il sera toutefois nécessaire, en phase de réalisation et d'exploitation, de démontrer que le risque demeure au niveau prévu ;
- Zone d'attention (entre les deux courbes) : le risque n'est acceptable que si la réduction de la gravité du risque ou de sa fréquence est impossible ou si les coûts nécessaires à cette fin sont disproportionnés par rapport à l'amélioration attendu.

#### 4.2 Processus de vérification de l'acceptabilité du risque

Pour l'ensemble des personnes transportées dans le système de transport ainsi que pour les différentes personnes se trouvant à proximité de l'infrastructure du système, l'acceptabilité du risque de chaque événement sécurité doit être vérifiée. Ces événements sécurité sont issus de l'analyse préliminaire des risques (voir le document PP2 C1 TS3 0004 Analyse préliminaire des risques). Les scénarios d'incidents sont retenus par le ministère d'intérieur italien par décret (annexe 1 des Critères de Sécurité de la CIG) et les principaux événements redoutés considérés sont mis en évidence dans l'annexe 2 des Critères de Sécurité de la CIG [a] (les annexes 1 et 2 à ce document montrent les détails).

Le processus utilisé pour vérifier le niveau de sécurité est fait en trois étapes:

- une identification de risques, permettant de définir les causes et les conséquences d'un événement déclenchant ;
- une évaluation des risques, grâce à une évaluation des fréquences d'occurrence des événements déclenchant et de la gravité de leurs conséquences ;
- une vérification de l'acceptabilité des risques.

En vue de vérifier l'acceptabilité d'un événement déclenchant, la gravité des conséquences de l'évènement est mise en relation avec la fréquence d'occurrence de l'évènement : un accident ayant de graves conséquences

accadimento per mezzo di disposizioni costruttive o di misure di esercizio;

- Zona di accettabilità (al di sotto della curva blu): il rischio è accettabile. Sarà tuttavia necessario, in fase di realizzazione e di esercizio, dimostrare che il rischio rimane al livello previsto;
- Zona di attenzione (tra le due curve): il rischio è accettabile unicamente se la riduzione della gravità del rischio o della sua frequenza è impossibile o se i costi necessari a questo scopo sono sproporzionati in rapporto al miglioramento atteso.

#### 4.2 Processo di verifica dell'accettabilità del rischio

Per l'insieme delle persone trasportate nel sistema di trasporto come per le diverse persone che si trovano in prossimità delle infrastrutture del sistema, l'accettabilità del rischio legato ad ogni evento di sicurezza deve essere verificata. Questi eventi di sicurezza sono determinati dall'analisi preliminare dei rischi (si veda il documento PP2 C1 TS3 0004 "Analisi preliminare dei rischi"). Gli scenari di incidente sono determinati dal Decreto del Ministero dell'Interno italiano (allegato 1 ai Criteri di Sicurezza della CIG) e i principali eventi da considerare sono evidenziato dall'allegato 2 dei Criteri di Sicurezza della CIG [a] (si vedano gli allegati 1 e 2 al presente documento per i dettagli).

Il processo utilizzato per verificare il livello di sicurezza consta di tre fasi:

- un'identificazione dei rischi: permette di definire le cause e le conseguenze di un evento scatenante;
- una valutazione dei rischi: effettuata per mezzo della valutazione delle frequenze di accadimento degli eventi scatenanti e della gravità delle loro conseguenze;
- una verifica dell'accettabilità dei rischi.

Per verificare l'accettabilità di un evento scatenante, la gravità delle conseguenze dell'evento è messa in relazione con la frequenza di accadimento. Un incidente che comporti gravi conseguenze ma la cui



mais dont la fréquence d'occurrence est très faible peut être accepté, alors qu'un accident moins grave mais plus fréquent peut ne pas l'être.

#### 4.3 Modification du projet pour les risques inacceptables

Pour les risques se situant dans la zone « inacceptable », il a été nécessaire de modifier le projet.

Pour les risques se situant dans la zone d'attention, il sera nécessaire d'élaborer des mesures de prévention et de protection ayant pour objectif :

- de réduire la fréquence d'apparition d'un accident (action de prévention).
- et/ou de réduire les conséquences d'un accident (action de protection).

frequenza di accadimento sia bassa, potrebbe essere accettato, mentre un incidente meno grave ma più frequente potrebbe non esserlo.

#### 4.3 Modifiche al progetto verifica per i rischi inaccettabili

Per i rischi che si situano nella zona “inaccettabile”, è stato necessario modificare il progetto.

Per i rischi che si situano nella zona di attenzione, sarà necessario elaborare misure di prevenzione e protezione con gli obiettivi seguenti:

- ridurre la frequenza di accadimento di un incidente (azione di prevenzione);
- e/o riduzione delle conseguenze di un incidente (azione di protezione).

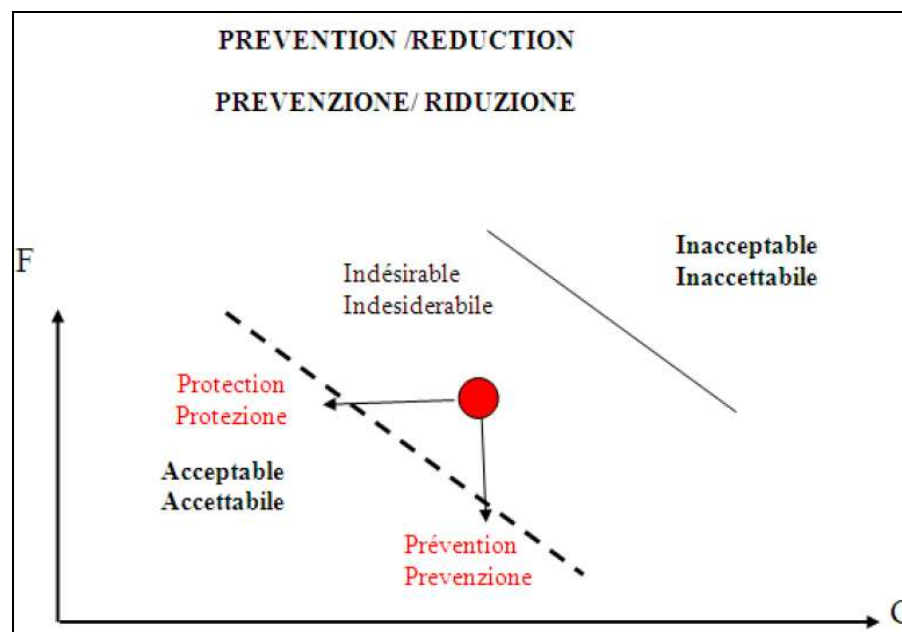


Image 2: Mesures de prévention et protection.

Figura 2: Misure di prevenzione e protezione.

#### 4.4 Exemple de la démarche pour un scénario se trouvant dans la zone d'inacceptabilité

L'Image 3 montre que le scénario « *Incendie ferroviaire sur un train de marchandises avec émission de substances dangereuses (toxiques, ou nocives, ou inflammables) et déraillement d'un ou plusieurs wagons dans le tunnel* » (SI6) se trouve, avant l'application des mesures de prévention et protection, dans la zone d'inacceptabilité.

#### 4.4 Esempio del procedimento su uno scenario che si trovi nella zona di inaccettabilità

L'immagine seguente (Figura 3) mostra come lo scenario “*Incidente ferroviario ad un treno merci con rilascio di sostanze pericolose (tossiche o nocive o infiammabili) e deragliamento di uno o più vagoni in galleria*” (SI6) si posizioni, prima dell'applicazione delle misure di prevenzione e protezione, nella zona di inaccettabilità.

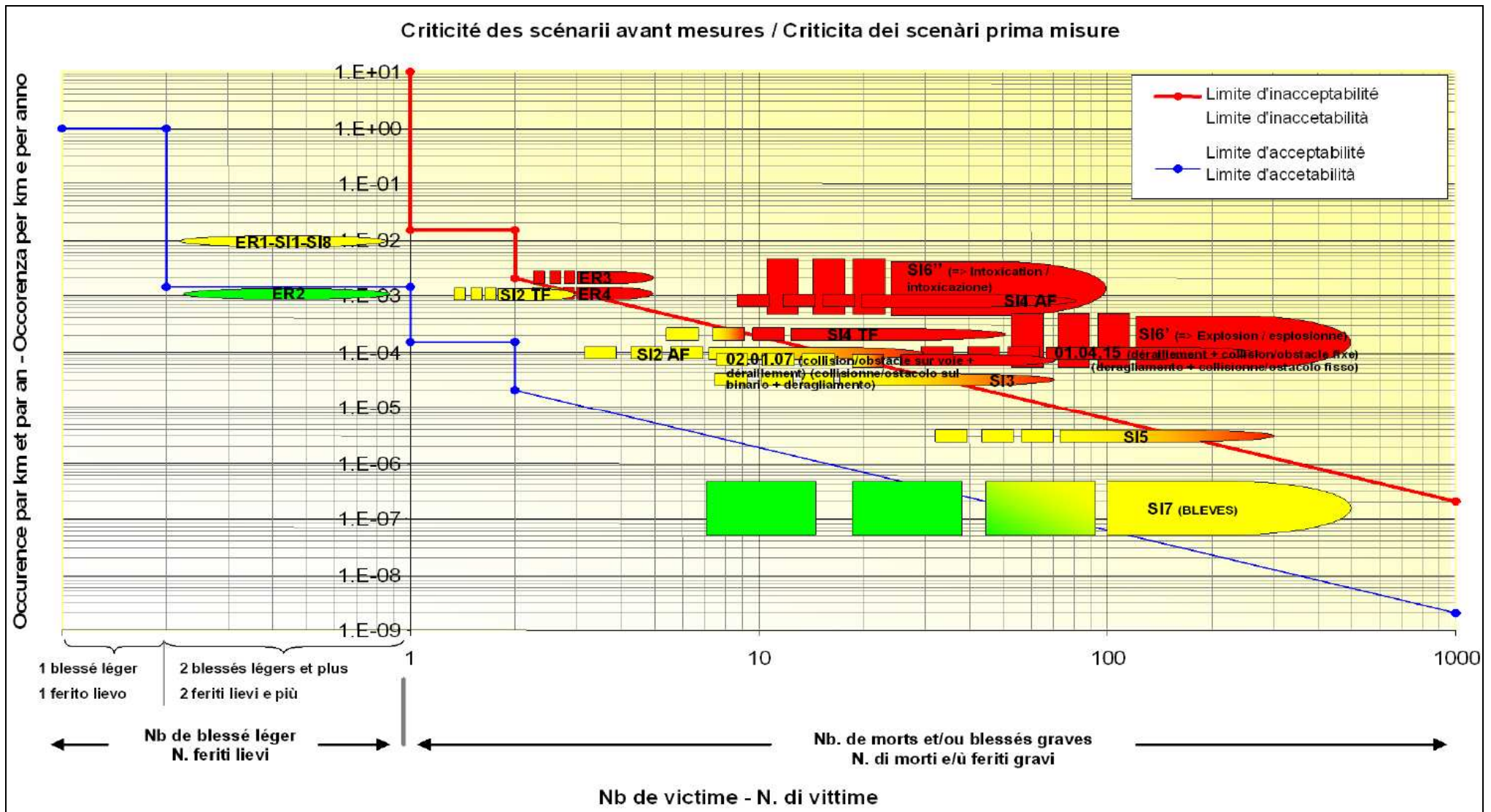


Image 3: Criticité des scénarios avant mesures de prévention et protection.

Figura 3: Criticità degli scenari prima delle misure di prevenzione e protezione.

Pour qu'il puisse descendre dans la zone d'acceptabilité (Image 4) il est nécessaire de mettre en œuvre des mesures de protection et prévention:

Perché possa scendere nella zona di accettabilità (Figura 4) è necessaria la messa in opera di misure di prevenzione e protezione:

Exemples de mesures de prévention qui vont faire diminuer la fréquence d'occurrence :

- Détection incendie : mesures liés à la surveillance boîte d'essieux, détection locaux véhicules moteurs,...à bord du MR ;
- Détection des anomalies des trains : mesures liées à la détection des liquides et gaz dangereux, ..... ;
- [...].

Exemples de mesures de protection qui vont diminuer les conséquences de l'événement :

- Autorisation de parcours, acquisition/traitement des données de la signalisation, affectation des consignes de sécurité : mesures liés à la distance entre deux trains ;
- Lutte contre l'incendie : mesures liées aux extincteurs à bord du MR
- Résistance à l'incendie : mesures liées à la capacité au MR à continuer à rouler avec un feu à bord
- [...].

L'Image 4 montre clairement que l'application des ces mesures de prévention et de protection ramène le scénario dans la zone d'acceptabilité.

Ce processus a été utilisé pour tous les scénarios et événements sécurité

Esempi di misure di prevenzione volte a diminuire la frequenza di accadimento:

- Rilevamento incendio: misure legate alla sorveglianza delle boccole, al rilevamento nei locali motori, ... a bordo del MR
- Rilevamento anomalie dei treni: misure legate al rilevamento di liquidi e gas pericolosi;
- [...].

Esempi di misure di protezione volte a diminuire le conseguenze dell'evento:

- Autorizzazione dei percorsi, acquisizione/trattamento dati del segnalamento, assegnazione delle consegne di sicurezza: misure legate alla distanza tra i treni;
- Lotta antincendio: misure legate agli estintori a bordo del MR;
- Resistenza all'incendio: misure legate alla capacità del MR di continuare a circolare con un incendio a bordo;
- [...].

La Figura 4 mostra chiaramente che l'applicazione di queste misure di prevenzione e protezione riporta lo scenario nella zona di accettabilità.

Questo processo è stato utilizzato per tutti gli scenari ed eventi legati alla sicurezza.

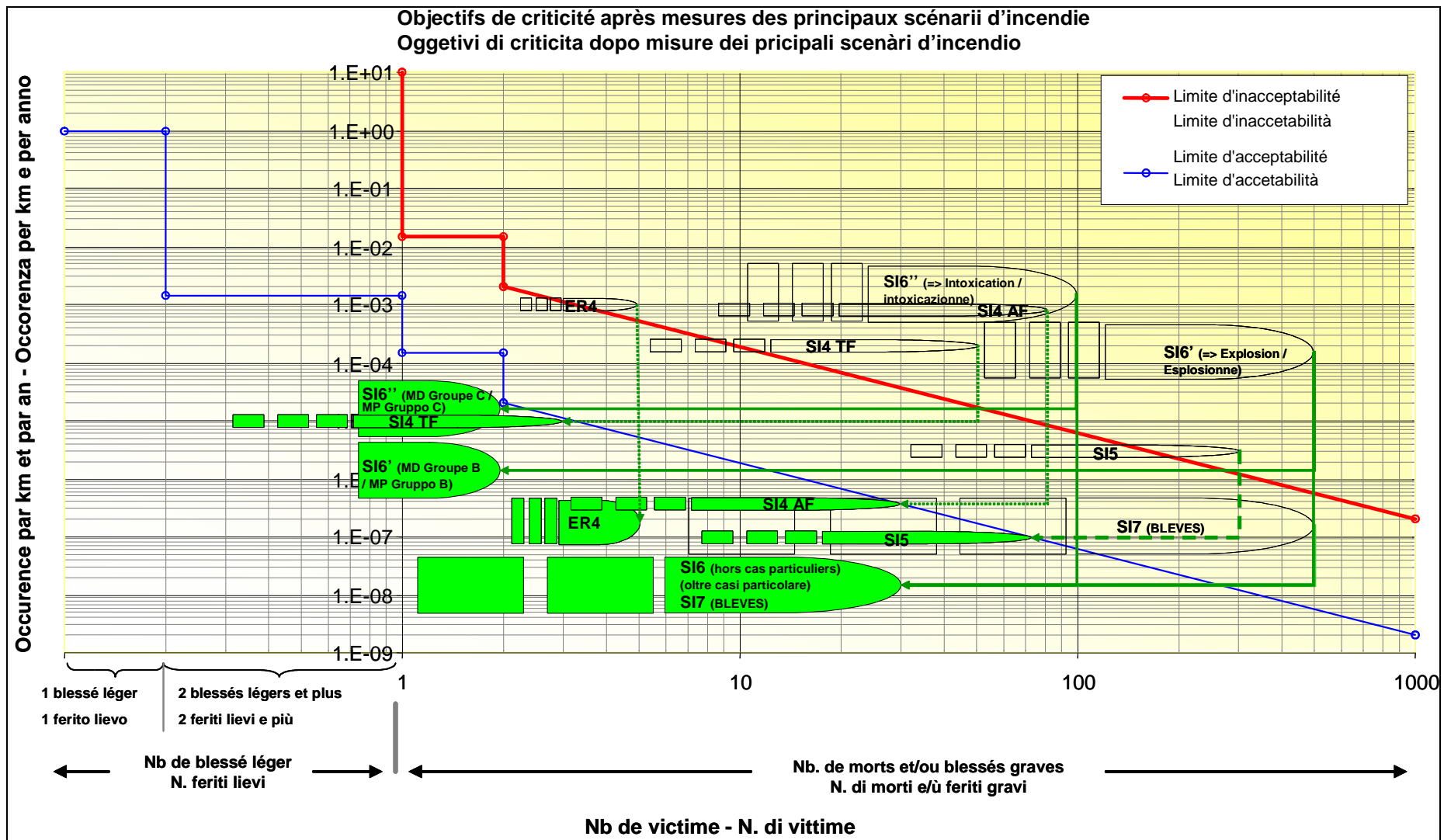


Image 4: Criticité des scénarios de type incendie après application des mesures de prévention et protection.

Figura 4: Criticità degli scenari di tipo incendio dopo l'applicazione delle misure di prevenzione e protezione.

## 5. DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

### 5.1 Configuration de la section internationale

La section internationale de la liaison Lyon-Turin ferroviaire est caractérisée par la présence de deux tunnels importants (voir Image 5) :

- Tunnel de base (~58 km)
- Tunnel de l'Orsiera (~19 km)

Les Spécifications Techniques d'Interopérabilité « Sécurité dans les tunnels ferroviaires » (STI SRT) impose des Sites de sécurité à une interdistance qui est au maximum de 20 km.. Ces Sites de Sécurité, sont conçus pour permettre une évacuation rapide des personnes, un accès rapide des secours et sont équipés pour traiter un train en feu.

Dans la section internationale il y a 6 des sites de sécurité :

- St. Jean de Maurienne (en surface, à l'air libre)
- La Praz (en tunnel)
- Modane (en tunnel)
- Clarea (en tunnel)
- Susa (en surface, à l'air libre)
- Chiusa S. Michele (en tranchée ouverte, à l'air libre)

Dans les tunnels, il y a des rameaux de communication entre les deux tubes tous les 333 mètres. Ces rameaux sont maintenus en surpression (voir §6.5.4) par rapport au tube incidenté et permettent donc aux voyageurs d'évacuer vers le tube sain, dans le cas très exceptionnel où un train ne serait pas en mesure de rejoindre un site de sécurité.

## 5. DESCRIZIONE DELL'OPERA

### 5.1 Configurazione della tratta internazionale

La tratta internazionale del collegamento ferroviario Torino-Lione è caratterizzata dalla presenza di due tunnel importanti (si veda la Figura 5):

- Tunnel di Base (~58 km)
- Tunnel dell'Orsiera (~19 km)

Le Specifiche Tecniche di Interoperabilità (STI) "Sicurezza nelle gallerie ferroviarie" (STI SRT) impongono la presenza di aree di sicurezza ad una interdistanza massima di 20 km. Le aree di sicurezza sono concepite per permettere un'evacuazione rapida delle persone, un accesso rapido dei soccorsi e sono equipaggiati per la gestione in un incendio.

