

# Le tunnel routier transfrontalier du Fréjus

Mise aux normes Mont-Blanc et  
Analyse de Risques

Exposé dans le cadre du colloque annuel des Architectes et Ingénieurs de  
la Région Alpine (AIRAL) du **19 juin 2009** à Grenoble

Les Grands Ouvrages dans les Alpes : gestion des risques

**Alain CHABERT**



# Méthodologie de l'analyse de risque

	Gravité	Mineure ou nulle	Significative	Critique	Catastrophique	Catastrophe majeure
Fréquence		I	II	III	IV	V
Très fréquent	A					
Fréquent	B					
Occasionnel	C					
Rare	D					
Très rare	E					
Extrêmement rare	F					

Criticité faible

Criticité moyenne

Criticité importante

L'analyse de risque consiste à identifier des événements redoutés de la manière la plus exhaustive possible. La **criticité** de ces événements est ensuite évaluée à partir de la **fréquence** d'occurrence d'une part et de la **gravité** d'autre part :

**Criticité = Fréquence x Gravité**

Cette méthodologie peut être appliquée quel que soit le domaine d'activité concerné. On illustre ci-après cela avec deux exemples : l'exploitation du tunnel du Fréjus et le creusement d'une galerie de 12 km sous les Alpes.

## Fréquence/Gravité pour un tunnel routier

Classe	Temps de retour	Fréquence	Exemple
A	< 1 an	Très fréquent	Panne d'un véhicule
B	< 10 ans	Fréquent	Accident grave d'un VL
C	Entre 10 et 20 ans	Occasionnel	Accident d'un PL
D	Entre 20 et 100 ans	Rare	Incendie d'un PL
E	Entre 100 et 1000 ans	Très rare	Tunnel Endommagé
F	> 1000 ans	Extrêmement rare	Effondrement du tunnel

Classe	Conséquences	Gravité	Observations	
			Défaillance Système	Exemple
I	Dégâts matériels	Mineure ou nulle	Incident sans interruption de la circulation	Panne véhicule, accident léger
II	Blessés légers	Significative	Incident pouvant entraîner l'interruption de l'exploitation sans atteinte à la sécurité	Accident de gravité moyenne
III	Blessés graves ou < 5 morts	Critique	Défaillance d'un équipement isolé avec atteinte à la sécurité	Accident grave ou incendie mineur.
IV	Entre 5 et 50 morts	Catastrophique	Défaillance d'équipements pouvant entraîner un accident	Incendie important ou tunnel endommagé
V	> 50 morts	Catastrophe majeure	Défaillance générale pouvant entraîner la perte de la maîtrise du système.	Explosion ou incendie non maîtrisé – ruine de l'ouvrage

L'analyse de risque du tunnel du Fréjus a été réalisée en 2008 par le bureaux d'études Setec TPI.

Dans les tableaux ci-dessus, les dénominations « fréquent », « occasionnel », « rare » renvoient à une hiérarchie propre à la famille des événements en tunnel et non à une échelle absolue.

La présentation en terme de « temps de retour » est trompeuse dans le sens où ce temps est à mettre en regard de la durée de vie d'un ouvrage. L'intérêt de ces fréquences standardisées d'événements est surtout de permettre un classement, en relatif et non en absolu, de la dangerosité des tunnels, en les couplant aux classes de gravité.

# Caractéristiques du tunnel du Fréjus

**Ouverture : Juillet 1980**

**Longueur** : 12,870 kilomètres  
entre Modane et Bardonecchia

**Gabarit autorisé** : 4,30 m

**Monotube** : 2 voies de circulation  
de 3,55 mètres.

**Largeur roulable** de 9 mètres  
entre les trottoirs

**Pente longitudinale** : 0,54 %  
dans le sens France-Italie



**Le tunnel du Fréjus est l'un des plus long tunnels routiers du Monde.**

Le trafic 2008 a été de :

**865 334 véhicules légers**

**823 607 poids lourds**

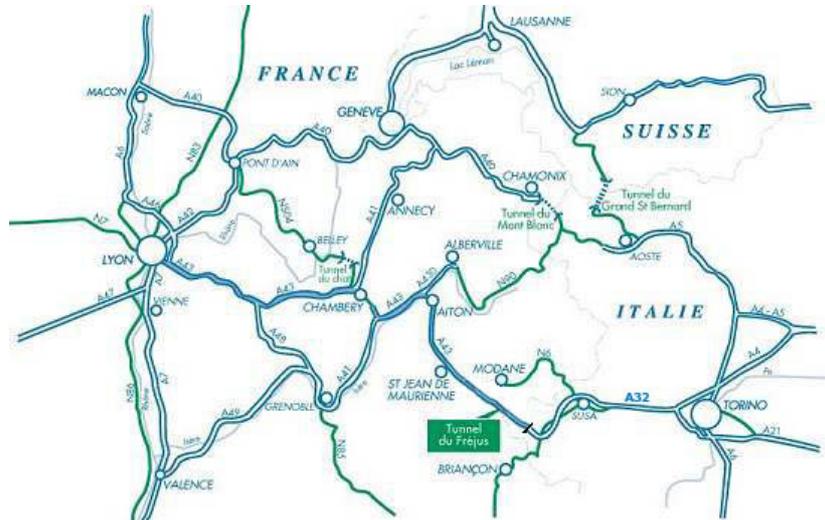
**19 336 bus**

Il est en baisse de 3,7% par rapport à l'année 2007.

**En moyenne journalière annuelle, on enregistre 4 680 véhicules/jour dont environ 50% de poids lourds.**

A noter que sur les 5 premiers mois de l'année 2009, le trafic poids lourds subit une très forte baisse par rapport au 5 premiers mois de 2008 : -26,3 %

# Localisation



Le tunnel du Fréjus relie la Savoie au Piémont selon l'itinéraire le plus anciens via les vallées de la Maurienne et de Suse.

## Matrice de criticité « a priori »

	Gravité	Mineure ou nulle	Significative	Critique	Catastrophique	Catastrophe majeure
Fréquence		I	II	III	IV	V
Très fréquent	A				Incendie PL ↔	
Fréquent	B			Incendie VL ↔		
Occasionnel	C					
Rare	D					Incendie ↔ TMD
Très rare	E					
Extrêmement rare	F					

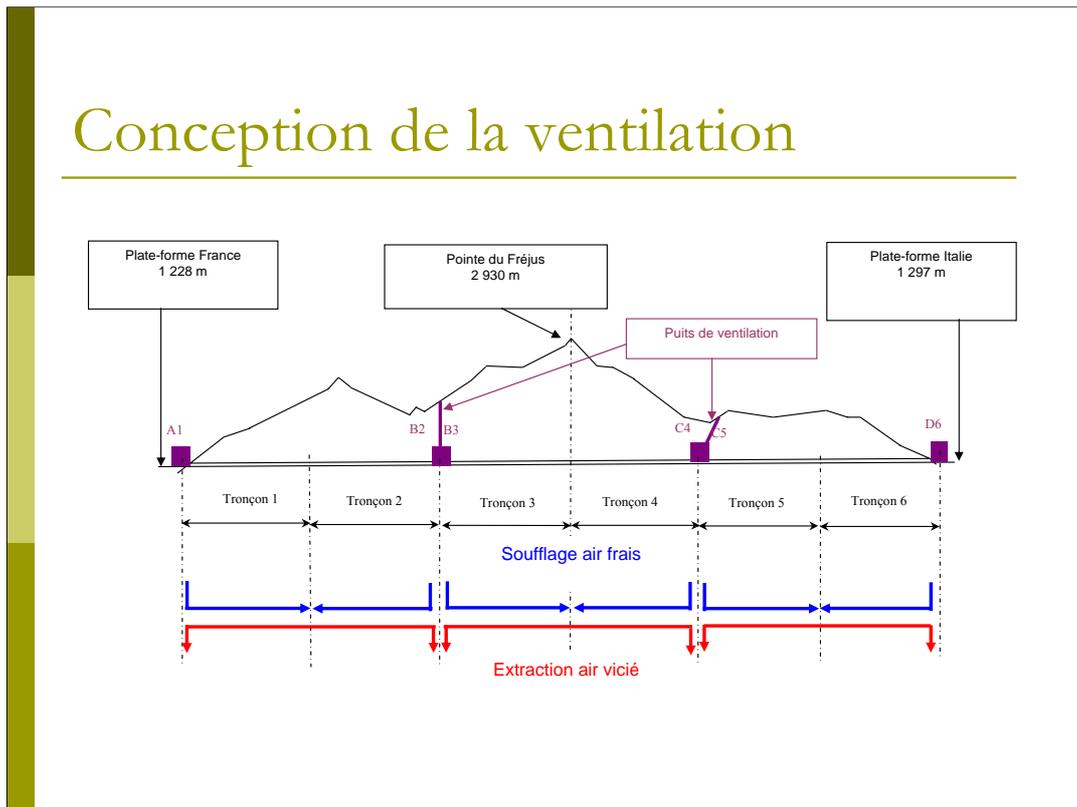
Les dysfonctionnement des différents sous-systèmes suivants ont été envisagés:

- Infrastructure
- Contraintes d'exploitation et de maintenance
- Équipements de sécurité et de surveillance
- Usagers
- Véhicules de secours
- Réseau incendie
- Conditions météorologiques

Il est apparu que les sous-systèmes « usagers » et « équipements de sécurité et de surveillance » étaient les plus critiques. La défaillance de ces derniers ayant été traitée dans le cadre de la formalisation de conditions minimales d'exploitation, les scénarios retenus ont porté quasi exclusivement sur les évènements liés aux usagers.