Nella tratta internazionale sono presenti 6 aree di sicurezza:

- St. Jean de Maurienne (in superficie, all'aria aperta)
- La Praz (in tunnel)
- Modane (in tunnel)
- Clarea (in tunnel)
- Susa (in superficie, all'aria aperta)
- Chiusa S. Michele (in trincea aperta, all'aria aperta)

Nei tunnel sono presenti rami di collegamento tra le due canne ogni 333 metri. Tali rami sono mantenuti in sovrappressione (si veda §6.5.4) rispetto alla canna incidentata e permettono quindi ai viaggiatori di evacuare verso la canna sana, nel caso eccezionale in cui un treno non sia in grado di raggiungere un'area di sicurezza.

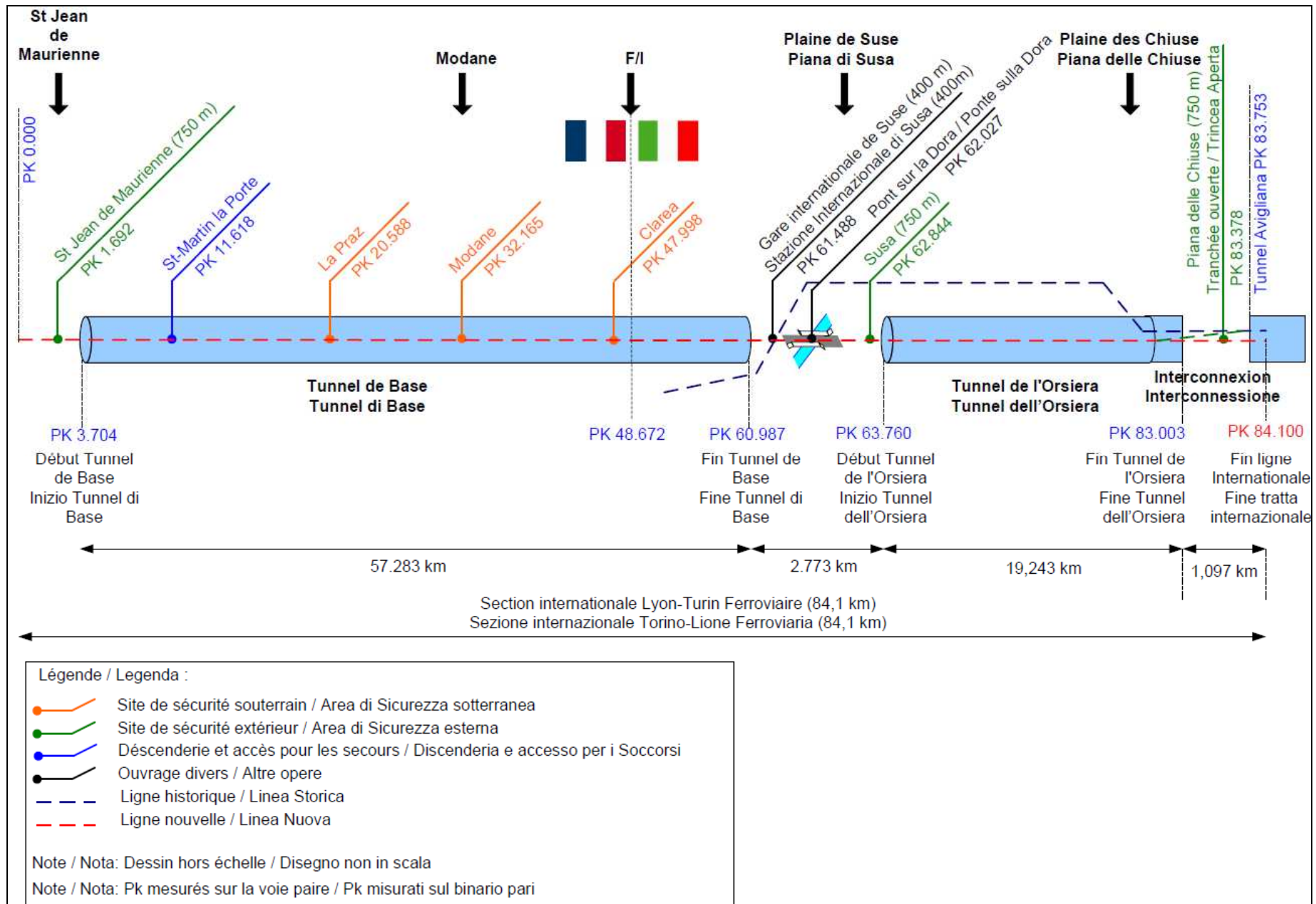


Image 5: Section internationale LTF

Figura 5: Tratta internazionale LTF

Les principaux éléments constructifs pour la sécurité (sites de sécurité et rameaux de communication) de la section internationale LTF peuvent être représentés de façon simplifiée par le synoptique suivant:

I principali elementi costruttivi per la sicurezza (aree di sicurezza e rami di collegamento) della sezione internazionale LTF possono essere rappresentati in modo semplificato per mezzo del sinottico seguente:

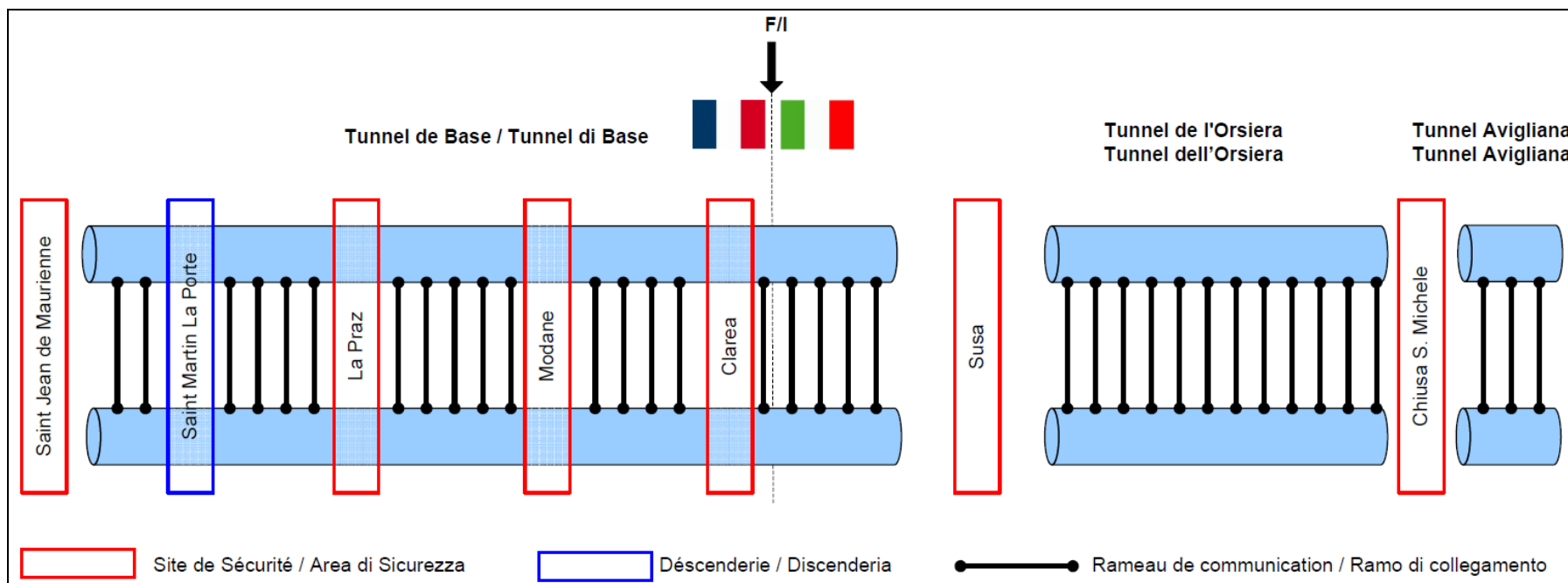


Image 6: Synoptique simplifié.

Figura 6: Sinottico semplificato.



## 5.2 Sites de sécurité

Les sites de sécurité disposent des facilités suivantes (voir les illustrations aux pages suivantes):

- quai d'évacuation des voyageurs de 750 m de longueur et 3 m de largeur;
- (pour les sites souterrains) salle d'accueil reliée aux quais d'évacuation par des rameaux espacés de 50 m sur 400 m de longueur ce qui correspond à la longueur du train à grande vitesse le plus long, le point d'arrêt étant repéré sur le quai;
- accès des équipes de secours indépendant des circuits d'évacuation des voyageurs;
- possibilité d'enraillement pour les véhicules bimodaux aux deux extrémités du quai;
- (pour les sites souterrains) système de désenfumage;
- réseau d'eau incendie;
- (pour les sites souterrains) système automatique d'atténuation incendie sur 750 m;
- système de drainage des matières dangereuses avec fosse de rétention de 120 m<sup>3</sup>;
- système d'éclairage ;
- système de sonorisation.

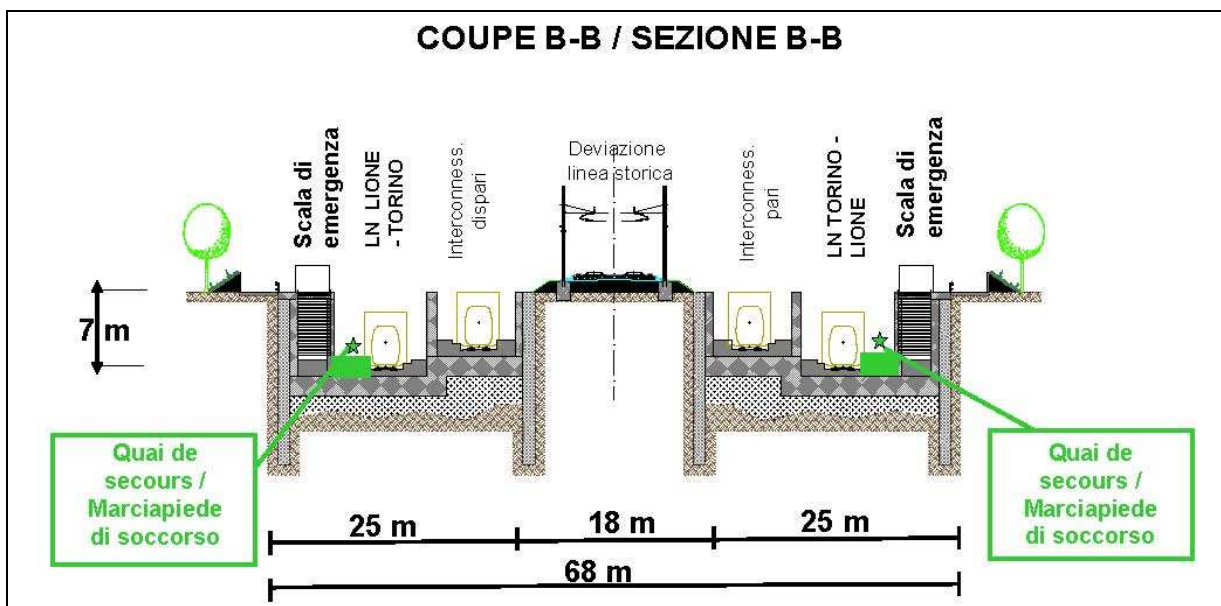
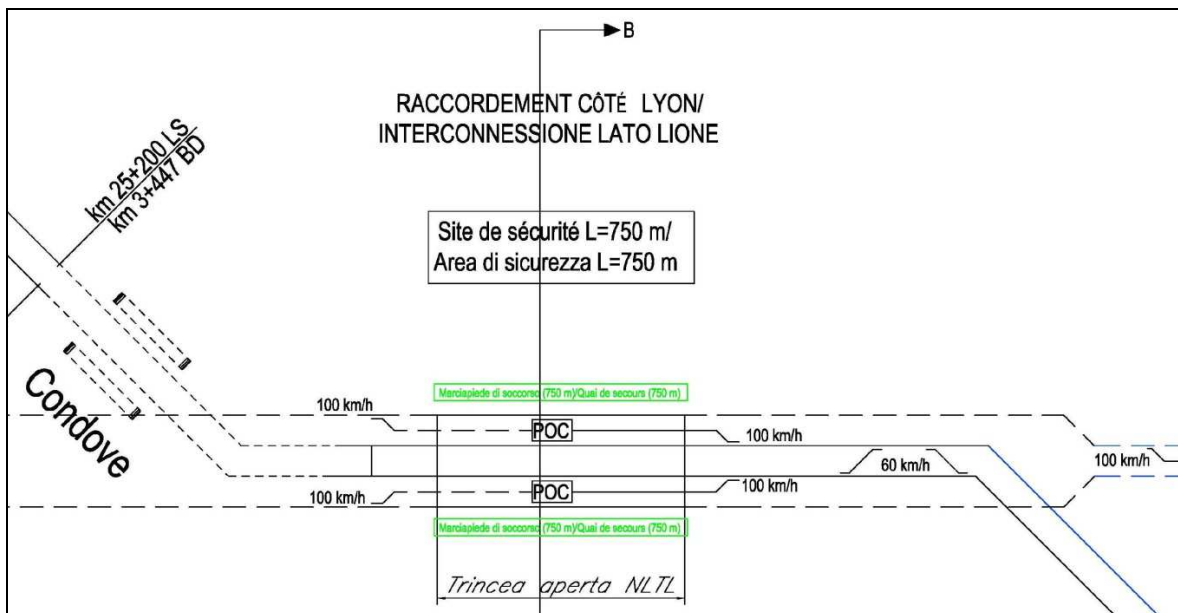
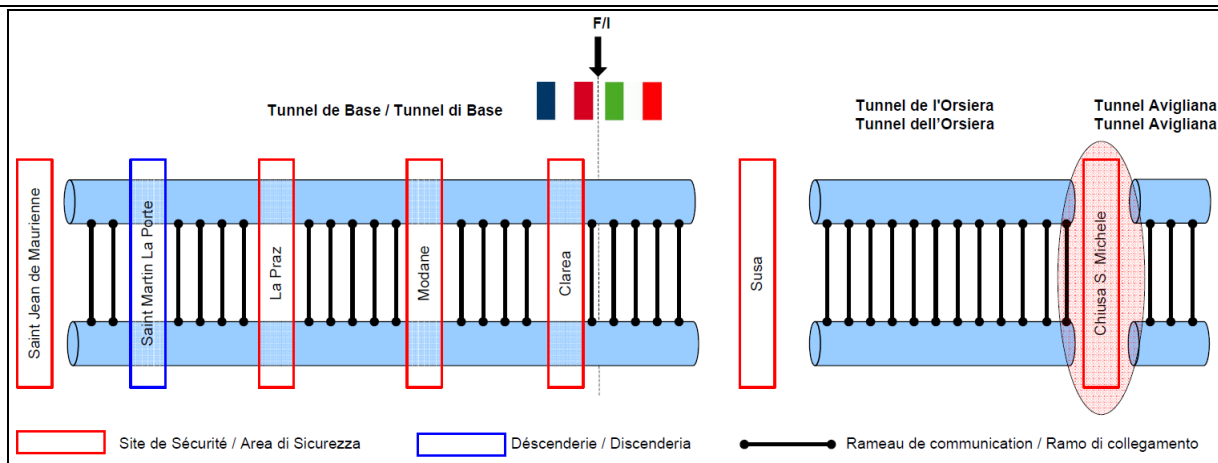
## 5.2 Aree di sicurezza

Le aree di sicurezza dispongono delle seguenti funzionalità (si vedano le illustrazioni alle pagine seguenti):

- marciapiede di evacuazione dei viaggiatori di 750 m di lunghezza e 3 m di larghezza;
- (per le aree sotterranee) sala di accoglienza collegata ai marciapiedi di evacuazione attraverso rami di comunicazione distanziati di 50 m su una lunghezza di 400 m, pari cioè alla lunghezza del treno ad alta velocità più lungo. Il punto di fermata del treno è individuato sul marciapiede;
- accesso delle squadre di soccorso indipendente dai circuiti di evacuazione dei viaggiatori;
- possibilità per i veicoli bimodali di inserirsi sui binari alle 2 estremità del marciapiede;
- (per le aree sotterranee) sistema di ventilazione;
- rete idrica antincendio;
- (per le aree sotterranee) sistema di attenuazione incendio su 750 m;
- sistema di drenaggio dei liquidi pericolosi con un serbatoio di contenimento da 120 m<sup>3</sup>;
- sistema di illuminazione;
- sistema di diffusione sonora.

Site de sécurité de Chiusa S. Michele

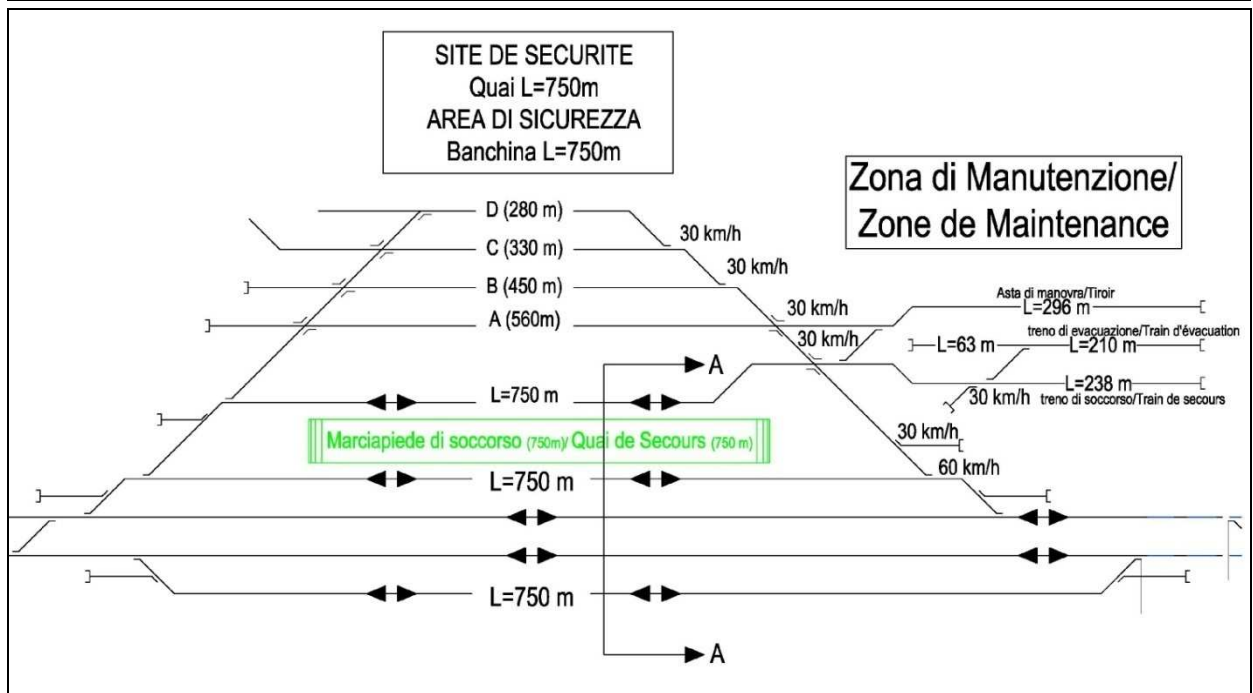
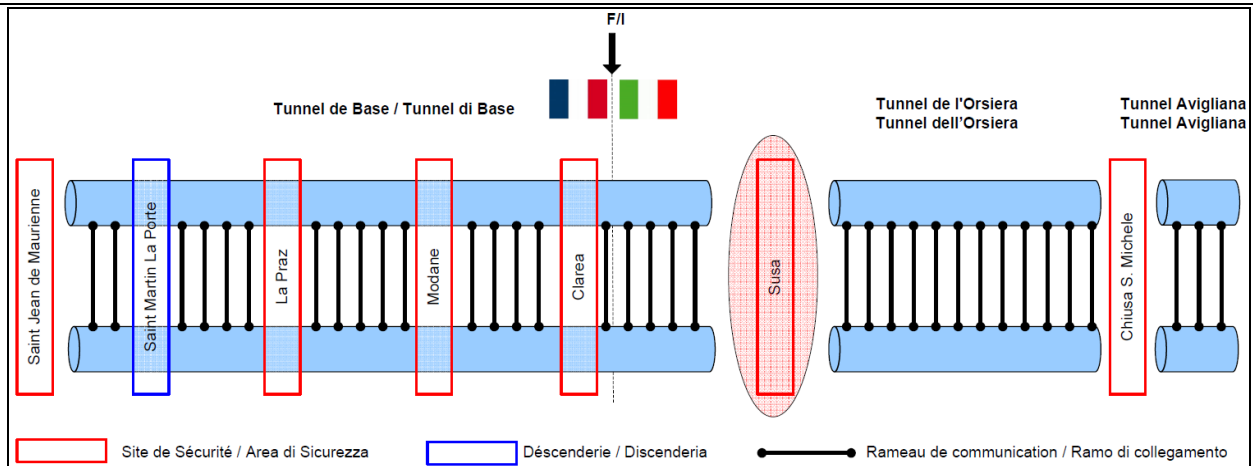
Area di Sicurezza di Chiusa S. Michele