Dans ce cadre, il est apparu pertinent de retenir les cas d'incendie de VL, de PL et de TMD. Ces 3 évènements ont été positionnés a priori sur la matrice de criticité.

# Conception de la ventilation



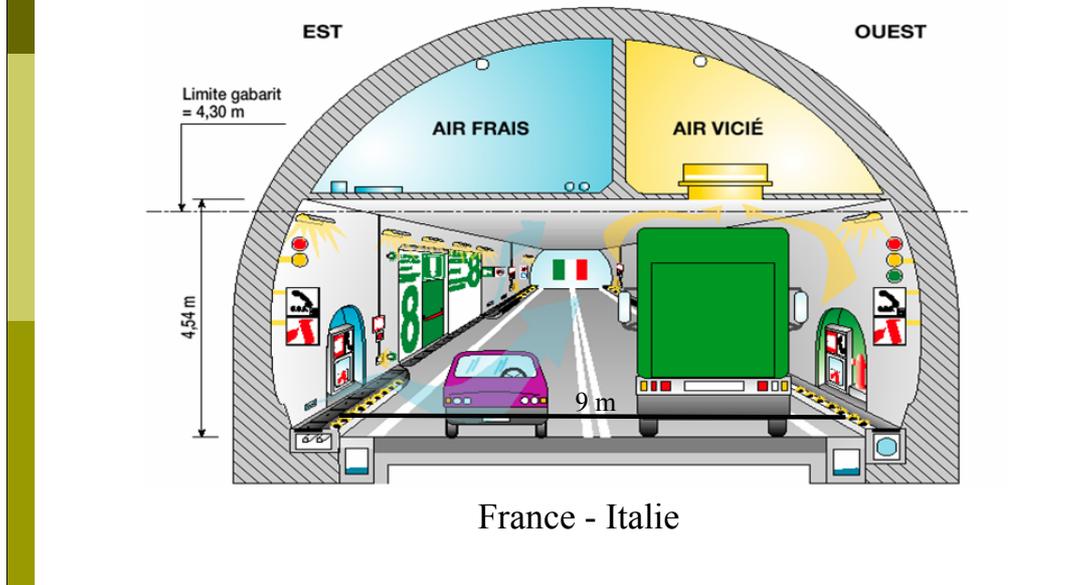
Afin de choisir des scénarios permettant de valider la probabilité et la gravité de certains événements, il convient de tenir compte du système de ventilation du tunnel :

- Prise d'air frais : outre les deux extrémités du tunnel, de puits intermédiaires ont été construits au tiers et au deux-tiers du tunnel
- Rejet d'air vicié : idem

Le tunnel est donc divisé en 6 tronçons de ventilation d'environ 2km de longueur chacun.

Pour le désenfumage, l'extraction est faite depuis les deux centrales qui encadrent l'incendie, ce qui conduit à diviser le tunnel en 3 tronçons.

## Coupe transversale



La ventilation se fait en transversal partiel :

- l'air frais est distribuée dans chaque tronçon de 2 km par une gaine située au-dessus de la chaussée
- des carneaux de ventilation espacés de 4,50 m permettent de conduire l'air en partie basse

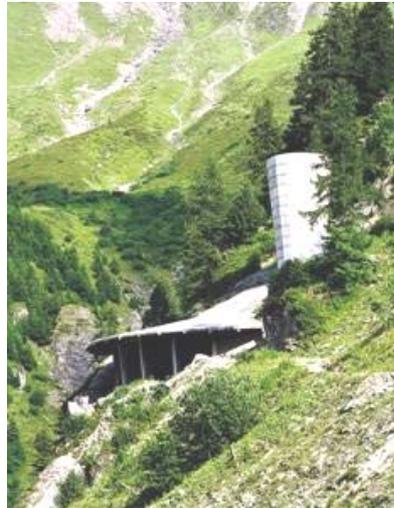
En l'absence de toute pollution, les ventilateurs sont à l'arrêt. Tout le débit d'air qui entre d'un côté du tunnel ressort donc de l'autre.

En cas de dépassement d'un seuil de pollution (CO, opacité), de l'air frais est alors progressivement soufflé sur la moitié de tunnel concerné. Cet air ressort par les têtes.

Lorsque la vitesse aux têtes devient trop importante (8 à 10 m/s), une extraction est effectuée au niveau des usines souterraine. Cette extraction privilégie l'effet cheminée dans les puits, les ventilateurs n'étant mis sous tension que si cela ne suffit pas.

## Prise d'air et usine souterraine

---

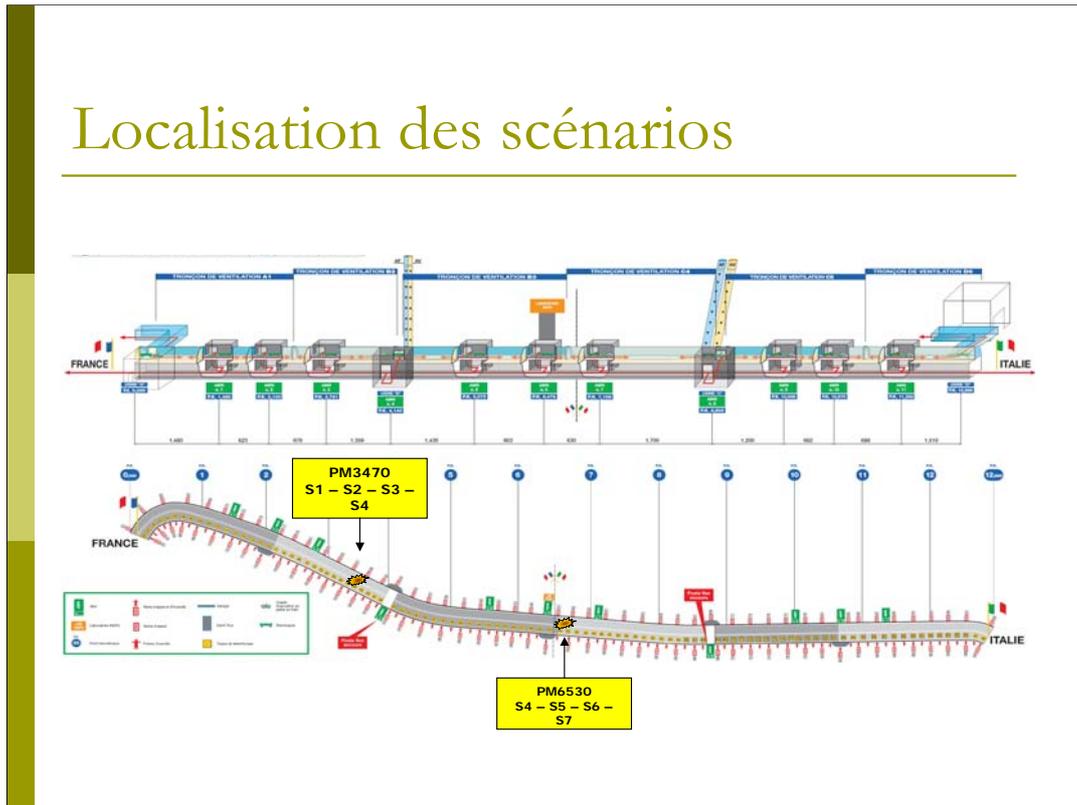


Chaque tronçon de 2 km est desservi par une centrale accueillant 2 ventilateurs pour l'air frais et 2 ventilateurs pour l'air vicié. Les usines souterraines, situées au pied des puits de ventilation sont donc des usines doubles afin de desservir un canton vers la France et un vers l'Italie.