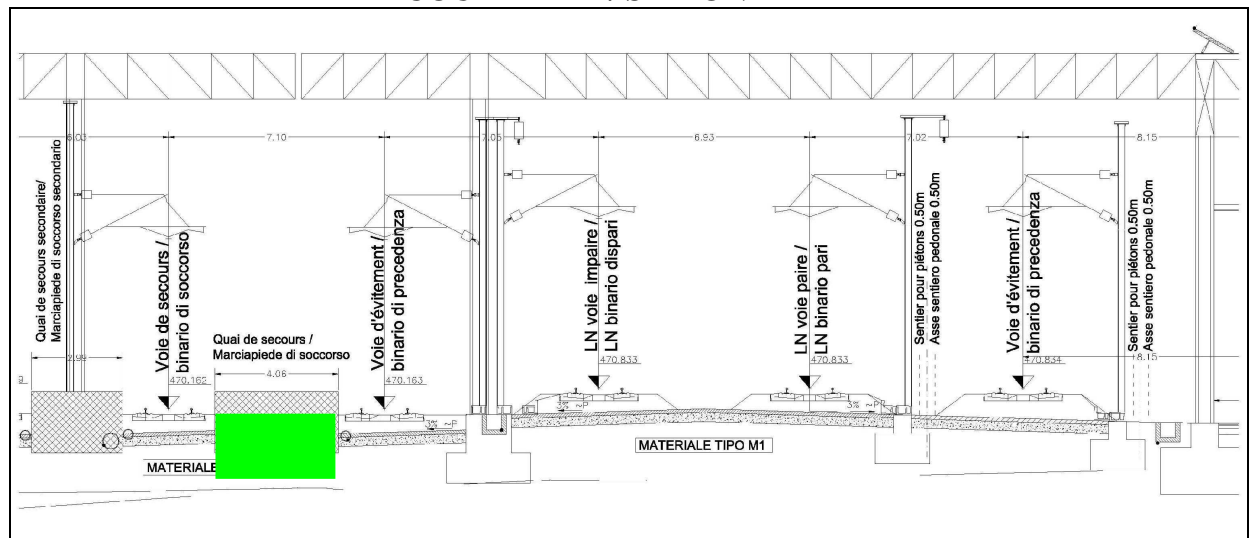
- Quai d'évacuation / Marciapiede di evacuazione
- Salle d'accueil / Sala di accoglienza
- Porte coupe feu / Porta taglia fuoco
- Espace libre 2 x 2 m pour blessés, PMR, .... / Spazio libero 2 x 2 m per feriti, PMR, ...

Site de sécurité de Susa

Area di Sicurezza di Susa



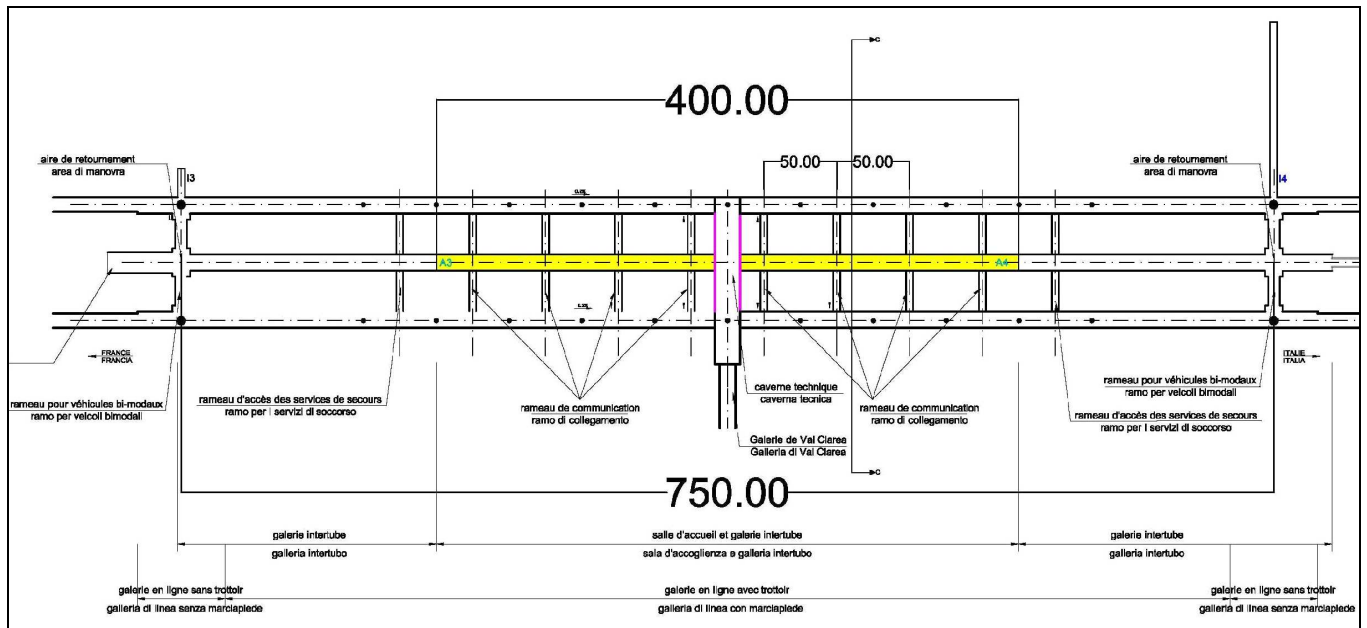
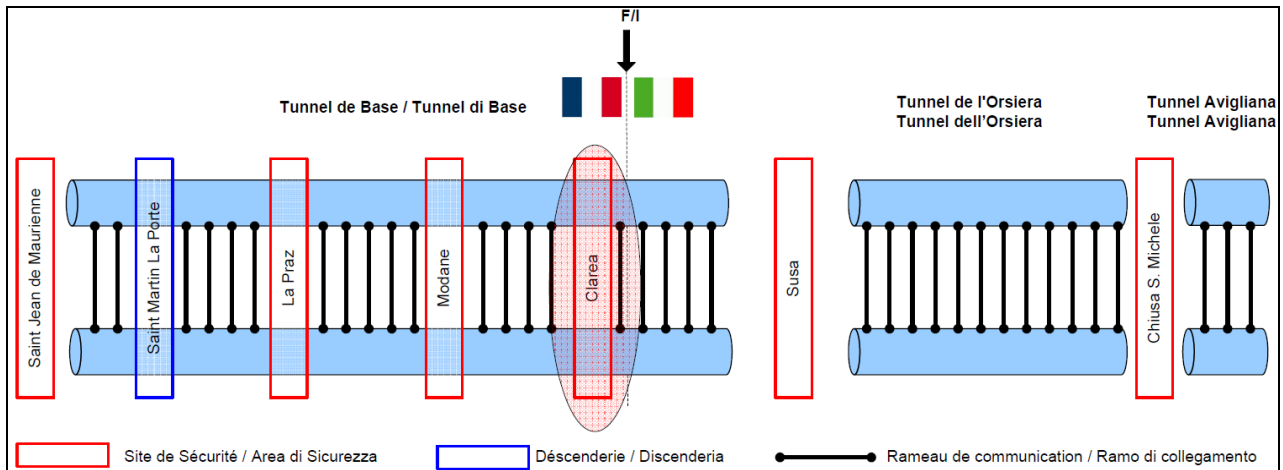
COUPE A - A / SEZIONE A - A



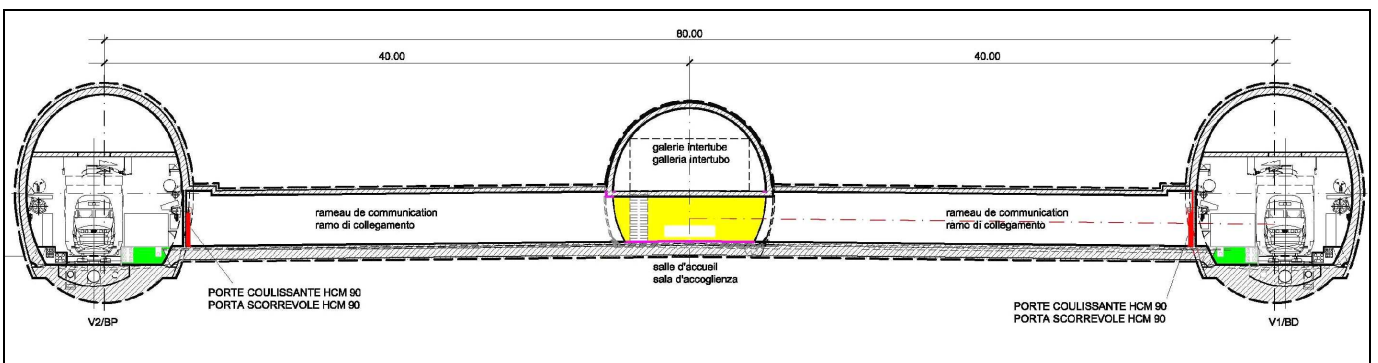
- Quai d'évacuation / Marciapiede di evacuazione
- Salle d'accueil / Sala di accoglienza
- Porte coupe feu / Porta taglia fuoco
- Espace libre 2 x 2 m pour blessés, PMR, ... / Spazio libero 2 x 2 m per feriti, PMR, ...

Site de sécurité de Clarea

Area di Sicurezza di Clarea



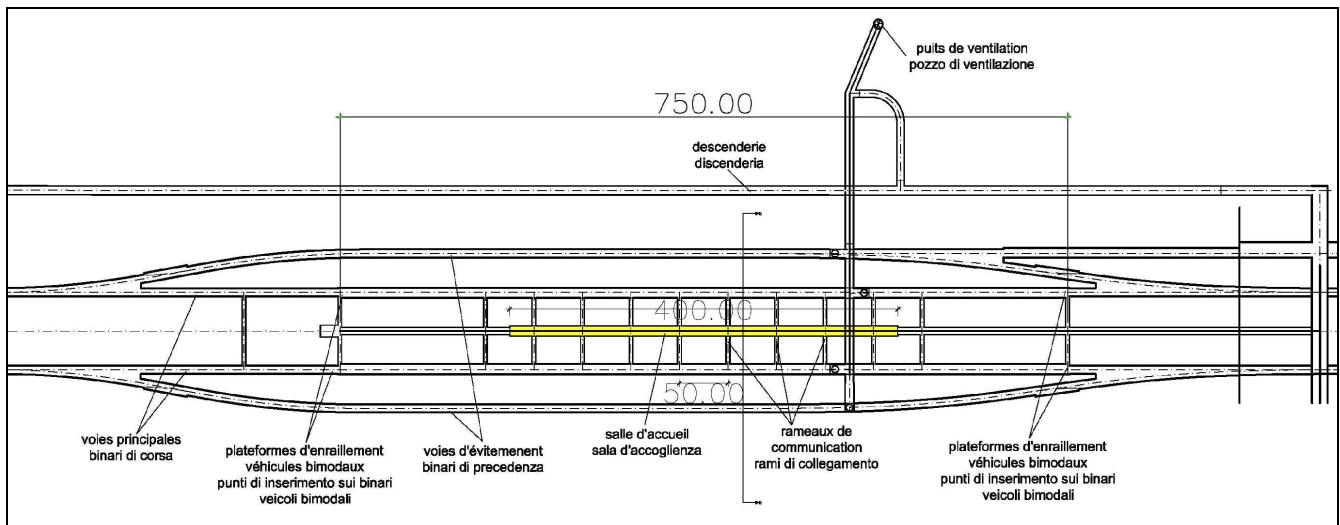
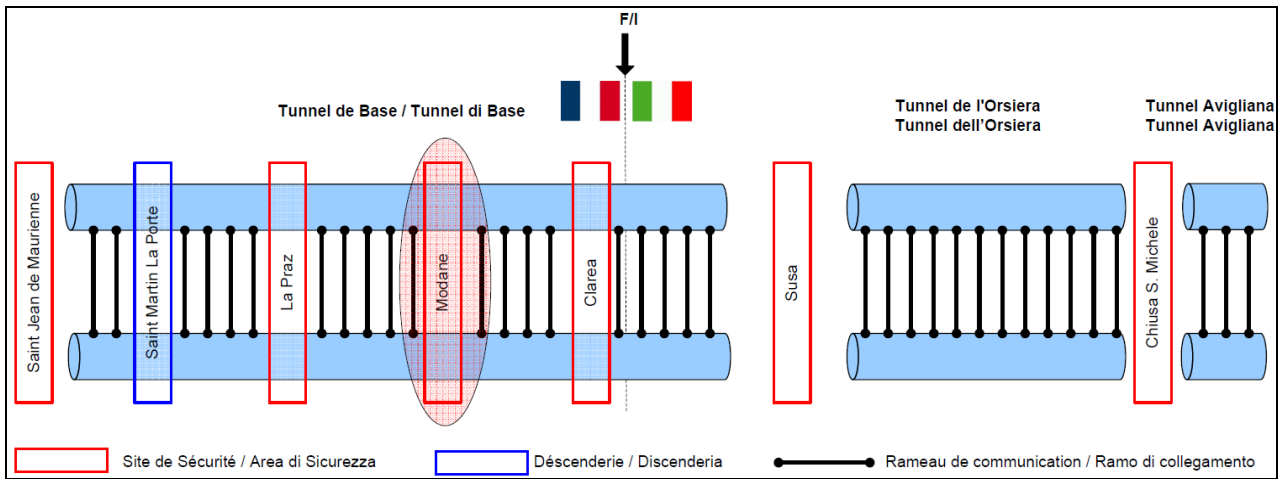
COUPE C - C / SEZIONE C - C



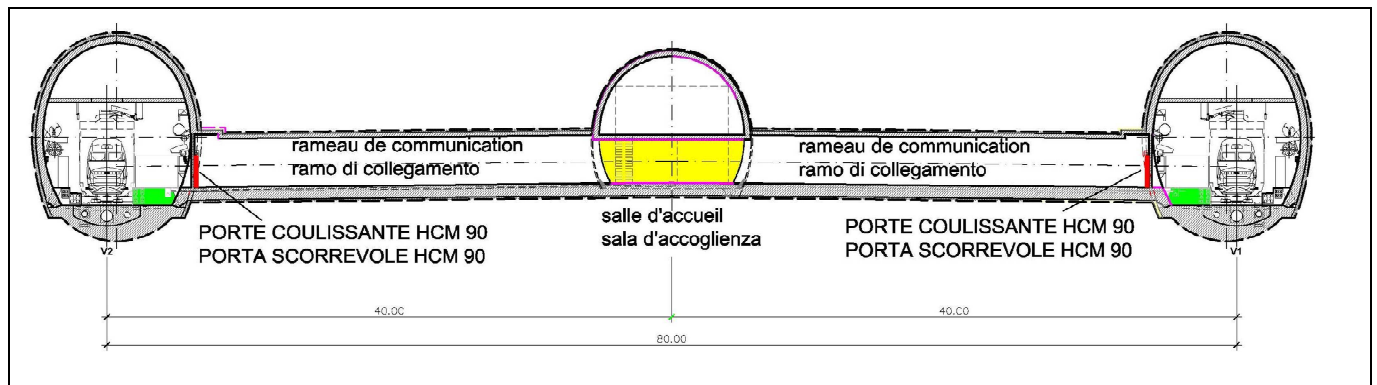
- Quai d'évacuation / Marciapiede di evacuazione
- Salle d'accueil / Sala di accoglienza
- Porte coupe feu / Porta taglia fuoco
- Espace libre 2 x 2 m pour blessés, PMR, .... / Spazio libero 2 x 2 m per feriti, PMR, ...

**Site de sécurité de Modane**

**Area di Sicurezza di Modane**



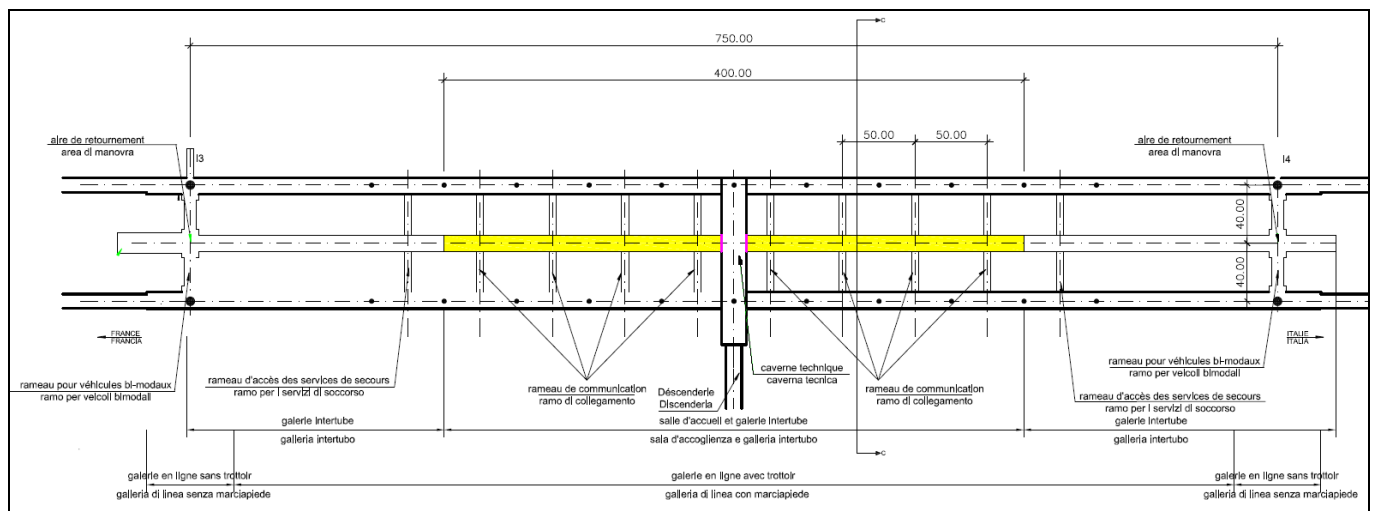
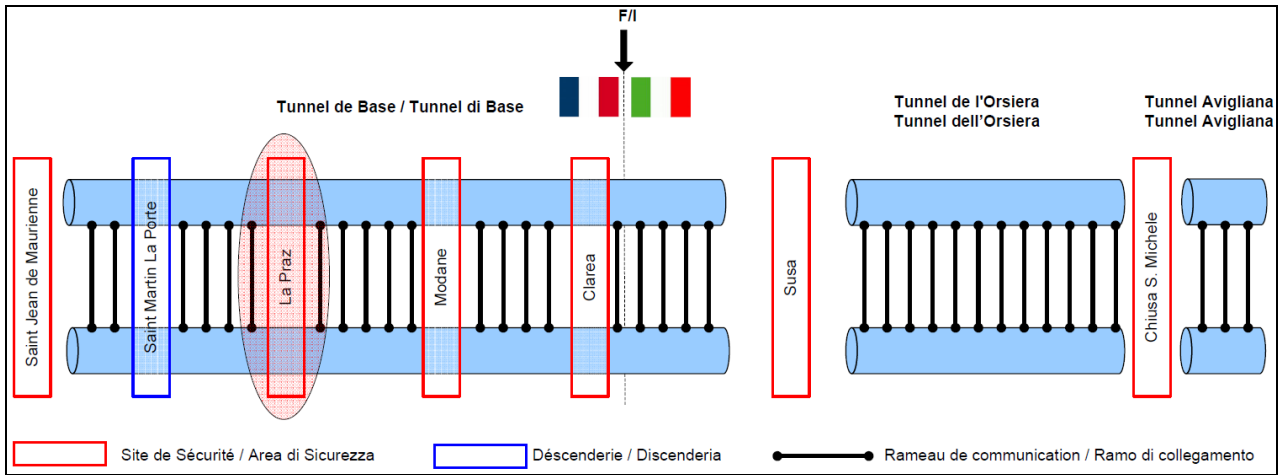
**COUPE / SEZIONE E – E**



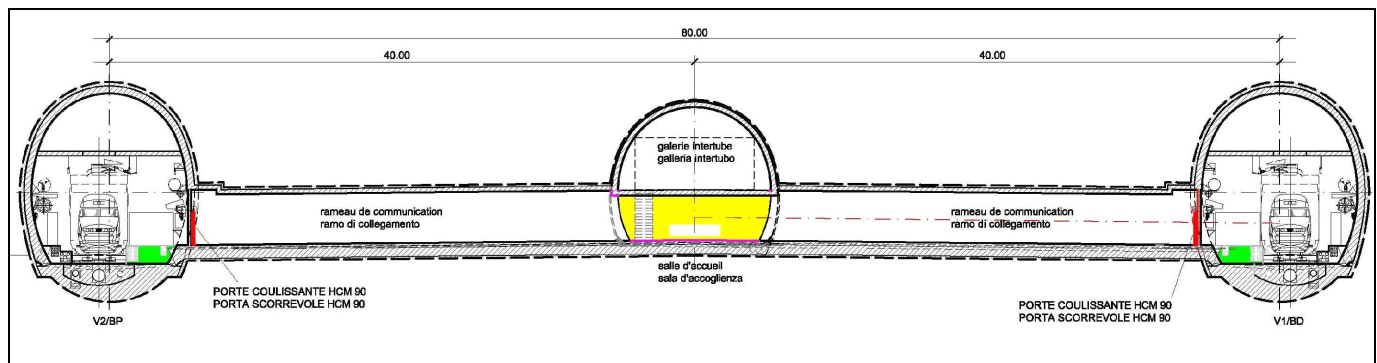
- Quai d'évacuation / Marciapiede di evacuazione
- Salle d'accueil / Sala di accoglienza
- Porte coupe feu / Porta taglia fuoco
- Espace libre 2 x 2 m pour blessés, PMR, .... / Spazio libero 2 x 2 m per feriti, PMR, ...

**Site de sécurité de La Praz**

**Area di Sicurezza di La Praz**



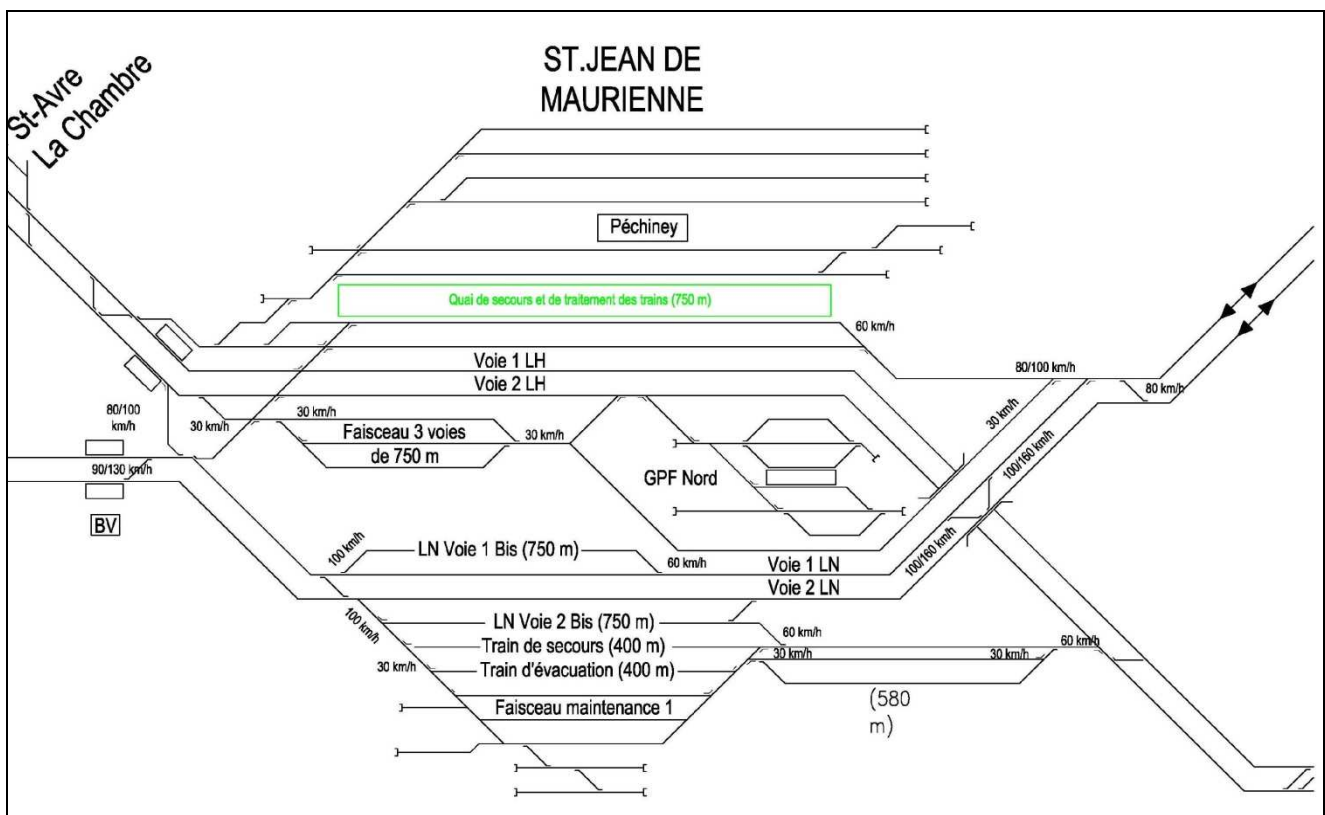
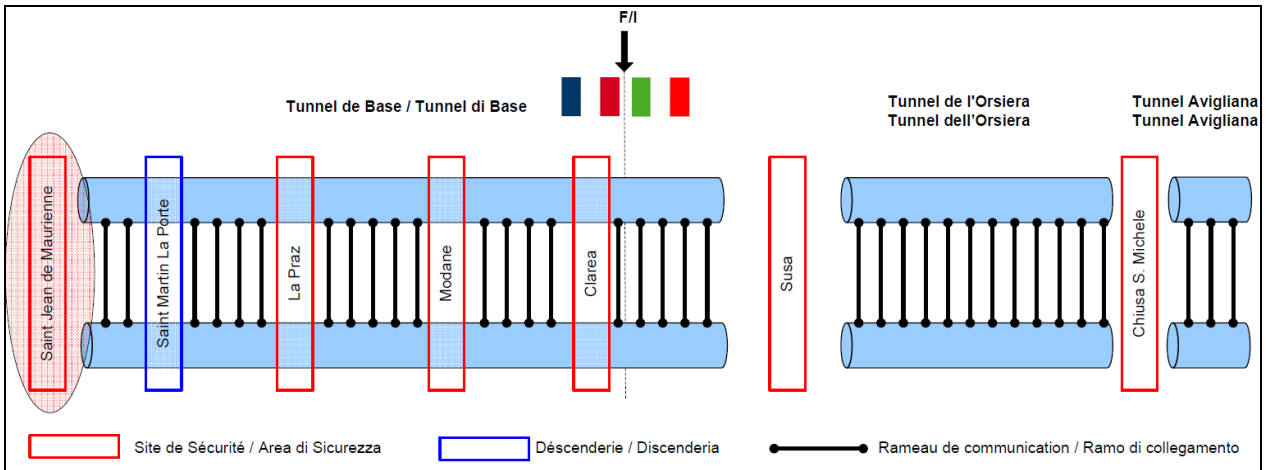
**COUPE C - C / SEZIONE C - C**



- Quai d'évacuation / Marciapiede di evacuazione
- Salle d'accueil / Sala di accoglienza
- Porte coupe feu / Porta taglia fuoco
- Espace libre 2 x 2 m pour blessés, PMR, .... / Spazio libero 2 x 2 m per feriti, PMR, ...

Site de sécurité de Saint Jean de Maurienne

Area di Sicurezza di Saint Jean de Maurienne



- Quai d'évacuation / Marciapiede di evacuazione
- Salle d'accueil / Sala di accoglienza
- Porte coupe feu / Porta taglia fuoco
- Espace libre 2 x 2 m pour blessés, PMR, .... / Spazio libero 2 x 2 m per feriti, PMR, ...

### 5.3 Les rameaux de communication

Les rameaux de communication permettent aux personnes de rejoindre le tunnel sain dans l'attente du train d'évacuation. Ils sont espacés de 333 m environ tout le long de tous les tunnels de la section internationale (voir le §6.4.1 et Image 7).

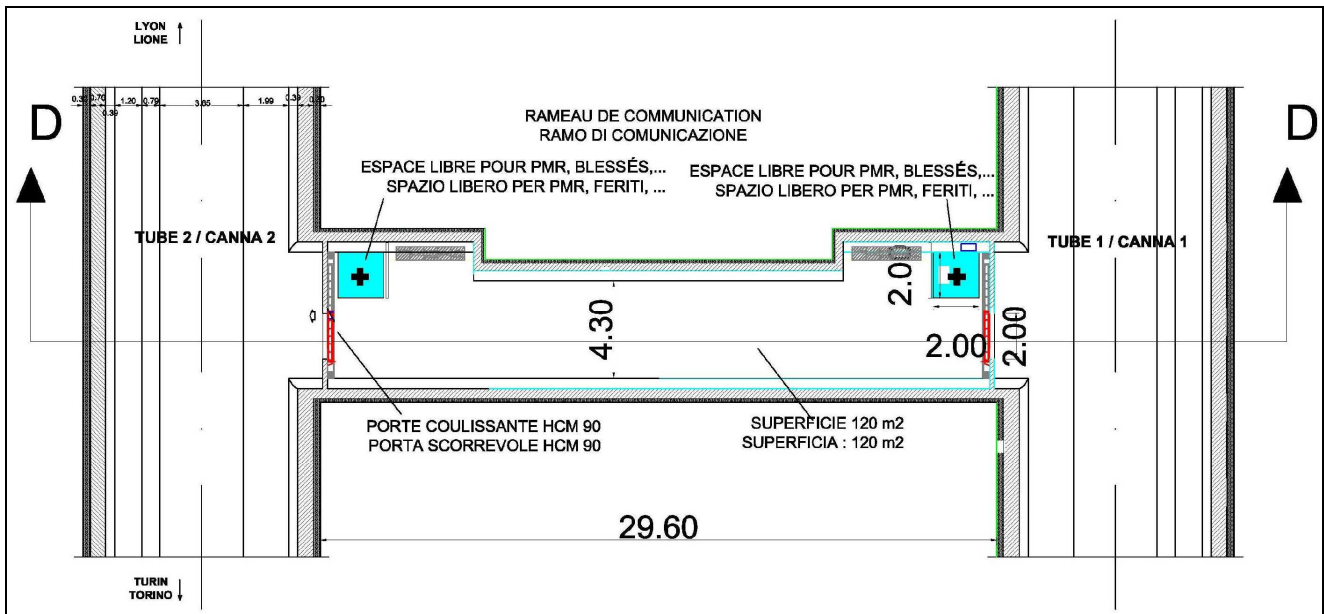
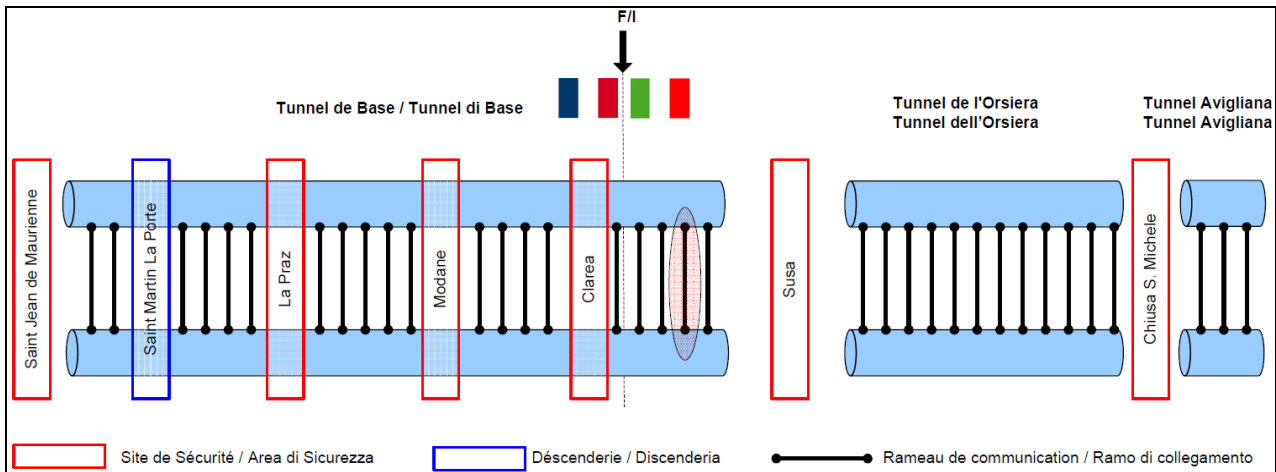
### 5.3 I rami di collegamento

I rami di comunicazione permettono alle persone di raggiungere la canna sana nell'attesa del treno di evacuazione. Essi si trovano ad una interdistanza di 333 metri lungo tutti i tunnel della tratta internazionale (si veda il §6.4.1 e la Figura 7).

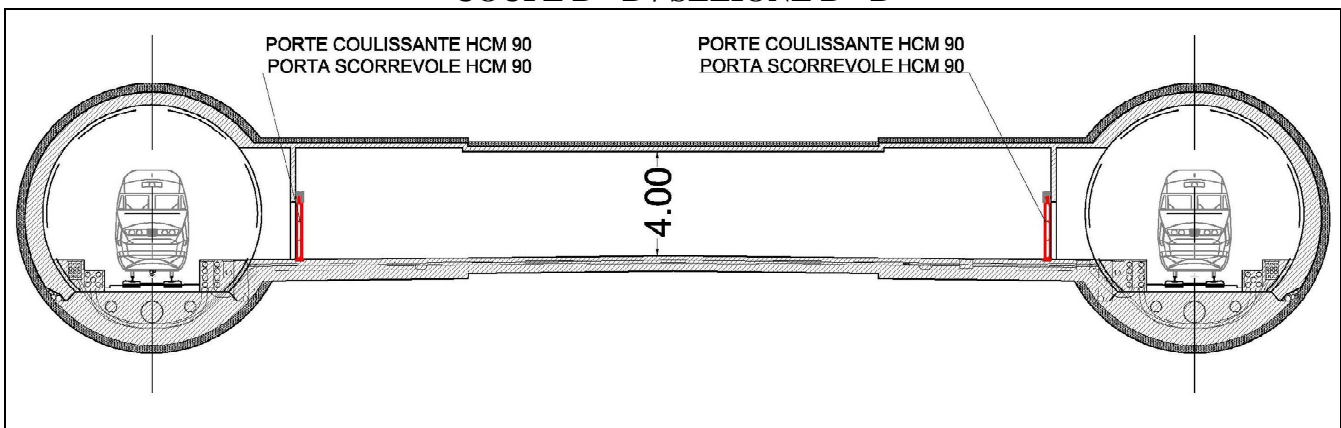


**Rameaux de communication**

**Rami di collegamento**



**COUPE D - D / SEZIONE D - D**



- Quai d'évacuation / Marciapiede di evacuazione
- Salle d'accueil / Sala di accoglienza
- Porte coupe feu / Porta taglia fuoco
- Espace libre 2 x 2 m pour blessés, PMR, .... / Spazio libero 2 x 2 m per feriti, PMR, ...

Image 7: Plan et coupe d'un rameau de communication.

Figura 7: Pianta e sezione di un ramo di collegamento.

## 6. DISPOSITIF DE SECURITE

### 6.1 Les grands principes de sécurité

1. Si un train (ou sa charge) présente des anomalies potentiellement dangereuses, il devra être arrêté dans les sites de sécurité en amont de la section internationale pour être traité ;
2. Si une anomalie potentiellement dangereuse est détectée à bord d'un train à l'intérieur d'un tunnel, le train concerné doit rejoindre le site de sécurité le plus proche (selon la STI Matériel Roulant, les rames doivent conserver leur capacité de circuler pendant 15 minutes à la vitesse d'au moins 80 km/h avec un feu déclaré à bord. Cela permettra de parcourir 20 km ce qui est la distance maximum entre les Sites de Sécurité) ;
3. A) Si le train incidenté ne peut pas atteindre un site de sécurité et il ne présente pas une situation « urgente » il pourra être secouru dans le tunnel, en redémarrant par ses propres moyens, même “dégradés”, ou en se faisant remorquer par un autre train.
3. B) Dans le cas exceptionnel où le train incidenté ne peut pas atteindre un site de sécurité et il présente une situation « urgente » (exemple incendie), les personnes seront évacuées du train vers un espace sécurisé et à l'abri de tout danger (tube sain) où elles pourront attendre en toute sécurité leur évacuation vers l'extérieur. L'évacuation des personnes jusqu'à l'extérieur doit s'effectuer dans un délai compatible avec leur sauvegarde, compte tenu de la criticité de la situation. L'objectif recommandé est de ne pas dépasser 90 minutes.

Les trains d'Autoroute Ferroviaire (AF) sont un cas particulier. Ils sont en effet équipés d'un véhicule automoteur (appelé SONIA) positionné en tête de train qui transporte l'ensemble des personnes présentes. Si le train d'AF incidenté n'est pas en mesure de poursuivre sa marche et doit s'arrêter en tunnel, le véhicule SONIA se décroche du train de façon soit automatisée (soit manuelle depuis l'intérieur du SONIA en cas de non fonctionnement

## 6. DISPOSITIVO DI SICUREZZA

### 6.1 I principali principi di sicurezza

1. Se un treno (o il suo carico) presenta anomalie potenzialmente pericolose dovrà essere fermato nelle aree di sicurezza a monte della sezione internazionale per essere trattato;
2. Se viene rilevata un'anomalia potenzialmente pericolosa a bordo di un treno all'interno di un tunnel, il treno interessato deve raggiungere l'area di sicurezza più vicina (secondo la STI Materiale Rotabile i convogli devono essere in grado di proseguire la marcia per 15 minuti ad una velocità di almeno 80 km/h con un incendio dichiarato a bordo. Ciò permette di percorrere i 20 km di separazione massima tra le aree di sicurezza);
3. A) Se il treno incidentato non può raggiungere un'area di sicurezza e non presenta una situazione “urgente”, potrà essere soccorso nel tunnel, in modo da ripartire con i propri mezzi, anche se “degradati”, o essere trainato da un altro treno;
3. B) Nel caso eccezionale in cui il treno incidentato non possa raggiungere un'area di sicurezza e presenti una situazione “urgente” (ad esempio un incendio), le persone dovranno essere evacuate dal treno verso spazio assistito e protetto da ogni pericolo (la canna sana) dal quale potranno aspettare in tutta sicurezza la loro evacuazione all'esterno. L'évacuation delle persone sino all'esterno deve essere effettuata in tempi compatibili con la loro sicurezza, tenuto conto della criticità della situazione. Si raccomanda di non superare i 90 minuti.