L'inclinaison des pâles des hélices des ventilateurs peut être modifiée en marche, à l'aide d'un système hydraulique, afin d'ajuster les débits.

La puissance des moteurs est comprise entre 310 kW et 700 kW. Ce sont des moteurs 3000 V à deux vitesses de rotation (990 tr/min et 1470 tr/min).

## Localisation des scénarios



Deux positions d'incendie sont retenues :

PM3470 : cette localisation permet de déterminer si les fumées chaudes d'un incendie entraînent une déperdition des performances des ventilateurs de désenfumage étant donné la proximité de l'usine de ventilation. Par ailleurs, il s'agit d'une localisation non centrale où la vitesse du courant d'air longitudinal devrait a priori être non nulle au démarrage de l'incendie. Enfin, les abris sont situés à des distances importantes (>670m), ce qui permettra de vérifier si les conditions d'évacuation sont acceptables pour les usagers

PM6530 : cette localisation a des caractéristiques opposées à celles recherchées pour le PM3470 : les postes fixes sont éloignés (>2250m), la position est centrale, les usines de ventilation sont éloignées de l'incendie et les abris à proximité

## Synthèse des scénarios étudiés

	Lieu	$\Delta P$ Global	Incendie	P (MW)	Trafic	Présence Bus	Intérêt du scénario
S1	PM 3470	+200Pa (SO)	VL	4	450 véh/h/sens	Oui	Scénario ne conduit pas a priori à de graves conséquences
S2		-375Pa (EO)	PL	30	450 véh/h/sens	Non	Souligne l'importance des campagnes « sécurité tunnel » et des blocs de signalisation. Point de vitesse nul non centré
S3		-500Pa (EO)	PL chargement très inflammable (hors VTMD)	100	225 véh/h/sens	Non	Permet de justifier les conditions de circulation dégradées ( $\Delta P > 500$ Pa) A la limite du contrôle. Souligne l'importance des blocs de signalisation
S4		0Pa (EO)	VTMD	200	450 véh/h/sens	Non	Incendie enveloppe dans un contexte non pénalisant
S5	PM 6530	-550Pa (EO)	PL	30	225 véh/h/sens	Non	Permet de justifier les conditions de circulation dégradées ( $\Delta P > 500$ Pa) et l'intérêt des campagnes « sécurité tunnel » ainsi que des blocs de signalisation
S6		+340Pa (SO)	PL chargement très inflammable (hors VTMD)	100	450 véh/h/sens	Non	Permettent de mesurer l'impact d'un changement de procédure de soufflage à l'opposé pour une faible variation de $\Delta P$ et souligne l'importance des campagnes « sécurité tunnel ».
S7		+360Pa (SO)	PL chargement très inflammable (hors VTMD)	100	450 véh/h/sens	Oui	
S8		-490Pa	VTMD	200	225 véh/h/sens	Non	A la limite de l'interdiction des VTMD. Comportement humain défavorable.
SA	PHT	/	PHT n°7 et 14 (PHT usines de ventilation)	/	450 véh/h/sens	Non	Détermination des conséquences de la perte d'un PHT en tunnel et des équipements qui y sont reliés. Détermination des actions unitaires.

Les couleurs correspondent aux capacités de contrôle du courant d'air longitudinal :

- Blanc : point de vitesse nulle proche du foyer
- Jaune : point de vitesse nulle dans la zone d'extraction mais éloigné du foyer
- Orange : pas de point de vitesse nulle dans la zone d'extraction

Au-delà de la position et de la ventilation, les scénarios ont été choisis pour les raisons synthétisées en dernière colonne.

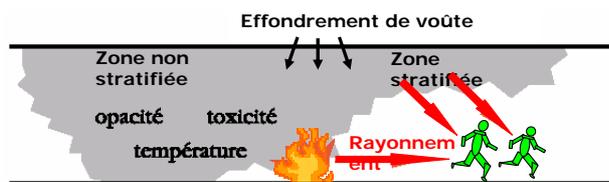
On illustre dans la suite les résultats de deux scénarios :

- Le scénario S2 : feu de 30 MW
- Le scénario S7 : feu de 100 MW avec la présence d'un autocar

# Effets d'un incendie en tunnel

Etats des fumées	Description	Seuils admissibles
Fumées déstratifiées	L'opacité gêne le déplacement des usagers. Ils sont affectés par la toxicité et la température. En général, la toxicité est plus contraignante que la température.	CO : 500 à 3000ppm pendant 60 à 10 min T < 80°C pendant 15min
Fumées stratifiées	Les usagers se déplacent normalement. Ils sont affectés par le rayonnement de la couche de fumées	2kW/m <sup>2</sup> (5kW/m <sup>2</sup> pour les pompiers) pendant quelques minutes (température caractéristique de la couche de fumées : 150°C)

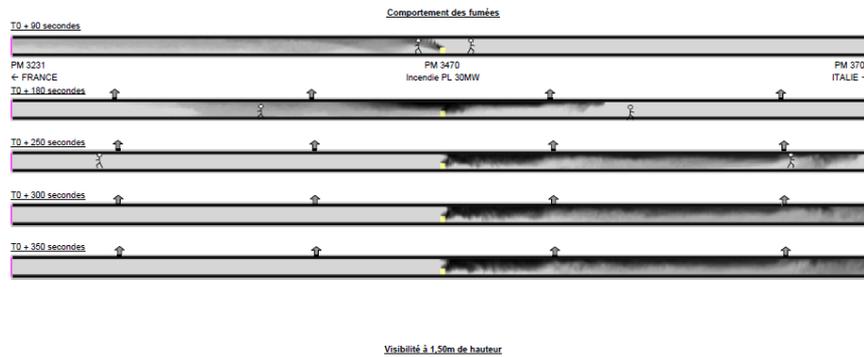
Distance de visibilité d (m)	V <sub>dép_usager</sub>
d > 20m	1m.s <sup>-1</sup>
5 < d < 20m	0,5m.s <sup>-1</sup>
d < 5m	0,3m.s <sup>-1</sup>



A gauche sur la figure, les fumées sont déstratifiées et occupent toute la section du tube. Leur opacité gêne alors le déplacement des usagers qui sont également affectés par la toxicité et la température des fumées. Le temps qu'ils passent dans cet environnement avant de rejoindre une issue de secours et le degré d'agressivité de cet environnement conditionnent leurs chances de survie : on considère qu'un taux de monoxyde de carbone (CO) supérieur à 3000ppm ou une température supérieure à 80°C ne permettent pas à un usager de cheminer plus d'un quart d'heure environ.

A droite sur la figure, les fumées sont stratifiées. Les conditions de visibilité et de toxicité sont en général supportables par les usagers qui sont en revanche affectés par le rayonnement (symbolisé par des flèches rouges sur la figure). Un rayonnement de 2kW/m<sup>2</sup> est le maximum supportable par un usager pendant quelques minutes.

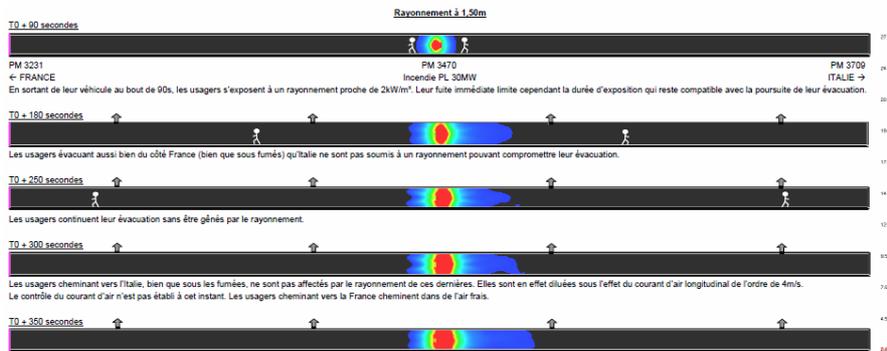
## Scénario S2 –Comportement des fumées



Comportement des fumées : dans un premier temps balayées sous l'effet du « pistonnement » vers la France, les fumées sont ensuite rapatriées dans la zone d'extraction ; elles sont toutefois mal contenues et progressent vers l'Italie avant d'être une nouvelle fois rapatriées vers la zone d'extraction à partir de 450 secondes (le contrôle du courant d'air commence à bien s'établir)

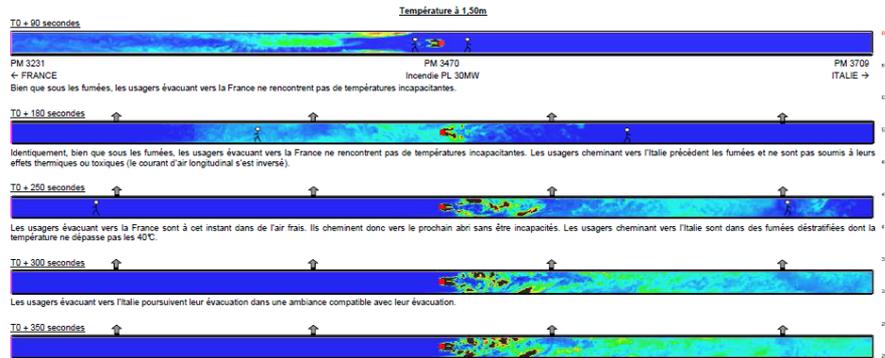
Visibilité : quel que soit le temps, la visibilité à 1,50m du sol est toujours supérieure à 20m, autorisant une vitesse de cheminement de 1m/s (les fumées sont relativement bien stratifiées).

## Scénario S2 – rayonnement à 1,50 m



Rayonnement : au cours de leur évacuation, les usagers ne sont pas soumis à un rayonnement de nature à les incapaciter ( $R < 1,5 \text{ kW/m}^2$ )

## Scénario S2 – Température à 1,50 m



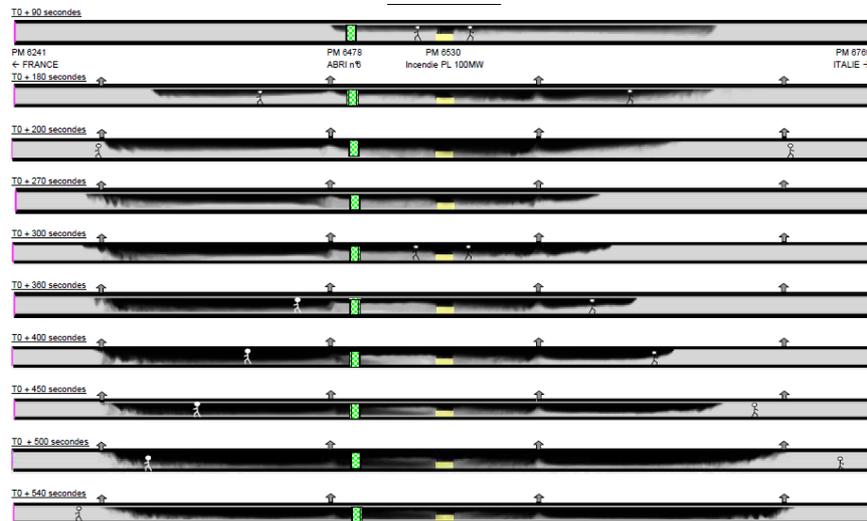
Température : au cours de leur évacuation, les usagers ne sont pas soumis à des températures dépassant les 40°C.

-----

Ce scénario se déroule globalement d'une manière satisfaisante. Le contrôle du courant d'air ne s'établit pas sur les 6 premières minutes de l'évacuation. Cela ne nuit cependant pas à l'évacuation des usagers qui devrait se dérouler correctement jusqu'au prochain abri (situé au PM4140).

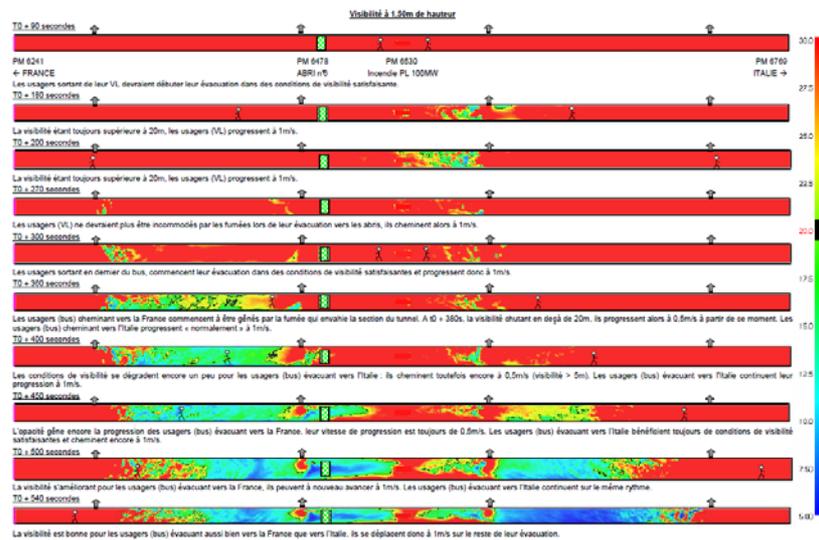
La gravité de ce scénario est estimée à I.

## Scénario S7 –Comportement des fumées



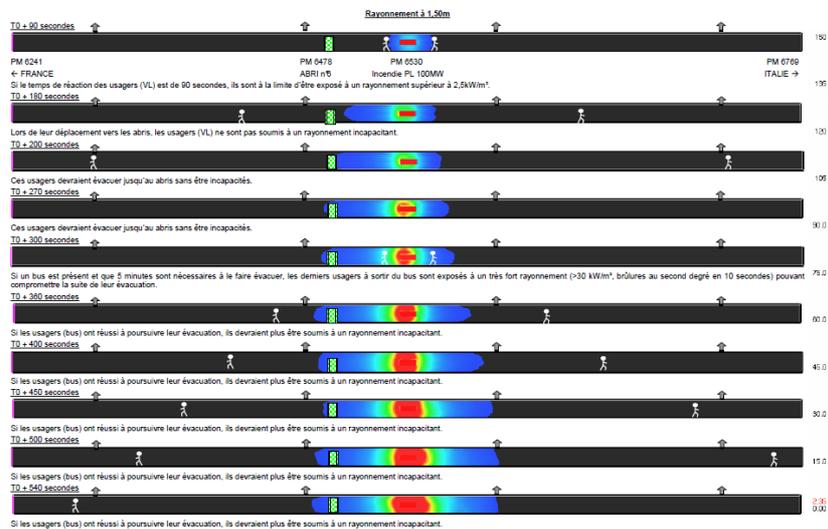
Comportement des fumées : le contrôle du courant d'air est bien réalisé dès lors que le système de désenfumage est mis en œuvre. Les fumées se stratifient.

## Scénario S7 – Visibilité à 1,50 m



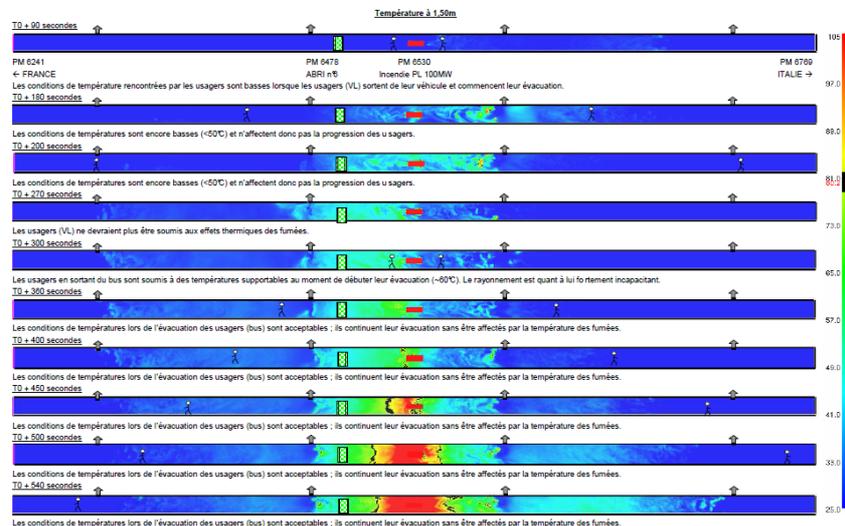
Visibilité : les usagers évacuant d'un VL à proximité immédiate de l'incendie ne devraient pas être gênés au cours de leur évacuation vers les abris, bien que cheminant sous la strate de fumées. En revanche, ceux sortant d'un bus et évacuant vers la France devraient être ralentis lors de leur évacuation, les fumées commençant à occuper la pleine section du tunnel lors de leur déplacement vers les abris ; ceux évacuant vers l'Italie évacuent dans de meilleures conditions de visibilité

## Scénario S7 – Rayonnement à 1,50 m



Rayonnement : les usagers qui évacuent d'un VL à proximité immédiate de l'incendie sont à la limite d'être exposés à un rayonnement de 2,5kW/m<sup>2</sup>. Leur fuite immédiate limitant leur durée d'exposition, ils devraient pouvoir continuer leur évacuation jusqu'aux abris. Les derniers usagers qui évacuent d'un bus à proximité immédiate de l'incendie sont quant à eux soumis à un fort rayonnement au début de leur évacuation ( $R > 30 \text{ kW/m}^2$ ) qui peut compromettre leur évacuation. S'ils parviennent à sortir de la zone dangereuse, le rayonnement perçu reste inférieur au seuil incapacitant.