I treni di Autostrada Ferroviaria (AF) sono un caso particolare. Essi sono infatti dotati di un veicolo automotore (denominato SONIA) posizionato in testa al treno che trasporta l'insieme delle persone presenti. Se il treno di AF incidentato non è in grado di proseguire la propria marcia e deve arrestarsi in tunnel, il veicolo automotore “SONIA”, viene sganciato dal treno in modo automatico (o in modo manuale dall'interno del SONIA in

automatique) et gagne par ses propres moyens un site de sécurité à l'extérieur du tunnel. En cas de dysfonctionnement du véhicule automoteur SONIA, les chauffeurs évacuent en tunnel selon la même procédure que pour les trains de voyageurs.

## 6.2 Principes d'évacuation

### 6.2.1 Evacuation en site de sécurité souterrain

#### Trains de voyageurs

- Le train de voyageurs en feu s'arrête au site de sécurité le plus proche. Le point d'arrêt est prédéfini afin de permettre un arrêt contrôlé : le train s'arrête à l'extrémité de la partie de 400 m du quai spécialement conçue pour l'évacuation des voyageurs.
- La ventilation de désenfumage du site est alors mise en route (voir le §6.5.4).
- Les voyageurs et le personnel de bord évacuent par l'ensemble des portes du train et entrent dans les rameaux (espacés de 50 mètres sur la longueur de 400 m) pour accéder à la salle d'accueil, capable de contenir 1100 personnes. Cette salle constitue le refuge pour les personnes, ou elles attendent l'intervention des services de secours pour être évacuées (le système de ventilation en assure la surpression par rapport au tube incendié).
- Dès que possible, les voyageurs sont évacués. Le principe prévu est que les blessés sont sortis à l'extérieur par la descenderie au moyen de véhicules routiers, puis évacués par la route ou par hélicoptère.
- Les personnes valides seront, quant à elles évacuées vers l'extérieur par un train d'évacuation circulant dans le tube sain.

#### Trains de Marchandises

- Le train de marchandises en feu s'arrête au site de sécurité le plus proche. Le point d'arrêt est prédéfini (repère visuel) afin de permettre un arrêt contrôlé : le train s'arrête à l'extrémité de la partie de 750 m du quai.

caso di mancato funzionamento dell'automatismo) e raggiunge con i mezzi propri un'area di sicurezza all'esterno del tunnel. In caso di disfunzionamento del veicolo automotore SONIA, gli autisti sono evacuati nel tunnel secondo la stessa procedura dei treni viaggiatori.

## 6.2 Principi di evacuazione

### 6.2.1 Evacuazione in area di sicurezza sotterranea

#### Treni viaggiatori

- Il treno viaggiatori con un incendio a bordo si ferma nell'area di sicurezza più vicina. Il punto d'arresto è predefinito per permettere un arresto controllato: il treno si ferma all'estremità della parte di 400 m del marciapiede, prevista specificamente per l'evacuazione dei viaggiatori.
- Viene allora azionata la ventilazione dell'area di sicurezza per l'evacuazione dei fumi (si veda il §6.5.4).
- I viaggiatori ed il personale di bordo escono da tutte le porte del treno ed entrano nei rami di collegamento (distanti 50 m l'uno dall'altro sulla lunghezza di 400 m) per accedere alla sala di accoglienza, in grado di contenere 1100 persone. In questa sala, che serve da rifugio per le persone, le stesse attendono l'intervento dei servizi di soccorso per essere evacuate (l'impianto di ventilazione ne assicura il mantenimento in sovrappressione rispetto alla canna incendiata).
- Non appena possibile, i viaggiatori vengono fatti evacuare. Il principio previsto è che i feriti vengano fatti uscire all'esterno attraverso la discenderia usando dei veicoli stradali, per essere poi evacuati su strada o con l'elicottero.
- Le persone abili saranno portate all'esterno con un treno di evacuazione che circola nella canna sana.

#### Treni Merci

- Il treno merci, su cui si sia verificato un incendio, si arresta nell'area di sicurezza più vicina. Il punto d'arresto è predefinito (segnalazione di riferimento visiva) per permettere un arresto controllato: il treno si ferma all'estremità della parte di 750 m del marciapiede.

- La ventilation de désenfumage est alors mise en route.
- Les mécaniciens du train évacuent vers la salle d'accueil, par un rameau de communication.
- Le système d'atténuation du feu, s'il est compatible avec la substance à l'origine du feu, est mis en action pour contenir le développement de l'incendie avant l'arrivée des services de secours.

#### Trains d'Autoroute Ferroviaire - Cas normal

- Le train d'AF en feu s'arrête dans un site. Le véhicule automoteur d'accompagnement des chauffeurs (VAC « Sonia ») prévu en tête du train, qui transporte l'ensemble des personnes présentes, est décroché du train de façon automatisée (ou manuelle de l'intérieur de SONIA en cas de non fonctionnement automatique) et gagne par ses propres moyens un site de sécurité à l'extérieur du tunnel.
- La stratégie de ventilation adaptée est mise en œuvre (voir §6.5.4).

#### Trains d'Autoroute Ferroviaire - Cas exceptionnel

- Dans les cas exceptionnels où :
  - o le véhicule SONIA ne pourrait pas se dételer du train : les passagers seront évacués dans le site dans lequel se trouve le train, (selon la même procédure que ci-dessus).
  - o le véhicule SONIA ne parviendrait pas à gagner un site de sécurité extérieur : il devra essayer de rejoindre le site souterrain le plus proche. Les passagers y seront évacués selon la même procédure que celle prévue pour les trains de voyageurs.
- Les personnes du convoi disposeront de masques d'auto-sauvetage tels que définis dans la STI « SRT ».
- Si cela est jugé utile, le système d'aspersion est ensuite mis en service de façon à confiner l'incendie.

Les images 8 à 11 montrent les phases d'évacuation (pour les trains voyageurs) vers la salle d'accueil des sites de sécurités souterrains.

- Viene allora azionata la ventilazione per l'evacuazione dei fumi.
- Nelle aree di sicurezza i macchinisti evacuano verso la sala d'accoglienza, per mezzo di un ramo di comunicazione.
- Il sistema di attenuazione del fuoco, se è compatibile con la sostanza all'origine dell'incendio, viene azionato per limitare lo sviluppo dell'incendio prima dell'arrivo dei servizi di soccorso.

#### Treni d'Autostrada Ferroviaria - Caso normale

- Il treno di AF si ferma in un'area di sicurezza. Il veicolo automotore di accompagnamento degli autisti (VAC "Sonia"), previsto in testa al convoglio, che trasporta tutte le persone presenti, viene sganciato automaticamente (o manualmente dall'interno del SONIA in caso di mancato funzionamento dell'automatismo) dal treno e raggiunge con i mezzi propri un'area di sicurezza all'esterno del tunnel.
- Viene attuata la strategia di ventilazione idonea (si veda §6.5.4).

#### Treni d'Autostrada Ferroviaria - Caso eccezionale

- Nei casi eccezionali :
  - o in cui il veicolo SONIA non potesse sganciarsi dal treno, i passeggeri saranno evacuati nel sito o nella stazione di arresto del treno (secondo la procedura indicata precedentemente).
  - o in cui il veicolo SONIA non riuscisse a raggiungere un'area di sicurezza esterna, lo stesso dovrà tentare di raggiungere l'area sotterranea più vicina. I passeggeri saranno evacuati secondo la stessa procedura prevista per i treni viaggiatori.
- Le persone del convoglio saranno dotate di dispositivi per consentire l'auto soccorso come definite nella STI "SRT".
- Se ritenuto utile, il sistema di spegnimento a schiuma viene poi messo in servizio per delimitare l'incendio.

Le figure da 8 a 11 illustrano le fasi di evacuazione (per i treni viaggiatori) verso la sala di accoglienza delle aree di sicurezza sotterranee.

## EVACUATION EN SITE DE SECURITE SOUTERRAIN

## EVACUAZIONE IN AREA DI SICUREZZA SOTTERRANEA

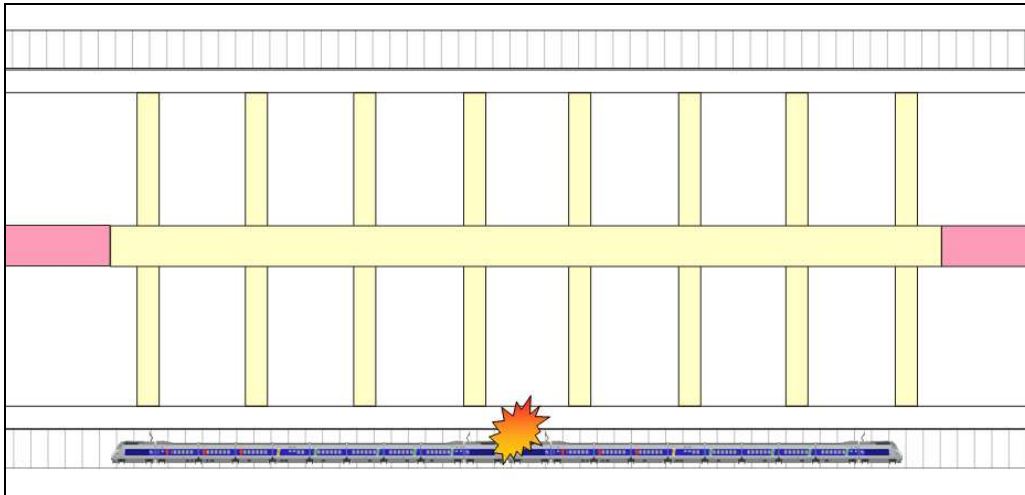


Image 8: Phase 1 : le train en feu s'arrête au droit du site de sécurité.

Figura 8: Fase 1: il treno incendiato si arresta in corrispondenza dell'area di sicurezza.

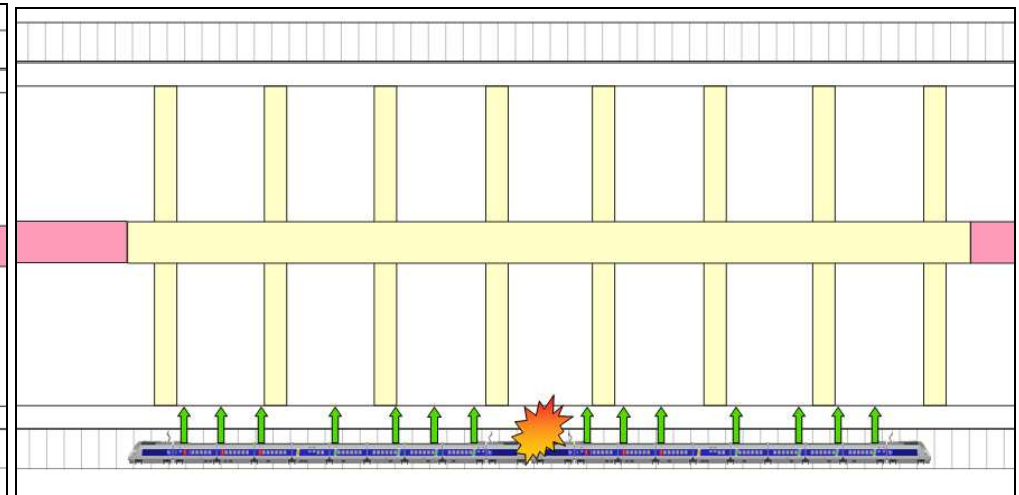


Image 9: Phase 2 : les portes du train s'ouvrent et les voyageurs descendent sur le quai

Figura 9: Fase 2: le porte del treno si aprono e i viaggiatori scendono sul marciapiede

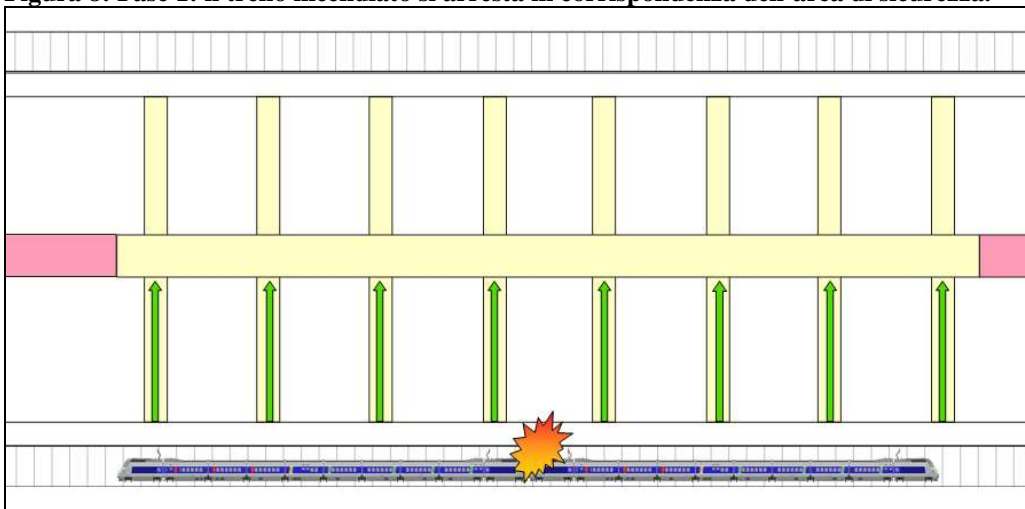


Image 10: Phase 3 : les voyageurs se dirigent dans les rameaux réalisés tous les 50 m

Figura 10: Fase 3: i viaggiatori si dirigono nei rami realizzati ogni 50m.

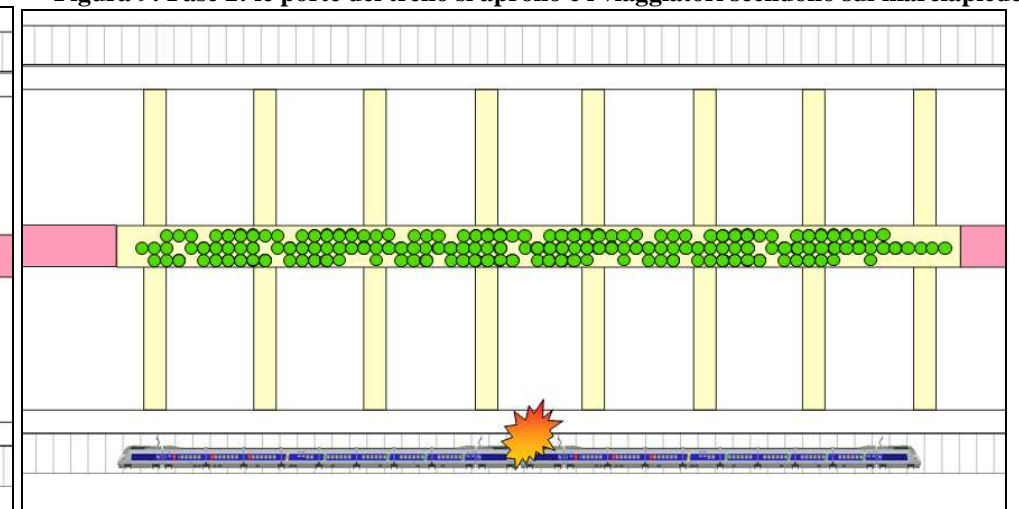


Image 11: Phase 4 : les usagers se regroupent dans la salle d'accueil et attendent le train d'évacuation.

Figura 11: Fase 4: i viaggiatori si raggruppano nella sala d'accoglienza e attendono il treno di evacuazione.

## 6.2.2 Evacuation en section courante

### Trains de voyageurs (arrêt contrôlé)

- Lorsqu'il a acquis la certitude qu'il ne pourra pas rejoindre un site de sécurité, le conducteur du train arrête son train de façon contrôlée, de telle sorte que la motrice de tête se trouve placée à proximité immédiate d'un rameau de communication. Pour faciliter cet arrêt, le rameau est repéré par une pancarte qui indique au conducteur le point à ne pas dépasser.
- L'évacuation s'effectue de façon organisée, sous le contrôle du personnel de bord.
- Avant évacuation du train, une information en plusieurs langues est donnée aux voyageurs par la sonorisation du train et le personnel de bord les guide à l'intérieur de la rame jusqu'à la porte du train (ou, en cas de feu au milieu du train, jusqu'aux portes) la plus éloignée de l'incendie. Il est noté qu'en cas d'incendie sur une motrice, les conditions de sécurité à l'intérieur du train sont bien meilleure qu'en tunnel.
- Dès la prise de décision d'un arrêt en tunnel, la circulation des trains dans le tunnel incendié et dans le tunnel sain est modifiée, selon une procédure particulière.
- La stratégie de ventilation adaptée à la position de l'incendie (en tête, en milieu ou en queue du train) est alors mise en œuvre le plus tôt possible (voir le §6.5.4).
- Sur instruction du PCC, le personnel de bord déclenche l'évacuation des voyageurs : ceux-ci, sous guidage du personnel de bord, empruntent le trottoir dans le sens qui les éloigne de l'incendie pour rejoindre le rameau le plus proche.
- Un balisage du trottoir est prévu, afin de permettre au personnel de bord de guider les voyageurs dans la direction voulue et de trouver, y compris en atmosphère enfumée, l'entrée du rameau.
- Les personnes ne séjournent pas dans le rameau : de là, elles gagnent immédiatement le trottoir du tube non sinistré où la circulation ferroviaire aura été au préalable arrêtée. Les personnes restent sous contrôle d'un personnel de bord qui assurera leur prise en charge par

## 6.2.1 Evacuazione in sezione corrente

### Treni viaggiatori (arresto controllato)

- Nel momento in cui ha la certezza di non poter raggiungere un'area di sicurezza, il macchinista provoca l'arresto controllato del treno, in modo tale che la motrice di testa si trovi nelle vicinanze immediate di un ramo di collegamento. Per facilitare questo arresto, il ramo di collegamento è segnalato da un pannello che indica al macchinista il punto da non oltrepassare.
- L'evacuazione avviene in modo organizzato, sotto il controllo del personale di bordo.
- Prima dell'evacuazione del treno, i viaggiatori sono informati in più lingue con l'altoparlante del treno ed il personale di bordo li guida, all'interno del convoglio, fino alla porta del treno (o, in caso di incendio nella parte intermedia del treno, fino alle porte) più distante dell'incendio. Si noti che, in caso di incendio di una motrice, le condizioni di sicurezza all'interno del treno sono decisamente migliori rispetto a quelle presenti in galleria.
- Dal momento in cui la decisione di fermare un treno in galleria è presa, la circolazione dei treni nella canna incendiata e nella canna sana viene modificata secondo una procedura particolare.
- La strategia di ventilazione idonea, a seconda della posizione dell'incendio (in testa, in mezzo o in coda al treno) viene attuata al più presto possibile (si veda il §6.5.4).
- Su istruzione del PCC, il personale di bordo avvia l'evacuazione dei viaggiatori: questi, sotto la guida del personale di bordo, utilizzano il marciapiede nella direzione che li allontana dall'incendio per raggiungere il ramo di comunicazione più vicino.
- E' prevista la segnalazione del marciapiede per permettere al personale di bordo di guidare i viaggiatori nella giusta direzione e per trovare l'ingresso del ramo, anche in un'atmosfera riempita di fumo.
- Le persone non permangono nel ramo di collegamento: da lì, raggiungono immediatamente il marciapiede della canna sana dove la circolazione dei treni sarà stata preventivamente interrotta. Le persone rimangono sotto il controllo del personale di bordo che si

le train d'évacuation. Ainsi aucune personne ne cheminera à proximité du train d'évacuation pendant sa phase d'approche.