## Scénario S7 – Température à 1,50 m



Température : bien que passant localement et momentanément dans des fumées, les usagers ne devraient pas subir de température dépassant les 70°C

-----

Le principal danger dans ce scénario est constitué par le rayonnement du foyer qui peut causer de graves brûlures, voire des décès parmi les derniers usagers évacuant d'un bus situé à proximité immédiate de l'incendie.

Autrement, on constate que la propagation des fumées est limitée et maîtrisée dès les premières minutes de l'incendie. La strate de fumées a tendance à s'effondrer au fur et à mesure de sa stagnation, envahissant alors quasiment la totalité de la section du tunnel mais présentant toutefois une dangerosité modérée.

La gravité de ce scénario est donc estimée à III en raison de la présence du bus et du délai nécessaire à son évacuation complète.

## Matrice de criticité « a posteriori »

	Gravité	Mineure ou nulle	Significative	Critique	Catastrophique	Catastrophe majeure
Fréquence		I	II	III	IV	V
Très fréquent	A	1				
Fréquent	B	2 3 5 6		7		
Occasionnel	C					
Rare	D		8	4		
Très rare	E					
Extrêmement rare	F					

Scénario 1 : VL 4 MW + Bus

Scénario 5 : PL 30 MW

Scénario 2 : PL 30 MW

Scénario 6 : PL 100 MW

Scénario 3 : PL 100 MW

Scénario 7 : PL 100 MW + Bus

Scénario 4 : VTMD 200 MW

Scénario 8 : VTMD 200 MW

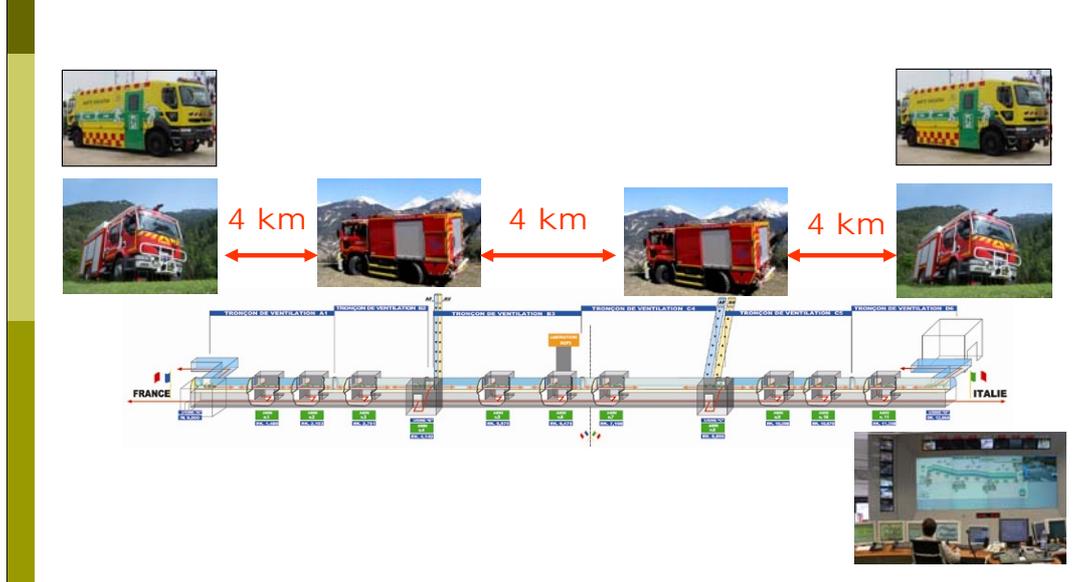
L'analyse des scénarios permet de les repositionner sur la matrice de criticité.

Conclusions :

- les incendies de puissance modérés (30MW) présentent une criticité très modérée
- les incendies de puissances élevées (100MW) peuvent avoir des conséquences significatives si l'évacuation des usagers n'est pas rapide (particulièrement dans le cas d'une présence de bus à proximité du foyer)
- les incendies exceptionnels (200MW et plus) restent, même avec les dispositions de sécurité adoptées, des événements difficilement maîtrisables, notamment en terme de contrôle des fumées tant les débits produits sont importants et du fait de la puissance du rayonnement.

A noter que l'intervention des 4 équipes de sécurité et des services d'accompagnement dans le cas d'incendie de VTMD n'ont pas été pris en compte pour les besoins de l'étude. L'intervention se traduisant par une attaque précoce de l'incendie par des moyens matériels adaptés et des personnels formés dans un centre spécialisé pour les incendies en tunnel (CFETIT - entraînement avec fumées chaudes), la probabilité qu'un incendie atteigne sa pleine puissance est fortement limitée, si tant est que l'intervention soit possible dans les premières minutes (cinétique très rapide pour les incendies VTMD).

## L'importance de la présence humaine



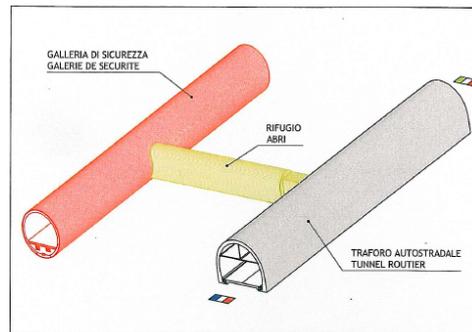
Au tunnel du Fréjus, l'intervention humaine reste la première garantie de sécurité :

- 2 personnes sont présentes en permanence au poste de contrôle (Bardonecchia)
- 4 véhicules d'attaque de l'incendie armés de 2 pompiers sont disponibles à tout instant; ils sont répartis tous les 4 km afin que l'un d'entre eux soit systématiquement à moins de 2 km de l'incendie
- 2 navettes d'évacuation, sorte d'abris mobiles, armées de 3 agents sont disponibles en permanence sur chaque plate-forme

Il convient toutefois que la le PC détecte et localise rapidement l'incendie et puisse déclencher l'intervention. Les deux systèmes primordiaux pour cela sont la vidéosurveillance/détection automatique d'incident et le système de radio numérique.

## Conclusion de l'analyse de risques

- Approfondissement concernant les autocars
- Confirmation de la nécessité de construire des abris tous les 400 m environ



Concernant la circulation des autocars les mesures actuelles sont les suivantes :

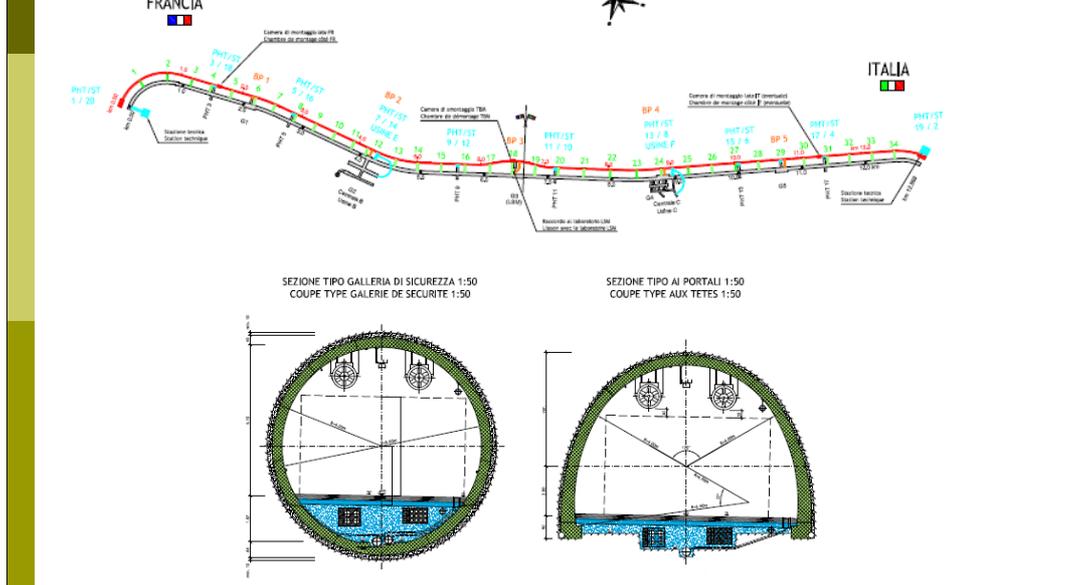
- Espacement de 2000m entre deux autocars circulant dans le même sens

- Si cela ne permet pas d'écouler le trafic autocars, ceux-ci sont accompagnés par convois de 4 autocars maximum

- Interdiction des poids lourds pendant les créneaux de fort trafic des autocars, à savoir : du 15 décembre au 30 avril, les dimanches et jours fériés, de 8h à 9h et de 17h à 18h.