- Les personnes sont ensuite prises en charge par un train d'évacuation pour être conduites dans l'un des sites de sécurité.
- La montée des personnes dans le train d'évacuation est assurée sous la conduite du personnel de bord du train incidenté.

#### Remarque importante

La STI "Sécurité dans les tunnels ferroviaires" souligne qu'en cas d'arrêt supérieur à 10 min, des comportements de panique sont envisageables qui risquent « d'entraîner une évacuation spontanée, non contrôlée qui expose les personnes aux dangers liés à un environnement de tunnel ».

Il est donc important qu'une information régulière et précise soit donnée sur l'incident et sur les consignes à suivre pour éviter des comportements irrationnels et potentiellement dangereux des voyageurs et, en cas de déclenchement de la panique, pour en limiter les conséquences.

Les simulations scénario d'auto-évacuation ont montré que, en raison des conditions d'environnement en tunnel (température, toxicité, visibilité), des situations très dangereuses risquent de se produire, aggravées par le probable développement de phénomènes de panique. Il convient donc d'éviter dans la mesure du possible une évacuation spontanée en tunnel dans le cas d'un incendie.

#### Trains de fret

- La stratégie de ventilation adaptée est mise en œuvre pour permettre l'évacuation dans des conditions acceptables.
- Le mécanicien ou les mécaniciens sortent alors dans le tunnel en direction du rameau de communication le plus proche où ils attendent l'arrivée des secours. Ils portent des masques d'auto-sauvetage.
- Ensuite, ils montent dans un train d'évacuation (ou dans un train de voyageurs, de fret ou d'AF) circulant dans le tube sain pour être conduits vers un site de sécurité situé à l'extérieur.

#### Trains d'Autoroute Ferroviaire

assicurera della loro presa in carico da parte del treno di evacuazione. In questo modo nessuno camminerà in prossimità del treno di evacuazione nel corso del suo avvicinamento.

- Le persone sono quindi prese in carico da un treno di evacuazione per essere condotte in una delle aree di sicurezza.
- Le persone salgono sul treno di evacuazione sotto la guida del personale di bordo del treno sinistrato.

#### Nota importante

La STI "Sicurezza nei tunnel ferroviari" sottolinea che in caso di sosta superiore ai 10 minuti si possono verificare comportamenti da panico che rischiano di comportare un'evacuazione spontanea e non controllata che può esporre le persone ai pericoli presenti in una galleria.

E' dunque importante che sia fornita un'informazione regolare e precisa circa l'incidente e circa le istruzioni da seguire per evitare comportamenti irrazionali e potenzialmente pericolosi dei viaggiatori e per limitare le conseguenze in caso di diffusione del panico.

Le simulazioni di scenario di auto soccorso hanno mostrato che, date le condizioni ambientali in galleria (temperatura, tossicità, visibilità), potrebbero prodursi situazioni molto pericolose, aggravate dalla probabile diffusione di fenomeni di panico. E' quindi opportuno evitare nella misura del possibile un'evacuazione spontanea nel tunnel in caso di incendio.

#### Treni Merci

- Viene attuata la strategia di ventilazione idonea per permettere l'evacuazione in condizioni accettabili.
- Il macchinista o i macchinisti escono quindi nel tunnel verso il ramo di collegamento più vicino dove attendono l'arrivo dei soccorsi. I macchinisti portano dispositivi per consentire l'auto soccorso come definite nella STI "SRT".
- In seguito, gli stessi saliranno su un treno di evacuazione (o su un treno viaggiatori, merci o d'AF) che circola nella canna sana per poi essere condotti verso un'area di sicurezza ubicata all'esterno.

#### Treni d'Autostrada Ferroviaria

- Le véhicule automoteur « Sonia » prévu en tête du train, qui transporte l'ensemble des personnes présentes, est décroché de façon automatisée du train (ou décrochage manuel à partir de l'intérieur du SONIA, dans le cas où le décrochage automatique serait inopérant) et gagne par ses propres moyens un site de sécurité à l'extérieur du tunnel.
- La stratégie de ventilation adaptée est mise en œuvre.
- Dans le cas exceptionnel où le véhicule SONIA ne pourrait pas se dételer du train, la stratégie de ventilation adaptée serait mise en œuvre pour permettre l'évacuation en tunnel dans des conditions acceptables.
- Les personnes présentes dans le SONIA évacuent alors en tunnel vers le rameau de communication le plus proche et rejoignent le tube sain où ils attendent les secours.
- Ils sont alors pris en charge par un train d'évacuation (ou un train de voyageurs) circulant dans le tube sain pour être conduits dans un site de sécurité située à l'extérieur.

Les images 12 à 15 montrent les phases d'évacuation vers le tube sain en section courante.

- Il veicolo automotore « Sonia » previsto in testa al treno, che trasporta tutte le persone presenti, si sgancia automaticamente dal treno (o su comando manuale dall'interno del SONIA, in caso di malfunzionamento dell'automatismo) e raggiunge, con mezzi propri, un'area di sicurezza ubicata all'esterno del tunnel.
- Viene attuata la strategia di ventilazione idonea.
- Nel caso eccezionale in cui il veicolo SONIA non potesse sganciarsi dal treno, verrebbe attivata la strategia di ventilazione idonea a permettere l'evacuazione nel tunnel in condizioni accettabili.
- Le persone presenti sul veicolo SONIA si avviano allora nel tunnel verso il ramo di collegamento più vicino per poi raggiungere la canna sana dove attendono i soccorsi.
- Le persone verranno quindi prese in carico da un treno di evacuazione (o un treno viaggiatori o merci o di AF) che circola nella canna sana per essere portati in un'area di sicurezza ubicata all'esterno.

Le figure da 12 a 15 illustrano le fasi di evacuazione verso la canna sana in sezione corrente.



## EVACUATION EN SECTION COURANTE



Image 12: Phase 1 : le train en feu s'arrête en face des rameaux.

Figura 12: Fase 1: il treno incendiato si arresta in corrispondenza dei rami.

## EVACUAZIONE IN SEZIONE CORRENTE

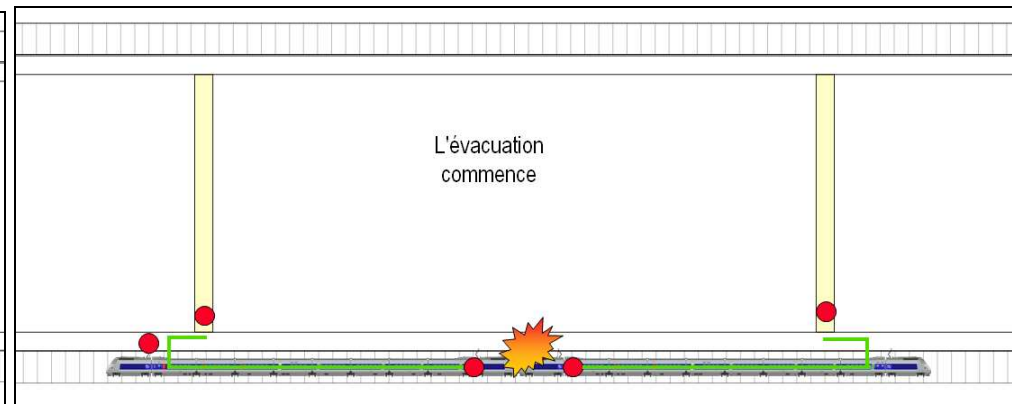


Image 13: Phase 2 : le personnel (points rouges) se positionne et les voyageurs évacuent par les portes aux extrémités du train

Figura 13: Fase 2: il personale (punti rossi) si posiziona e i viaggiatori evacuano attraverso le porte alle estremità del treno

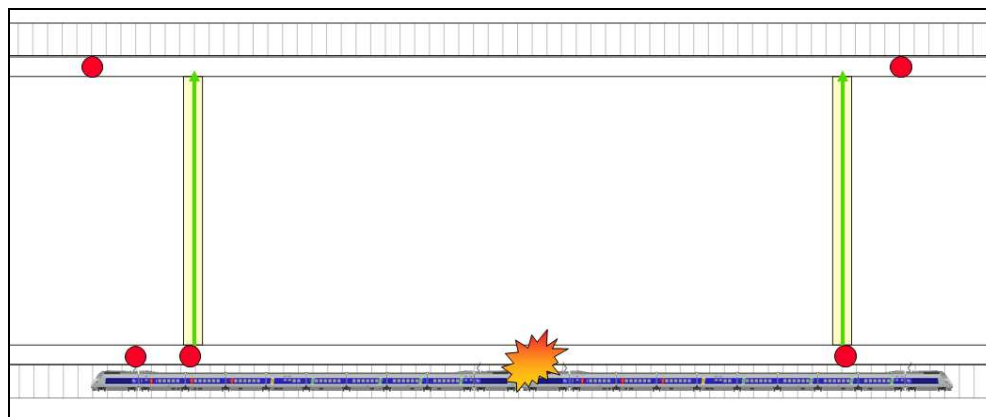


Image 14: Phase 3 : les voyageurs occupent les rameaux provisoirement

Figura 14: Fase 3: i viaggiatori occupano i rami provvisoriamente.

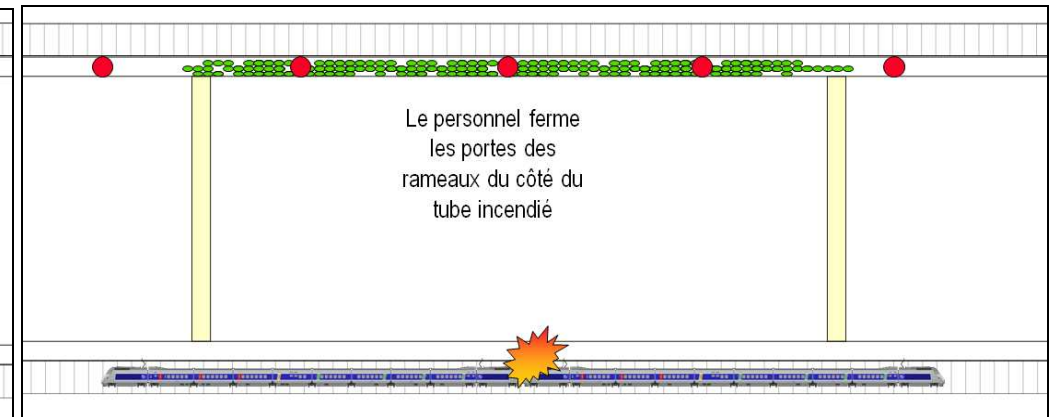


Image 15: Phase 4 : les voyageurs se déplacent dans le tube sain où ils attendent le train d'évacuation.

Figura 15: Fase 4: i viaggiatori si spostano nella canna sana dove aspettano il treno di evacuazione.

### 6.3 Principes d'intervention des secours

L'intervention des secours est organisée en deux phases.

Les moyens de **première intervention** reposent essentiellement sur les personnels de bord des trains de voyageurs (à la charge du transporteur) en application de la STI Exploitation - 4.1.12.1 - Composition des équipages : Le nombre minimal de personnes à bord et leur qualification sont conformes aux règles d'équipement en personnel du train applicables sur chacune des infrastructures parcourues et les agents de sécurité (à la charge de l'exploitant de la section internationale – une équipe de deux agents par versant) disposent de moyens légers d'intervention, en adéquation avec la nature des missions qui seront les leurs.

Les moyens de **seconde intervention** sont constitués pour l'essentiel par l'engagement de moyens de secours publics français et italiens disposant de personnels et de matériels spécifiques rendus nécessaires par la nature des missions qui seront les leurs.

D'une manière générale, les moyens de seconde intervention permettent d'assurer une réponse opérationnelle de premier niveau qui pourrait en fonction de l'ampleur du sinistre, être complétés par des moyens particuliers demandés par les services de secours, notamment en ce qui concerne les matières dangereuses ou un accident ferroviaire.

La localisation stratégique des casernes de pompiers (Modane, Susa, Saint Antonino, Chiomonte, Bussoleno, Torino, Saint Julien Maurienne, Saint Jean de Maurienne) facilitent un déploiement rapide de la deuxième vague d'intervention (seconde intervention).

Les services publics disposent de deux trains d'évacuation et deux trains d'intervention, basés à Saint Jean de Maurienne et Susa et de six véhicules bimodaux qui sont stationnées à Modane (1 + 1 véhicule remplacement), à Saint Jean de Maurienne (1), à Susa (1 + 1 véhicule remplacement) et à Saint Antonino (1) (voir Image 16).

Le **train d'évacuation** est composé de cinq à six voitures et de deux

### 6.3 Principi di intervento dei soccorsi

L'intervento dei soccorsi è organizzato in due fasi.

I mezzi di **primo intervento** sono costituiti principalmente dal personale di bordo dei treni viaggiatori (a carico del trasportatore) in applicazione della STI Esercizio - 4.1.12.1 – Composizione delle squadre: Il numero minimo di personale a bordo e la relativa qualifica è conforme alle regole di dotazione in personale applicabili in ciascuna delle infrastrutture percorse e gli agenti di sicurezza (a carico dell' esercente della tratta internazionale – una squadra di due agenti per ciascun versante) sono dotati di mezzi leggeri di intervento, adeguati alla natura delle mansioni che dovranno svolgere.

I mezzi di **secondo intervento** sono costituiti principalmente dall'attivazione di mezzi pubblici di soccorso francesi e italiani dotati di personale e di materiali specifici resi necessari dalla natura delle mansioni che dovranno svolgere.

In generale, i mezzi di soccorso di secondo intervento permettono di garantire una risposta operativa di primo livello che, in funzione dell'ampiezza del sinistro, potrebbe essere completata con mezzi particolari richiesti dai servizi di soccorso, soprattutto per quanto riguarda le materie pericolose o gli incidenti ferroviari.

La localizzazione strategica delle caserne dei pompiers (Modane, Susa, Sant'Antonino, Chiomonte, Bussoleno, Torino, Saint Julien Maurienne, Saint Jean de Maurienne) facilitano un rapido spiegamento dei mezzi di secondo intervento.

I servizi pubblici dispongono di due treni di evacuazione e due treni d'intervento, collocati a Saint Jean de Maurienne e Susa e di sei veicoli bimodali che sono situati a Modane (1 + 1 veicolo di riserva), a Saint Jean de Maurienne (1), a Susa (1 + 1 veicolo di riserva), e a Saint Antonino (1) (si veda la Figura 16).

Il **treno di evacuazione** è composto da un numero compreso tra cinque e

motrices. Un module médical automoteur est accouplé à ce train, il permet la prise en charge de nombreux blessés ou intoxiqués par les services médicaux. Il est engagé dans le tube sain, dans le but d'assurer l'évacuation de toutes les personnes.

Le **train d'intervention** est composé pour l'essentiel de deux postes de conduites, d'un wagon de type citerne d'eau et d'un autre servant de parc à matériels. Il est engagé dans le tube incidenté et, spécialement équipé, a le but de permettre aux services de secours de maîtriser l'incendie.

Les **véhicules bimodaux** sont des engins de lutte contre les incendies qui peuvent intervenir par route et sur les rails à l'aide d'un dispositif prévu à cet effet. Ils sont équipés de matériels d'intervention spécifiques pour intervenir sur un réseau ferroviaire.

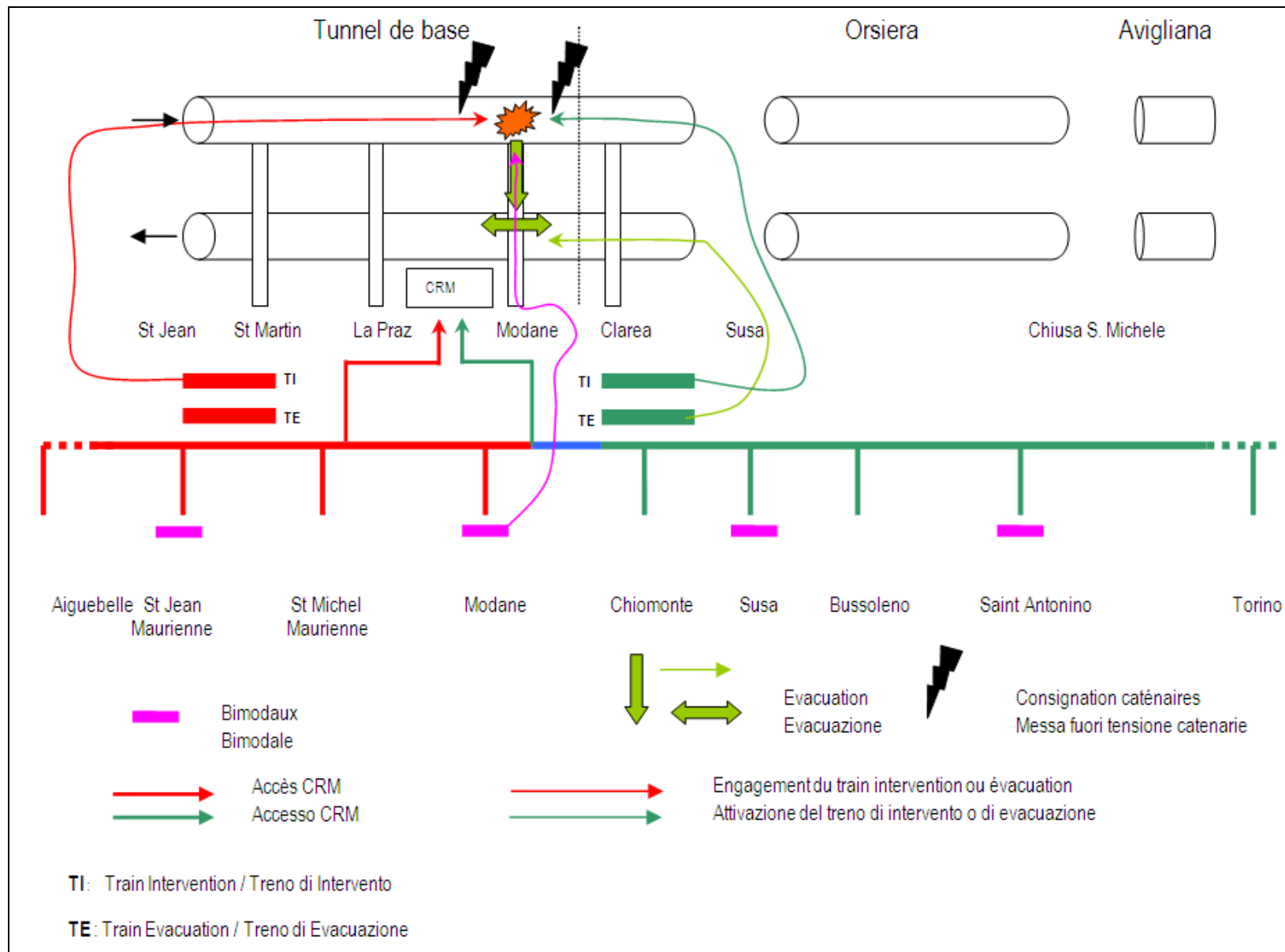
L'Image 16 montre un exemple de déploiement des moyens de secours dans le cas d'un Train de Voyageurs en feu arrêté en site de sécurité souterrain (à Modane).

sei vetture e da due motrici. A questo treno è abbinato un modulo medico automotore, che consente ai servizi medici di prendersi cura di feriti o persone intossicate. Viene impegnato nella canna sana, con lo scopo di assicurare l'evacuazione di tutte le persone.

Il **treno d'intervento** è composto essenzialmente da due postazioni di guida, da un vagone di tipo cisterna d'acqua e da un altro vagone utilizzato per lo stoccaggio del materiale. Viene impegnato nella canna incidentata e, attrezzato specificatamente, ha lo scopo di permettere ai servizi di soccorso di estinguere l'incendio.

I **veicoli bimodali** sono mezzi per la lotta contro l'incendio che possono intervenire su strada e su rotaia, per mezzo di un apposito dispositivo, e sono dotati di apparecchiature d'intervento specifiche alla rete ferroviaria.

La Figura 16 mostra un esempio di spiegamento dei mezzi di soccorso nel caso in cui un treno viaggiatori incendiato si arresti nell'area di sicurezza di Modane.



**Image 16: Modalité d'intervention des secours : exemple d'un cas d'incendie en site de sécurité souterrain (Modane) – Train voyageurs.**  
**Figura 16: Modalità d'intervento dei soccorsi: esempio di un caso di incendio in area di sicurezza sotterraneo (Modane) – Treno viaggiatori.**

## 6.4 Aménagements constructifs

### 6.4.1 Génie civil

Les tunnels sont composés de deux tubes à une seule voie.

Un des principes essentiels est l'adoption d'une coupe en travers du tunnel comportant deux tubes à une seule voie. Cette disposition présente des avantages très importants du point de vue de la sécurité : collisions frontales de trains impossibles, deuxième tube non impliqué en cas d'incident dans le premier, indépendance aéroulrique des deux tubes, possibilité de refuge des personnes dans le tube sain ...

Les quais latéraux (trottoirs) doivent posséder les caractéristiques suivantes :

- être réalisés du côté des rameaux de communication de chaque tube, sur toute la longueur de celui-ci
- largeur de construction : 1,60 m
- avoir une largeur minimale de 1.20 m. libre d'obstacles
- être munis d'une main-courante à proximité de la paroi ("ligne de vie")
- avoir une hauteur permettant d'assurer une distance inférieure à 40 cm. entre le trottoir et l'embranchement du matériel roulant
- disposer d'un éclairage et d'un balisage de sécurité lumineux, ainsi que de prises de courant électrique à basse tension tous les 100 m. environ, installées à une hauteur de 1.1 m. du plan de cheminement piéton.

Les rameaux de communication doivent être réalisés tous les 333 mètres en section courante. Ils devront avoir les caractéristiques suivantes :

- surface libre d'au moins 120 m<sup>2</sup> pour le piétement libres d'obstacles
- une largeur interne constante d'au moins 4 m, avec passage libre de tout obstacle de 2 m entre les deux portes
- équipements technique éventuellement nécessaires ne devant pas empiéter sur ce passage libre de 2 m et ne devant pas diminuer la surface libre de 120 m<sup>2</sup>
- une hauteur utile d'au moins 2,70 m
- il faut prévoir un espace libre de 2m x 2m à proximité de chaque

## 6.4 Costruzione

### 6.4.1 Genio civile

I tunnel sono costituiti da due canne a binario unico.

Uno dei principi essenziali è costituito dall'adozione di una sezione trasversale del tunnel a due canne a binario unico. Questa disposizione offre vantaggi molto rilevanti dal punto di vista della sicurezza: impossibilità di collisioni frontali dei treni, seconda canna non coinvolta in caso d'incidente nella prima canna, indipendenza aeroulrica di entrambe le canne, possibilità di rifugio delle persone nella canna sana

Le banchine laterali (marciapiedi) devono possedere i seguenti requisiti:

- realizzate dal lato dei rami di collegamento di ciascuna canna, per tutta la lunghezza della stessa;
- larghezza di costruzione: 1,60 m
- larghezza libera da ostacoli minima di 1.20 m fruibile dai pedoni;
- muniti di corrimano in adiacenza alla parete ("linea di vita");
- altezza tale da assicurare una distanza inferiore a 40 cm tra il marciapiedi ed il primo gradino del materiale rotabile;
- illuminazione e segnaletica di sicurezza illuminata e di prese di corrente elettrica in bassa tensione ogni 100 m circa, installate ad altezza di 1.1 m dal piano di calpestio.

I rami di comunicazione devono essere realizzati ogni 333 metri in sezione corrente. Essi devono avere le caratteristiche seguenti:

- superficie libera almeno pari a 120 m<sup>2</sup> calpestabili liberi da ostacoli
- larghezza interna costante di almeno 4 m, con un passaggio libero da qualsiasi ostacolo tra le due porte di 2 m
- gli impianti tecnici eventualmente necessari non devono intralciare il passaggio libero di 2 m e non devono diminuire la superficie libera di 120 m<sup>2</sup>
- altezza utile non inferiore a 2,7 m
- si deve prevedere uno spazio libero di 2m x 2m nelle vicinanze di

porte, équipé et situé de manière adéquate sans empiéter sur le passage libre destiné au passage des voyageurs. Cet espace doit être utilisable pour recevoir provisoirement des voyageurs (blessés, personnes à mobilité réduite, etc.) qui doivent être spécialement protégés durant l'évacuation.

Les sites de sécurité disposent d'un système pour l'aspiration des fumées. Les tubes ferroviaires au droit des sites de sécurité sont équipés des trappes dans la voute (voir Image 17) permettant une aspiration massive des fumées aux extrémités ou d'une aspiration répartie. Ces trappes sont ouvertes en fonction de l'endroit de l'incendie à bord du train. Cela permettra l'évacuation des personnes dans un environnement « propre » (voir le §6.5.4).

ogni porta opportunamente posizionato ed attrezzato, senza intralciare il passaggio libero destinato al transito dei passeggeri. Tale spazio deve poter essere utilizzato per accogliere provvisoriamente i passeggeri (feriti, persone a mobilità ridotta, ecc) che devono essere particolarmente protetti durante l'evacuazione.

Le aree di sicurezza dispongono di un sistema per l'aspirazione dei fumi. Le canne ferroviarie sono dotate, in corrispondenza delle aree di sicurezza, di serrande in volta (si veda la Figura 17) che permettono un'aspirazione dei fumi concentrata alle estremità o un'aspirazione distribuita. Le serrande vengono aperte in funzione della posizione dell'incendio rispetto al treno. Questo sistema permette l'evacuazione delle persone in un ambiente "pulito" (si veda il §6.5.4).

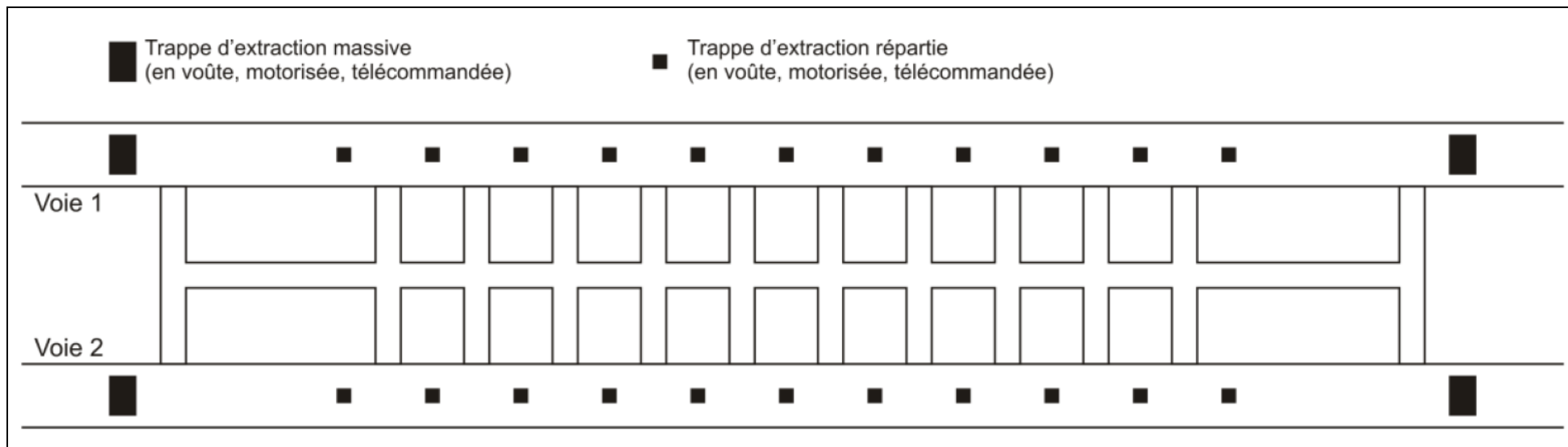


Image 17: Configuration des points d'extraction de fumée dans les sites de sécurité en souterrain.

Figura 17: Configurazione dei punti di estrazione dei fumi nelle aree di sicurezza sotterranee.

## 6.5 Equipements

Les rameaux de communication doivent disposer des systèmes suivants

- des portes coulissantes ayant des caractéristiques anti-incendie HCM 90 / REI 120 installées aux deux extrémités de chaque rameau, fermées en temps normal, dotées d'un dispositif électrique d'ouverture à distance depuis le poste de commande et d'un dispositif d'ouverture locale électrique et manuelle, de largeur minimale 2,00 m
- ventilation des rameaux de communication avec circulation d'air propre se dirigeant du tube non affecté par l'accident vers le tube affecté
- dotation d'équipements et systèmes de sécurité dans les rameaux de communication (éclairage, téléphone, mégaphones et chargeurs correspondants, prises de courant, détecteurs d'incendie, moyens d'extinction fixes et portables, dispositifs d'autoprotection, trousse de premiers soins, équipements de première intervention et de secours).

### 6.5.1 Systèmes d'atténuation incendie

L'installation de systèmes automatiques d'atténuation d'incendie (brumisation) dans les sites de sécurité souterrains, permettra de réduire la probabilité d'une explosion ou du développement d'un incendie important.

### 6.5.2 Détection Incendie

Les tunnels seront équipés avec un système de détection incendie sur toute leur longueur.

### 6.5.3 Détection anomalies des trains

Les systèmes de sécurité suivants seront installés :

- détecteurs de présence de gaz dangereux et/ou explosifs (installés en tunnel avec une interdistance qui permette aux trains suiveurs de s'arrêter avant d'entrer dans le nuage explosif) ;
- détection boîtes chaudes (installées en amont des sites de sécurité à

## 6.5 Impianti

I rami di comunicazione devono disporre dei seguenti impianti:

- porte scorrevoli aventi caratteristiche antincendio HCM 90 / REI 120 (la scelta tra le due tipologie di porte viene lasciata al progettista che dovrà motivarla) installate alle due estremità di ogni ramo, chiuse in condizioni ordinarie, dotate di congelamento elettrico di apertura a distanza dalla postazione di comando e di dispositivo di apertura locale elettrico e manuale di larghezza minima di 2,00 m
- ventilazione dei rami di collegamento con circolazione di aria pulita orientata dalla canna non interessata dall'incidente verso quella interessata
- dotazione di impianti e presidi di sicurezza nei rami di collegamento (illuminazione, telefono, megafoni e relativi caricatori, prese di corrente, impianti di rivelazione d'incendio, mezzi di estinzione incendi fissi e portatili, autoprotettori, kit di pronto soccorso, attrezzature di primo impiego e soccorso).

### 6.5.1 Sistemi di attenuazione incendio

L'installazione di sistemi automatici di attenuazione dell'incendio (brumizzazione) nelle aree di sicurezza nei tunnel permetterà di ridurre la probabilità di un'esplosione o dello sviluppo di un incendio importante.

### 6.5.2 Sistemi di rilevamento incendio

I tunnel saranno equipaggiati con un impianto di rilevamento incendio lungo tutta la loro lunghezza

### 6.5.3 Rilevamento anomalie sui treni

I seguenti sistemi di sicurezza saranno installati:

- sensori di presenza di gas pericolosi e/o esplosivi (installati in galleria con una interdistanza tale da permettere ai treni seguenti di arrestarsi prima di entrare nella nube esplosiva);
- rilevamento di boccole calde (a monte delle aree di sicurezza all'aria

- l'air libre) ;
- détection de déraillement (avant les entrées des tunnels, avant l'entrée sur l'interconnexion et avant les aiguillages) ;
  - détection de gabarit (portails installés avant les tunnels, en temps utiles pour arrêter les trains dans les sites de sécurité extérieurs) ;
  - détection d'incendie et de flamme sur les trains (des portails thermographiques seront installés avant l'entrée dans les tunnels et, en tunnel, avant les sites de sécurité).

### 6.5.4 Ventilation

Le système de ventilation doit permettre:

- De faciliter l'évacuation des personnes en maintenant des conditions acceptables de visibilité, température et toxicité le long des cheminements d'évacuation vers les zones sûres (voir le document APR-A2/-TS2-7103A-AP-NOT et l'annexe 4).
- De maintenir les zones sûres exemptes de fumées.
- De faciliter l'intervention des services de lutte contre l'incendie en maintenant des conditions acceptables (visibilité, température, toxicité) le long du chemin d'accès à l'incendie.

Ces objectifs s'appliquent quel que soit le type de train (voyageurs, fret, AF) concerné par l'incendie et quel que soit le lieu en tunnel où le train incidenté s'arrête (site de sécurité, pleine voie).

L'atteinte de ces objectifs peut être réalisée au travers de 3 stratégies de ventilation qui sont décrites ci-dessous.

#### STRATEGIE : « Vitesse critique »

Dans le cas général de scénario d'incendie sur un train d'autoroute ferroviaire ou de marchandises, ainsi que sur la motrice de tête ou de queue d'un train de voyageurs, on applique la stratégie de la « vitesse critique ». La vitesse critique est la vitesse longitudinale de l'air en tunnel qui permet de garantir que, pour un incendie de puissance donnée, toutes les fumées

- aperta);
- rilevatori di deragliamento (prima degli ingressi in galleria, dell'interconnessione e degli scambi);
  - rilevatori di sagoma (portali installati prima dei tunnel, in tempo utile per arrestare i treni nelle aree di sicurezza esterne);
  - rilevamento di incendio e di fiamme sui treni (portali termografici saranno installati prima dell'ingresso nei tunnel e, all'interno dei tunnel stessi, prima delle aree di sicurezza).

### 6.5.4 Ventilazione

Il sistema di ventilazione deve permettere:

- di facilitare l'evacuazione delle persone mantenendo condizioni accettabili di visibilità, temperatura e tossicità lungo le vie di fuga verso le zone sicure (si veda il documento APR-A2/-TS2-7103A-AP-NOT e l'allegato 4).
- Di mantenere le zone sicure libere da fumi.
- Di facilitare l'intervento dei servizi di lotta contro l'incendio mantenendo condizioni accettabili (visibilità, temperatura, tossicità) lungo il percorso di accesso all'incendio.

Questi obiettivi si applicano indipendentemente dal tipo di treno (viaggiatori, merci, AF) coinvolto dall'incendio e indipendentemente dal luogo in galleria in cui il treno si arresti (area di sicurezza, sezione corrente).

Il raggiungimento di questi obiettivi può essere realizzato attraverso 3 strategie di ventilazione che sono descritte nel seguito.

#### STRATEGIA: “Velocità critica”

Nel caso generale di scenario di incendio su un treno di autostrada ferroviaria o merci, oppure sulla motrice di testa o di coda di un treno viaggiatori, si applica la strategia della “velocità critica”. La velocità critica è la velocità longitudinale dell'aria nel tunnel che permette di garantire che, per un incendio di una data potenza, tutti i fumi siano spinti da una sola



sont poussées d'un seul côté du foyer quelles que soient les conditions en tunnel (ventilation naturelle, pistonement résiduel, etc.). Ainsi, le côté opposé de l'incendie est mécaniquement assuré d'être libre de produits de la combustion.

La vitesse critique augmente avec la puissance de l'incendie. Elle est de l'ordre de 3 m/sec pour un incendie de 15 MW et comprise entre 3,5 et 3,6 m/s pour un incendie supérieur ou égal à 200 MW.

#### STRATEGIE : « Stratification »

Dans le cas très particulier où le feu se produirait en position intermédiaire d'un train de voyageurs et conduirait à l'arrêt du train en tunnel (en site de sécurité ou en pleine voie), une stratégie de « stratification » a été examinée.

Cette stratégie consiste à réduire la vitesse longitudinale de l'air au droit de l'incendie jusqu'à une vitesse ne perturbant pas significativement la stratification des fumées. La stratification des fumées se traduit par un confinement des fumées sous la voûte du tunnel, la partie inférieure du tunnel restant libre de fumées, ce qui permet l'évacuation des personnes dans des conditions de sécurité acceptables.

La stratégie de stratification est la solution de référence en cas de feu sur motrice intermédiaire d'un train voyageurs. Pour rendre la stratégie de stratification fiable également en section courante, il sera nécessaire d'équiper le système de ventilation avec un système automatique de contrôle de la vitesse longitudinale. A ce stade (PP) aucune décision est prise quant à cette solution. L'architecture de ce système prévoit l'installation d'accélérateurs et d'anémomètres entre chaque site de sécurité souterrains, d'un réseau pour la transmission des données et d'un calculateur avec un algorithme spécifique.

Toutefois, des doutes subsistent sur la faisabilité opérationnelle de cette stratégie, une stratégie alternative de dilution a donc été envisagée.

#### STRATEGIE : « Dilution »

Une stratégie alternative a été étudiée pour le cas particulier indiqué ci-

parte rispetto al punto dove si è verificato lo stesso incendio, a prescindere dalle condizioni nel tunnel (ventilazione naturale, effetto pistone residuo, ecc.). In questo modo, è meccanicamente garantito che la parte opposta sia libera da prodotti della combustione.

La velocità critica aumenta con la potenza dell'incendio. E' dell'ordine di 3 m/s per un incendio di 15 MW ed è compresa tra 3,5 m/s e 3,6 m/s per un incendio superiore o uguale a 200 MW.

#### STRATEGIA: “Stratificazione”

Nel caso molto particolare in cui il fuoco si produca in posizione intermedia di un treno viaggiatori e conduca all'arresto del treno in tunnel (in un'area di sicurezza, nel sito di intervento o in piena linea), è stata esaminata una strategia di « stratificazione ».

Essa consiste nel garantire una velocità nulla o pressoché nulla dell'aria in corrispondenza dell'incendio per non turbare la stratificazione dei fumi. La stratificazione dei fumi si traduce nel confinamento degli stessi sotto la volta del tunnel, la cui parte inferiore rimane libera dai fumi, permettendo l'evacuazione delle persone in condizioni di sicurezza accettabili.

La strategia di stratificazione è la soluzione di riferimento in caso di incendio su motrice intermedia di un treno viaggiatori. Per rendere la strategia di stratificazione affidabile anche in sezione corrente, sarà necessario equipaggiare l'impianto di ventilazione con un sistema di controllo automatico della velocità longitudinale. Allo stato attuale (PP) non è ancora stata presa una decisione riguardo a questa soluzione. L'architettura dell'impianto prevede l'installazione di acceleratori e di anemometri tra ogni area di sicurezza sotterranea, di una rete per la trasmissione dei dati e di un calcolatore con un algoritmo specifico.

Sussistono tuttavia dubbi sulla fattibilità operativa di questa strategia, è quindi stata esaminata una strategia alternativa di diluizione.

#### STRATEGIA: “Diluizione”

È stata studiata una strategia alternativa per il caso particolare sopra

dessus. La dilution consiste à ventiler le tunnel au droit du train en feu avec une vitesse de l'air suffisamment élevée pour diluer les fumées et les gaz toxiques jusqu'à un niveau inférieur aux seuils de survie.

indicato. La diluizione consiste nel ventilare il tunnel in corrispondenza del treno in fiamme con una velocità dell'aria sufficientemente alta per diluire i fumi ed i gas tossici fino ad un livello inferiore alle soglie di sopravvivenza. Sussistono dubbi sulla fattibilità di questa strategia, con le nuove soglie di sopravvivenza proposte in seguito all'esperienza dell'incendio del Monte Bianco.