# Le projet de galerie de sécurité



L'incendie du tunnel du Mont-Blanc en 1999 a montré la nécessité de disposer, dans les tunnels routiers, d'issues de secours tous les 500 m au maximum. Pour un tunnel long, ces issues sont en général des abris sécurisés qui doivent être reliés à un itinéraire d'évacuation de secours.

Actuellement, le tunnel du Fréjus est équipé de 11 abris. L'interdistance atteint par endroit 1 700 m. Ils sont reliés à la gaine air frais qui constitue le cheminement d'évacuation.

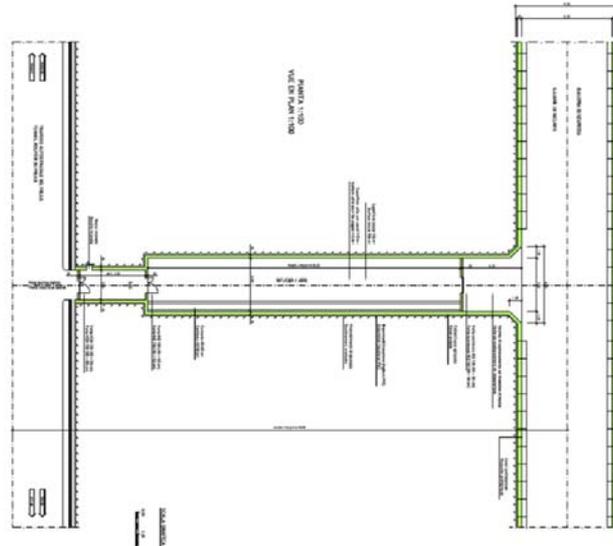
Des études préliminaires menées en 2001/2002 ont montré qu'il n'était pas possible de creuser d'autres abris depuis l'intérieur du tunnel sans le fermer pendant une durée de l'ordre de 18 mois. Or, une telle fermeture aurait des conséquences importantes, d'une part en terme d'atteinte à l'environnement dans les vallées qui mènent au tunnel du Mont-Blanc, d'autre part en ce qui concerne l'économie des échanges franco-italiens.

La construction d'une galerie de sécurité a donc été privilégiée afin de minimiser les impacts sur l'exploitation.

Les études de projet ont été réalisées par le bureau d'études tessinois Lombardi.



## Disposition d'un abri type

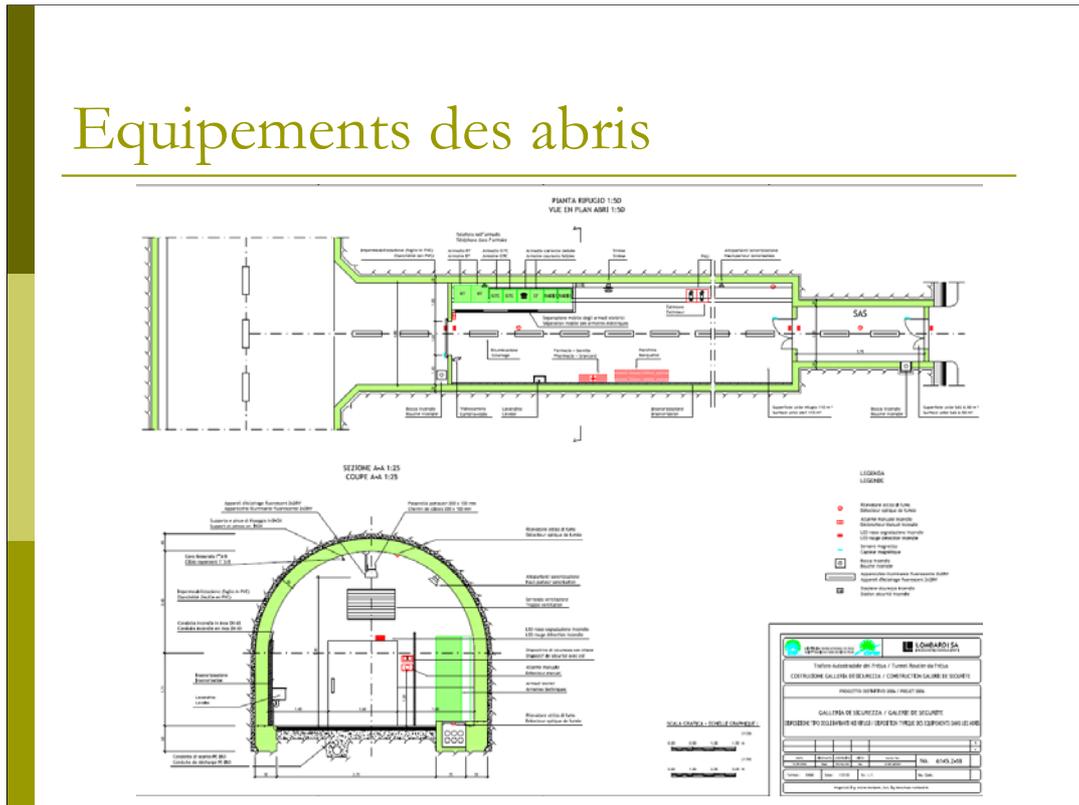


Les abris sont séparés du tunnel par un sas au gabarit piétons et de la galerie de sécurité par une porte coulissante dont l'ouverture est commode même en présence de forte surpressions.

Seuls les derniers mètres avant de déboucher dans le tunnel existant seront percés en réduisant la circulation (exploitation en sens alterné sur une voie pendant la nuit).



# Equipements des abris



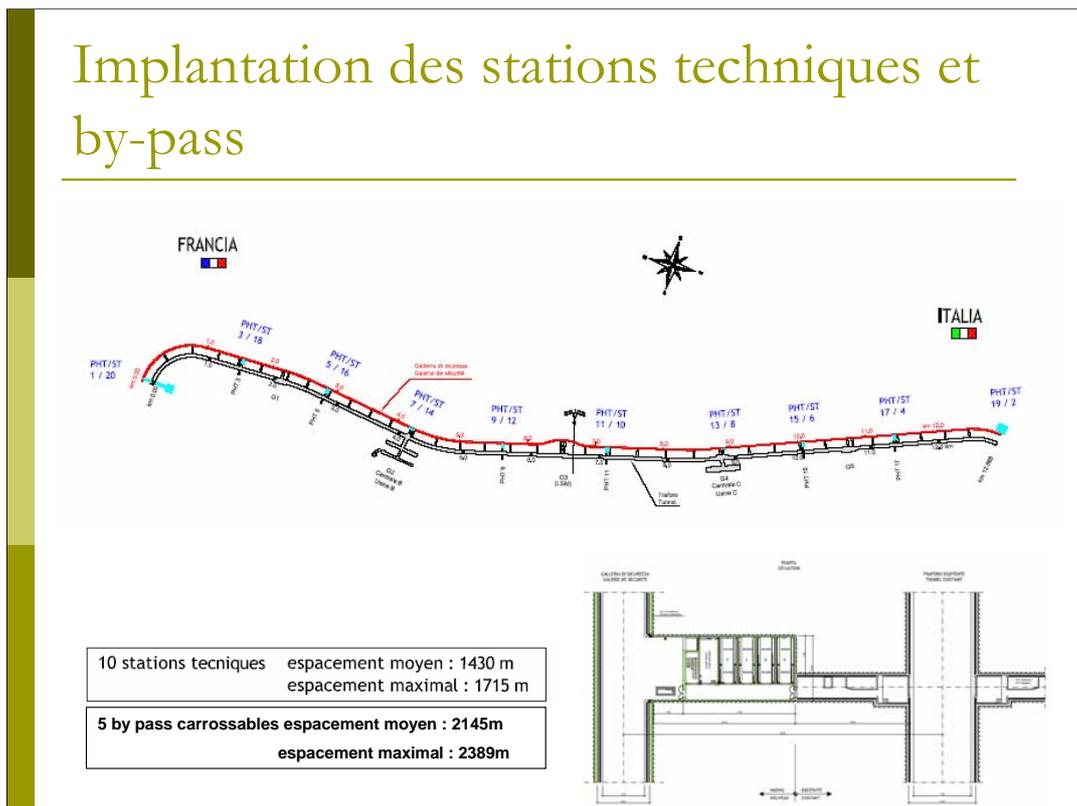
Les abris seront dotés de tous les équipements qui sont à présent classiques :

- éclairage
- ventilation garantissant une surpression limitée par rapport au tunnel
- surveillance video
- borne de communication téléphonique avec le poste de contrôle
- sonorisation
- extincteurs
- pharmacie de premier secours, eau
- banc

Ils accueilleront, dans un espace séparé par une grille, les armoires concernant tous les équipements courants faibles de l'abri.