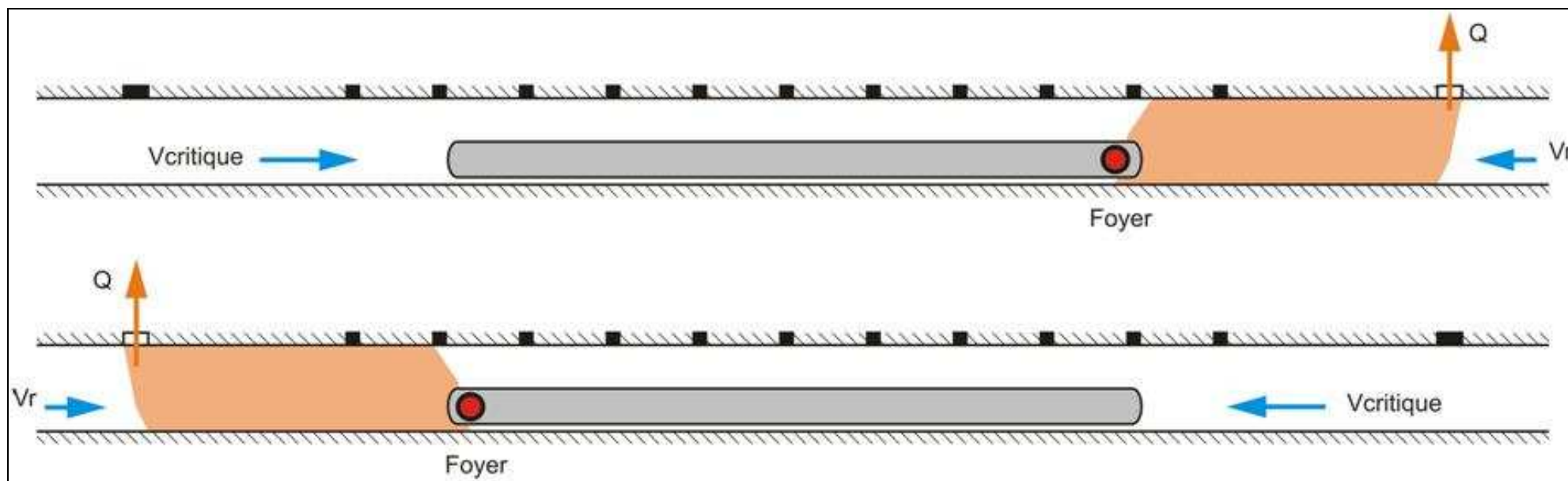
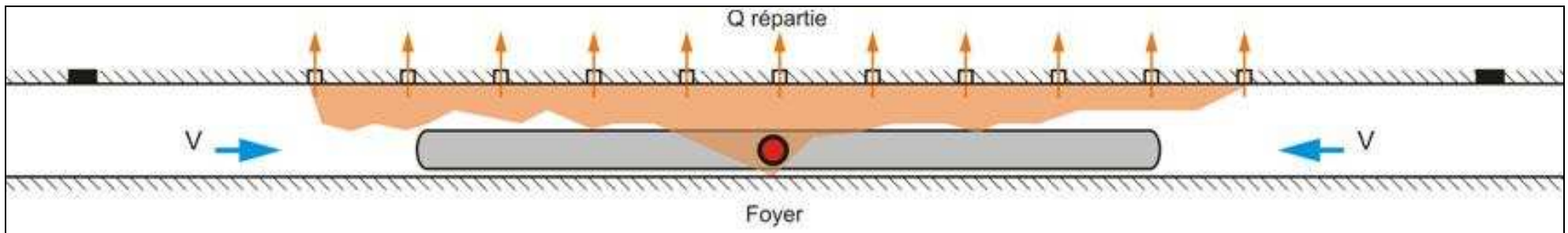


Image 18: Feu en tête ou en queue du train: application de la stratégie de vitesse critique (en site de sécurité dans l'image)

Figura 18: Incendio in testa o in coda del treno: applicazione della strategia di velocità critica (in area di sicurezza, nella figura)



**Image 19: Feu sur motrice intermédiaire d'un train voyageur: application de la stratégie de stratification (en site de sécurité dans l'image)**

**Figura 19: Incendio nella motrice intermedia di un treno viaggiatori: applicazione della strategia di stratificazione (in area di sicurezza, nella figura)**

Les stratégies de ventilation ci dessus décrites sont mises en œuvre, dans le tunnel de base, par le moyen d'un système de ventilation complexe qui est composé d'usines de ventilation installées en tête des descenderie et d'accélérateurs (voir l'annexe 3).

Les mêmes stratégies sont obtenues dans le tunnel de l'Orsiera grâce à la mise en place d'accélérateurs dans les deux tubes ferroviaires.

Le strategie di ventilazione sopra descritte sono realizzate, nel tunnel di base, mediante un impianto di ventilazione complesso composto da centrali di ventilazione installate agli imbocchi delle discenderie e da acceleratori (si veda l'allegato 3).

Le stesse strategie sono realizzate nel tunnel dell'Orsiera grazie all'installazione di acceleratori nelle due canne ferroviarie.

## ANNEXE 1

Le texte suivant est le texte de l'annexe 1 de la version 22 des Critères de Sécurité de l'exploitation [a].

*Scénarios d'accidents retenus par le Ministère de l'Intérieur italien par directive propre.*

*(Lignes d'orientation pour L'amélioration de la sécurité dans les tunnels ferroviaires, rédigées par un groupe de travail mixte Corps National des "Vigili del Fuoco" — Chemins de Fer de l'État).*

- SI 1 *Train à l'arrêt pour avarie technique dans le tunnel, sans incendie*
- SI 2 *Accident ferroviaire sur un train de marchandises dans le tunnel, avec déraillement d'un ou plusieurs wagons*
- SI 3 *Accident ferroviaire sur un train de voyageurs dans le tunnel, avec déraillement d'un ou plusieurs wagons*
- SI 4 *Incendie sur un train de marchandises arrêté dans le tunnel*
- SI 5 *Incendie sur un train de voyageurs arrêté dans le tunnel*
- SI 6 *Incendie ferroviaire sur un train de marchandises avec émission de substances dangereuses (toxiques, ou nocives, ou inflammables) et déraillement d'un ou plusieurs wagons dans le tunnel*
- SI 7 *Accident impliquant un train de marchandises destiné au transport de substances dangereuses et un train de voyageurs avec incendie dans le tunnel*
- SI 8 *Train arrêté dans le tunnel avec absence d'informations sur les causes de son arrêt*
- SI 9 *Scénarios issus de la liste préliminaire des dangers et des événements dangereux selon l'annexe B de l'annexe III au Décret Interministériel cité en préambule*
- SI 10 *Scénarios dérivant des hypothèses d'accidents résultant de l'étude de sûreté.*

## ALLEGATO 1

Il testo seguente è il testo dell'allegato 1 della versione n° 22 dei Criteri di Sicurezza per l'esercizio [a].

*Scenari incidentali indicati dal Ministero dell'Interno italiano con propria direttiva.*

*(Linee - guida per il miglioramento della sicurezza nelle gallerie ferroviarie, redatte da un gruppo di lavoro misto Corpo Nazionale Vigili del Fuoco - Ferrovie dello Stato).*

- SI 1 *Treno fermo per avaria tecnica in galleria, senza incendio*
- SI 2 *Incidente ferroviario a treno merci in galleria con deragliamenti di uno o più vagoni*
- SI 3 *Incidente ferroviario a treno passeggeri in galleria con deragliamenti di uno o più vagoni*
- SI 4 *Incendio su treno merci fermo in galleria*
- SI 5 *Incendio su treno passeggeri fermo in galleria*
- SI 6 *Incidente ferroviario ad un treno merci con rilascio di sostanze pericolose (tossiche o nocive o infiammabili) e deragliamenti di uno o più vagoni in galleria*
- SI 7 *Incidente coinvolgente treno merci adibito a trasporto di sostanze pericolose e treno passeggeri con incendio in galleria*
- SI 8 *Treno fermo in galleria con assenza di notizie sulle cause del suo fermo*
- SI 9 *Scenari derivanti dalla lista preliminare dei pericoli e degli eventi pericolosi di cui all'annesso B dell'allegato III al Decreto Interministeriale, citato in Premessa*
- SI 10 *Scenari derivanti dalle ipotesi incidentali risultanti dallo studio AS/AT.*

## ANNEXE 2

Le texte suivant est le texte de l'annexe 2 de la version n° 22 des Critères de Sécurité de l'exploitation [a].

### ALPETUNNEL GEIE

#### PRINCIPAUX EVENEMENTS REDOUTES CONSIDERES

- ER 1 : Arrêt de longue durée en tunnel, sans incendie (arrachage de caténaire, détresse engin moteur, déraillement ou collision mineure)*
- ER 2 : Arrêt avec incendie sans blessés graves*
- ER 3 : Accident avec blessés graves sans incendie (déraillement ou collision majeure sans incendie)*
- ER 4 : Accident avec blessés graves et incendie (idem ER 3 avec incendie)*

## ALLEGATO 2

Il testo seguente è il testo dell'allegato 2 della versione n° 22 dei Criteri di Sicurezza per l'esercizio [a].

### ALPETUNNEL GEIE

#### PRINCIPALI « EVENTI TEMUTI » IPOTIZZATI

- ER 1 Arresto di lunga I durata in galleria, senza incendio (distacco della linea aerea, guasto sul mezzo di trazione, deragliamento o collisione leggera)*
- ER2 Arresto con incendio senza feriti gravi*
- ER 3 Incidente con feriti gravi senza incendio (deragliamento o collisione grave)*
- Er 4 Incidente con feriti gravi e incendio (come ER3 con incendio)*

## ANNEXE 3

### SYSTEME DE VENTILATION TUNNEL DE BASE

Les installations de ventilation principales du tunnel de base sont distribuées de la manière suivante (voir Image 20):

- Tête de descenderie de St. Martin: usine de ventilation permettant:
  - o L'extraction massive ponctuelle des fumées dans l'un ou l'autre des deux tubes – ou – la pulsion massive ponctuelle d'air frais dans l'un ou l'autre des deux tubes.
  - o La mise en surpression et le désenfumage de la descenderie.
- Tête de descenderie de La Praz: usine de ventilation permettant:
  - o L'extraction massive ponctuelle ou distribuée des fumées dans l'un ou l'autre des deux tubes – ou – la pulsion massive ponctuelle ou distribuée d'air frais dans l'un ou l'autre des deux tubes.
  - o La mise en surpression et le désenfumage de la descenderie.
- Tête de descenderie de Modane: usine de ventilation permettant:
  - o La mise en surpression et le désenfumage de la descenderie.
- Tête du puits d'Avrieux: usine de ventilation permettant:
  - o L'extraction massive ponctuelle ou distribuée des fumées dans l'un ou l'autre des deux tubes – et – la pulsion massive ponctuelle ou distribuée d'air frais dans l'un ou l'autre des deux tubes. L'extraction ponctuelle des fumées / pulsion ponctuelle d'air frais dans les voies d'évitement.
- Tête de Clarea: usine de ventilation permettant les mêmes fonctionnalités que celles de La Praz.
- En tunnel: Accélérateurs en piédroit.

Le système est complété par des usines de ventilation en bas de chaque descenderie qui permettent la mise en surpression des salles d'accueil des sites de sécurité souterrains.

## ALLEGATO 3

### IMPIANTO DI VENTILAZIONE DEL TUNNEL DI BASE

Le principali installazioni di ventilazione del tunnel di base sono distribuite nel seguente modo (si veda Figura 20):

- Imbocco discenderia di St. Martin: centrale di ventilazione che consente:
  - o L'estrazione puntuale dei fumi in una delle due canne – oppure – l'immissione puntuale di aria fresca in una delle due canne.
  - o La messa in sovrappressione e l'evacuazione fumi della discenderia.
- Imbocco discenderia La Praz: centrale di ventilazione che consente:
  - o L'estrazione puntuale o distribuita dei fumi in una delle due canne – oppure – l'immissione puntuale o distribuita d'aria fresca in una delle due canne.
  - o La messa in sovrappressione e l'evacuazione fumi della discenderia.
- Imbocco discenderia Modane: centrale di ventilazione che consente:
  - o La messa in sovrappressione e l'evacuazione fumi della discenderia.
- Imbocco pozzo di Avrieux: centrale di ventilazione che consente:
  - o L'estrazione puntuale o distribuita dei fumi in una delle due canne – e – l'immissione puntuale o distribuita d'aria fresca in una delle due canne. L'estrazione puntuale dei fumi / l'immissione puntuale d'aria fresca nei binari di precedenza.
- Imbocco Clarea: centrale di ventilazione che consente le stesse funzionalità di quella di La Praz.
- Nel tunnel: Acceleratori installati nel piédroit.

L'impianto è completato da centrali di ventilazione installate al piede di ogni discenderia che permettono la messa in sovrappressione delle sale d'accoglienza delle aree di sicurezza sotterranee.

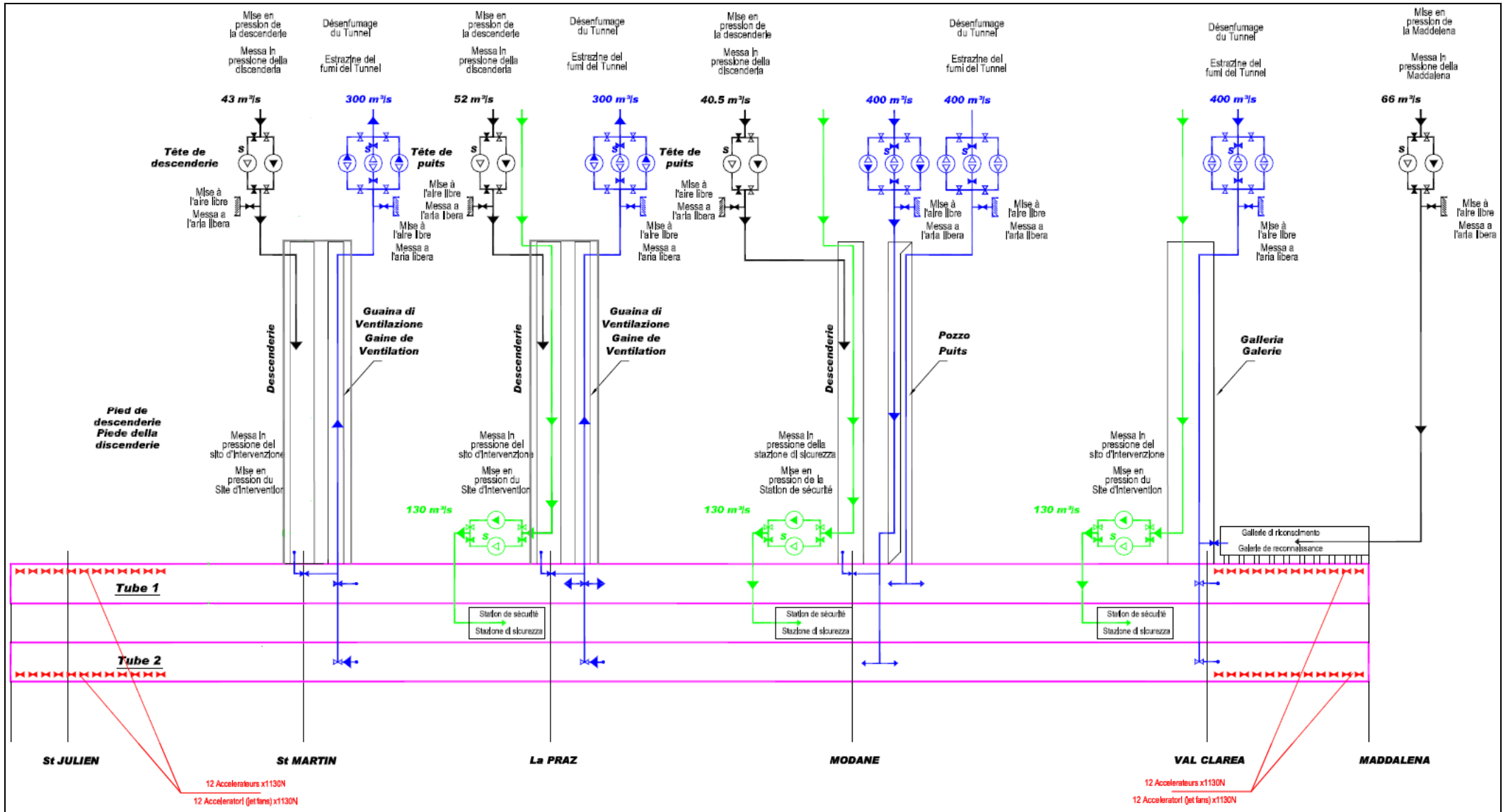


Image 20: Système de ventilation – Schéma général.

Figura 20: Impianto di ventilazione – Schema generale.

## **ANNEXE 4**

### **RECOMMANDATIONS EN MATIERE DE SEUILS EN SITUATION D'INCENDIE**

## **ALLEGATO 4**

### **RACCOMANDAZIONI IN MERITO ALLE SOGLIE IN SITUAZIONE DI INCENDIO**



	<b>AIPCR 1999</b>	<b>DSC/DR 1999</b>	<b>DDSC 2000</b>	<b>NFPA 502</b>
<b>Distance de visibilité</b>	7 à 15 m	7 à 15 m	30 m	Un signal de 80 lux doit être visible à 30 m Les portes et les parois doivent être visibles à 10 m
<b>Taux de CO</b>	Pas de recommandation	500 à 3'000 ppm pendant 10 à 60 mn (seuil admissible) 1'500 à 3'000 ppm Pendant 30 mn (seuil léthal)	300 ppm	2'000 ppm pendant quelques secondes Moyenne de 1'500 ppm ou moins pendant les 6 premières minutes de l'exposition 800 ppm ou moins pendant les 15 premières minutes de l'exposition 50 ppm pendant le reste de l'exposition Valeurs à reconsidérer au-dessus de 1'000 m d'altitude
<b>Température</b>	80 °C pendant 15 mn	60 à 80°C pendant 15 mn	50 °C	Maximum de 60 °C pendant quelques secondes Moyenne de 49 °C ou moins pendant les premières minutes et décroissance ensuite
<b>Rayonnement</b>	2,0 à 2,5 kW/m <sup>2</sup>	2,0 à 2,5 kW/m <sup>2</sup> pendant quelques minutes	2 kW/m <sup>2</sup>	Maximum de 6,3 kW/m <sup>2</sup> pendant quelques secondes Moyenne de 1,6 kW/m <sup>2</sup> ou moins pendant les 6 premières minutes Moyenne de 0,95 kW/m <sup>2</sup> pendant le reste de l'exposition

	<b>AIPCR 1999</b>	<b>DSC/DR 1999</b>	<b>DDSC 2000</b>	<b>NFPA 502</b>
<b>Distanza di visibilità</b>	7 a 15 m	7 a 15 m	30 m	Un segnale di 80 lux deve essere visibile a 30 m Le porte e le pareti devono essere visibili a 10 m
<b>Tasso de CO</b>	Nessuna raccomandazione	500 à 3'000 ppm durante 10 a 60 mn (soglia ammissibile) 1'500 à 3'000 ppm durante 30 mn (soglia letale)	300 ppm	2'000 ppm durante qualche secondo Media di 1'500 ppm o meno durante i 6 primi minuti dell'esposizione 800 ppm o meno durante i 15 primi minuti dell'esposizione 50 ppm durante il resto dell'esposizione Valori da rivalutare al di sopra di 1'000 m di altitudine
<b>Temperatura</b>	80 °C durante 15 mn	60 à 80°C durante 15 mn	50 °C	Massimo di 60 °C durante qualche secondo Media di 49 °C o meno durante i primi minuti e decrescita seguente
<b>Irraggiamento</b>	2,0 a 2,5 kW/m <sup>2</sup>	2,0 a 2,5 kW/m <sup>2</sup> durante qualche minuto	2 kW/m <sup>2</sup>	Massimo di 6,3 kW/m <sup>2</sup> durante qualche secondo Media di 1,6 kW/m <sup>2</sup> o meno durante i 6 primi minuti Media di 0,95 kW/m <sup>2</sup> durante il resto dell'esposizione