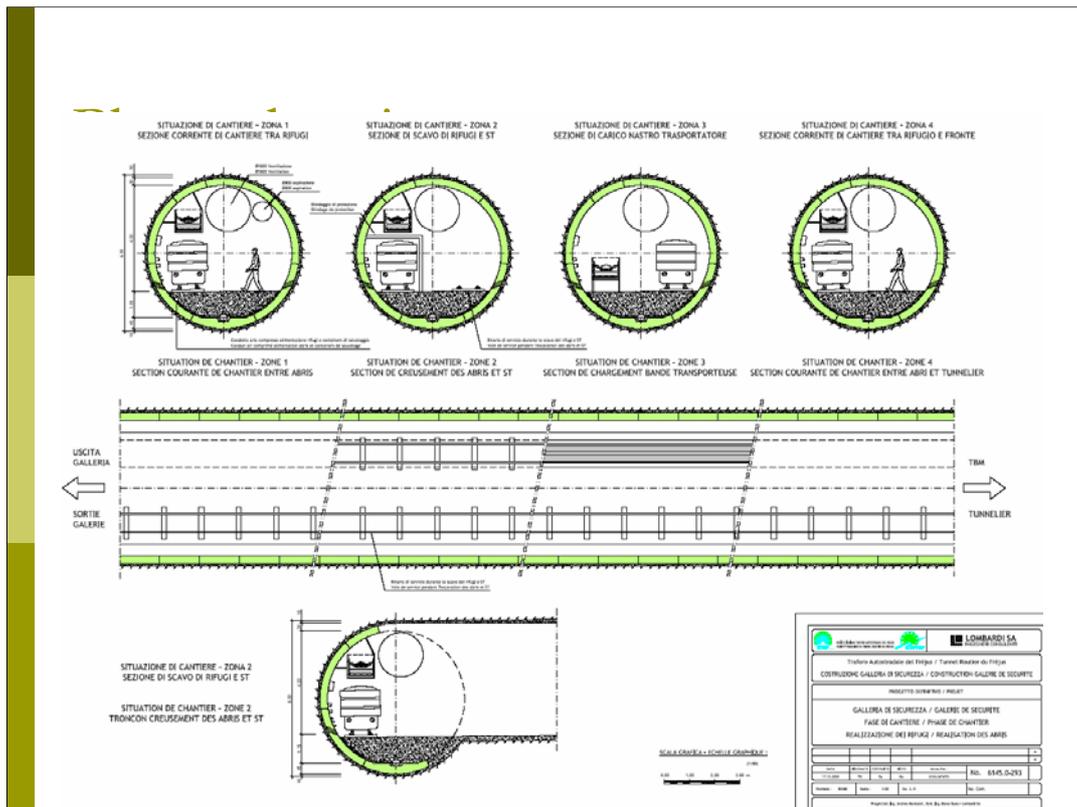
## Implantation des stations techniques et by-pass



La construction de la galerie de sécurité est également l'occasion de créer de nouveaux locaux techniques aux dimensions adaptées pour accueillir les équipements de nouvelle génération. En effet, les locaux actuels (Postes Haute Tension), qui sont situés tous les 1500 m, sont devenus trop exigus depuis la mise en place de la DAI, de la ventilation des abris, de la radio numérique, des panneaux à messages variables. Certains équipements tels que des onduleurs ont dû être installés en gaine air frais ce qui ne peut être qu'un pis-aller provisoire.

Au droit des garages existants dans le tunnel (tous les 2000 m environ), un by-pass carrossable sera créé afin de permettre aux véhicules de secours de passer de la galerie au tunnel.





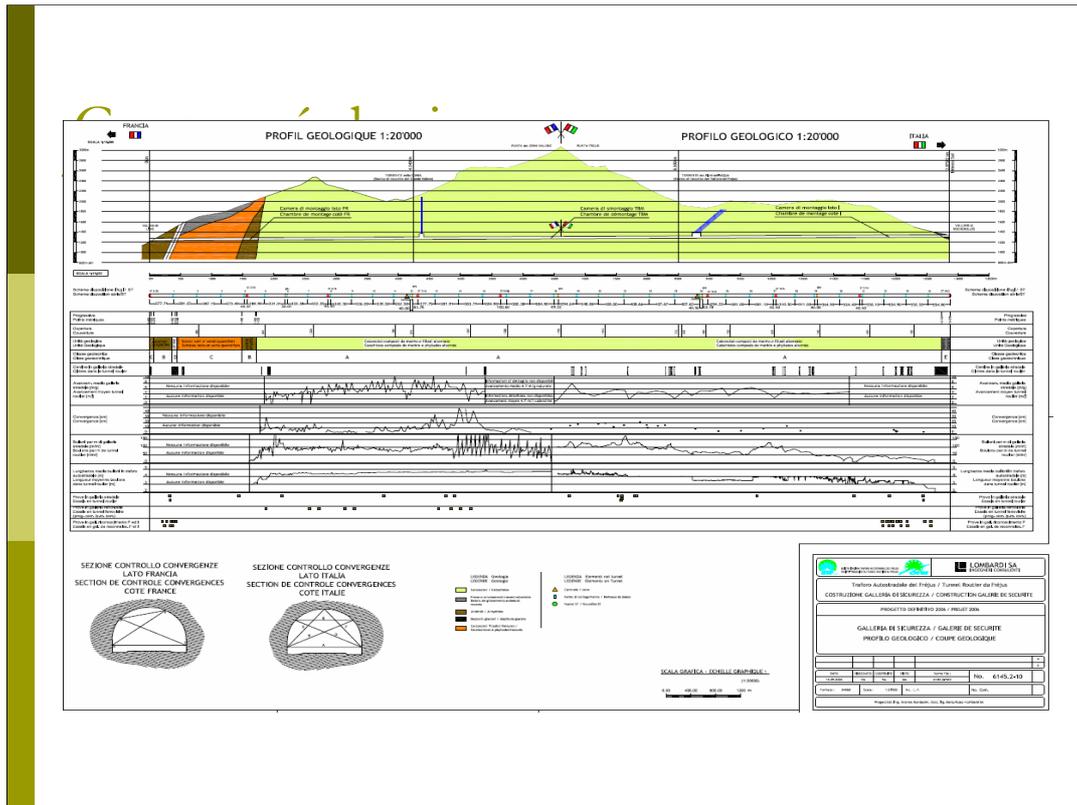
Une contrainte importante pour le dimensionnement de la galerie de sécurité est relative à la phase chantier.

En effet, la section transversale doit permettre d'assurer les fonctions d'approvisionnement du chantier et d'évacuation des déblais tout en laissant un accès possible pour les services de secours. De plus les recommandations à suivre pour la protection de la santé conduisent à mettre en place des systèmes de ventilation dont l'encombrement est important.

Pour ce chantier particulier, il a été décidé de creuser les rameaux transversaux au fur et à mesure de l'avancement de l'excavation principale, afin :

- de mettre à disposition des usagers du tunnel routier de premiers abris, dotés d'équipements sommaires, sans attendre l'achèvement du creusement
- d'offrir aux services de secours une possibilité d'accès relativement proche du front de taille via le tunnel routier.

Ce choix augmente l'encombrement des conduits de ventilation qui doivent trouver place dans la section de la galerie.



De nombreuses données sur le sous-sol sont disponibles depuis le creusement du tunnel routier. Une synthèse en a été faite afin de dimensionner le revêtement de la galerie et de préciser les méthode de construction (surcoupe du tunnelier par exemple).

- En vert : calcschistes ou schistes lustrés
- En marron : anhydrites
- En orange : calcschistes à phyllades fracturés

Le principal risque provient des fortes convergences dissymétriques constatées dans les calcschistes.

## Photomontage carrière SOCAMO

---



Côté France, les remblais seront utilisés pour l'aménagement paysager d'une carrière proche de la sortie de la galerie et visible depuis Modane.

## Equipements

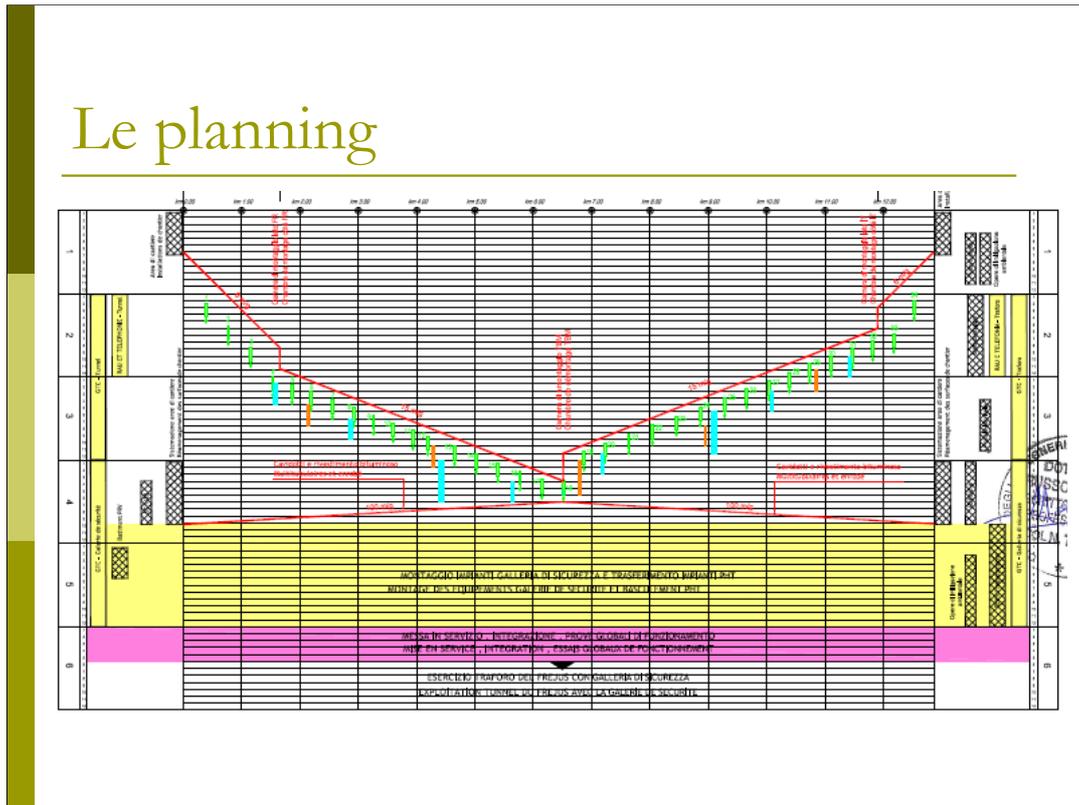
---

- Ventilation
- Réseau incendie
- Alimentation électrique
- Éclairage
- Vidéo
- Radio
- Réseau d'appel d'urgence
- Détection incendie
- Contrôle d'accès
- Téléphonie
- GTC – Supervision - Réseaux
- Signalétique
- Sonorisation

En ce qui concerne les équipements, le projet de galerie intègre plus d'une douzaine de fonctions.

Bon nombre d'entre elles impacteront positivement les équipements dans le tunnel existant. Par exemple, la mise en place de nouvelles artères 20 000 V dans la galerie de sécurité, à l'abri du trafic routier, permettra de garantir le maintien de l'alimentation même avec un incendie de très forte puissance dans le tunnel.

# Le planning



Pour la construction du génie civil, deux contrats séparés sont prévus en France et en Italie.

Chacun des contrats prévoit, après une période de préparation de six mois, un creusement en traditionnel pour environ 1,5 km; puis un creusement au tunnelier.

Les vitesses d'avancement moyenne retenues sont de :

- 6 m/j en traditionnel

-15 m/j au tunnelier

3 ans et 9 mois sont prévus pour le génie civil et 20 mois pour l'installation et les tests de équipements.

Au total, on obtient donc 5 ans et 5 mois.

Le premier marché a été notifié le 18 Mai 2009, pour le creusement du génie civil côté France pour un montant de 132 M€, au groupement d'entreprises Razel – Bilfinger & Berger.

L'opération est estimée à 370 M€ en valeur fin 2005. Elle sera financée principalement par des augmentations du tarif des péages.

## Le traitement des risques dans le dossier de consultation du génie civil France

- ❑ Le candidat fournira une note d'analyse des risques. Il devra notamment expliciter comment il envisage la gestion et les mesures à prendre pour éliminer les risques concernant :
  - le blocage du tunnelier sous fortes convergences
  - le blocage du tunnelier suite au flambement des schistes lustrés ou du fait de l'instabilité du front de taille ou de la chute de blocs rocheux
  - l'avancement du tunnelier en terrains hétérogènes
  - un incendie entre le tunnelier et le dernier rameau ouvert
- ❑ d'autres risques listés ci après (sans avoir un caractère limitatif) :...

- ❑ apparition de désordres dans le tunnel routier à l'ouverture des rameaux lors de
  - ❑ la démolition du revêtement au débouché des rameaux,
  - ❑ gêne des usagers au moment des tirs,
  - ❑ effets nocifs des tirs en galerie et rameaux sur les structures et les équipements du tunnel routier,
  - ❑ désordres dans le tunnel exploité lors du creusement de la galerie d'extraction,
  - ❑ effets nocifs des tirs en galerie et rameaux sur les équipements et les
  - ❑ expériences du LSM,
  - ❑ blocage du TBM du fait de l'instabilité du front,
  - ❑ blocage du TBM sous l'action des chutes de blocs,
  - ❑ déviation importante du TBM
  - ❑ instabilité du bouclier
  - ❑ fissuration des voussoirs
  - ❑ difficulté de gestion du stock de voussoirs
  - ❑ interférence entre tunnel routier et galerie dans les cargneules et les moraines
  - ❑ instabilité de la tête en phase de soutènement
  - ❑ désordres dans le revêtement de la galerie lors de la démolition des voussoirs
  - ❑ insuffisance de soutènement
- Il précisera également les interactions, sur les structures et les équipements existants du tunnel principal, consécutives aux opérations de creusement et les précautions envisagées pour éliminer les risques.

## Le traitement des risques dans les réponses des entreprises

D'un simple tableau présentant les mesures de réduction

Risque	Mesures de réduction
- Blocage tunnelier	- Bouclier conique - Surcoupe de 50 mm - Suivi de la poussée - Lubrification jupe - Sondage à l'avancement - Boulonnage de préconfinement
- ....	- ...

Jusqu'à l'évaluation de la criticité avant et après les mesures de réduction proposées

	Gravité	Mineure ou nulle	Significative	Critique	Catastrophique	Catastrophe majeure
Fréquence		I	II	III	IV	V
Très fréquent	A					
Fréquent	B					
Occasionnel	C					
Rare	D					
Très rare	E					
Extrêmement rare	F					

La prise en compte des risques dans les offres des entreprises a été hétérogène en ce qui concerne la méthodologie utilisée et au niveau des risques complémentaires à ceux énumérés dans le dossier de consultation.

Toutefois, pour les risques principaux, les mesures de réduction proposées ont été relativement proches d'une offre à l'autre.

## Conclusion

---

- L'analyse des risques est entrée dans la pratique pour les travaux souterrains
- Plusieurs types de risques peuvent être distingués :
  - Les risques normalement prévisibles, dont la prise en compte est à la charge de l'entreprise
  - Les risques non normalement prévisibles, dont la prise en compte est à la charge du maître d'ouvrage

Pour ce qui est des risques « non normalement prévisibles », il est souhaitable de chercher à les identifier afin de prévoir dans le contrat les modalités de rémunération de ceux-ci.

Par exemple :

- Prix unitaires particuliers
- Mise au point de prix nouveaux sur la base des sous-détails de prix initiaux
- Méthodes incitatives, où le contrat prévoit un montant pour le traitement des risques avec un intéressement de l'entreprise si celui-ci n'est pas consommé
- ...

Des progrès restent à faire pour formaliser la méthode la plus appropriée.

Il serait par exemple utile de relier la méthodologie de l'analyse des risques à la répartition entre les deux types de risques évoqués ci-dessus.