

Office fédéral des transports

# Sécurité dans les tunnels

Rapport final sur le plan de réalisation (phase 2, étape A)

24 janvier 2005



BUNDESAMT FÜR VERKEHR  
OFFICE FÉDÉRAL DES TRANSPORTS  
UFFICIO FEDERALE DEI TRASPORTI  
FEDERAL OFFICE OF TRANSPORT



---

## Condensé

La sécurité dans les tunnels ferroviaires suisses est élevée, mais malgré la très faible probabilité de réalisation des risques, un incident n'est jamais totalement exclu. Or un accident dans un tunnel peut avoir des conséquences graves. C'est pourquoi il faut adopter des normes de sécurité adéquates dans les domaines de la prévention des incidents, de la réduction de l'impact, du secours autonome et des services de secours.

Le 14 septembre 1999, le chef du DETEC avait chargé l'OFT d'élaborer un rapport sur la sécurité dans les tunnels ferroviaires suisses. L'office a publié son rapport final sur la question en janvier 2001. Le présent rapport découle du même mandat et constitue la suite des travaux présentés dans le rapport de janvier 2001 (phase 2). Dans cette deuxième phase, elle-même subdivisée en deux étapes, l'OFT planifie tout d'abord la réalisation des mesures (étape A), puis il s'agira d'attribuer les mandats et de commencer le travail (étape B). Le présent rapport conclut l'étape A.

L'amélioration de la sécurité dans les tunnels existants est l'un des objectifs prioritaires de l'OFT et le présent rapport propose des mesures concrètes pour les ouvrages ferroviaires. La sécurité doit être accrue de manière spécifique à l'aide de normes et d'instruments modernes. Le but premier de ce rapport est donc de formuler et de fixer des exigences de sécurité différenciées par catégories de tunnels. L'OFT a décidé de mettre le présent rapport en consultation auprès des entreprises de chemin de fer et – dans le cadre de l'exécution de l'ordonnance sur la protection contre les accidents majeurs – auprès des cantons.

### **Système de classification des tunnels**

Le système de classification des tunnels repose sur trois critères qui permettent généralement de délimiter le risque de préjudice corporel avec une assez grande précision.

- Système de tunnel, c'est-à-dire à voie unique ou à double voie
- Longueur du tunnel, subdivisée en 5 classes
- Densité du trafic, exprimée en nombre de trains par jour dans les deux sens

La classification a été établie sur la base de données actuelles ou d'estimations sur l'évolution du trafic. Cela signifie que la classification d'un tunnel peut changer au cours du temps.

Longueur	Tunnel à voie unique			Tunnel à double voie		
	moins de 50 trains par jour	de 50 à 150 trains par jour	plus de 150 trains par jour	moins de 100 trains par jour	de 100 à 300 trains par jour	plus de 300 trains par jour
moins de 300 m	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>
de 300 à 1000 m	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
de 1000 à 3000 m	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>E</b>
de 3000 à 10 000 m	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>E</b>	<b>E</b>
plus de 10 000 m	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>E</b>	<b>E</b>

Figure 1: Classification générale des tunnels dans les catégories A à E

Les tunnels dont la longueur est inférieure à 1 km ne doivent être équipés que si le trafic est très dense. Par ailleurs, on peut renoncer à équiper les tunnels de moins de 3 km si la densité du trafic y est très faible.

En fonction de cette classification, 81 ouvrages (12 % de l'ensemble des tunnels ferroviaires) doivent remplir des exigences de sécurité spécifiques. Cela représente une longueur de totale de 300 km, soit 67 % de la totalité des tracés en tunnel.

### Exigences de sécurité

Les exigences de sécurité sont formulées en fonction du but à atteindre et offrent une certaine marge de manœuvre au niveau de la réalisation. Il existe trois types d'exigences:

- Mesure obligatoire dans les tunnels de la catégorie désignée (type X).
- Mesure dont l'opportunité et la proportionnalité doivent être examinées, la décision de la réaliser ou de ne pas la réaliser doit être justifiée (type P).
- Mesure non contraignante.

Les critères de classification des tunnels et les exigences de sécurité fixent un cadre assez rigide pour définir les cas dans lesquels une mesure spécifique doit être réalisée. Cela n'entraîne cependant pas de décision automatique, surtout lors de l'évaluation des projets, dans la procédure d'approbation des plans.

Les exigences de sécurité formulées dans le présent rapport sont réparties en trois domaines: l'infrastructure, le matériel roulant et l'exploitation. En voici quelques exemples.

- Infrastructure
  - Banquette, main courante, éclairage de secours, balisage des chemins de fuite

- 
- Liaison radio entre la centrale d'exploitation et le train, pour les services de secours tiers et pour ceux de l'entreprise de chemin de fer
  - Transformation des voies de communication vers l'extérieur ou des rameaux de communication en issues de secours
  - Matériel roulant  
(à réaliser lors de la construction des véhicules, à envisager lors de leur transformation)
    - Dispositif anti-immobilisation
    - Capacité de mouvement en cas d'incendie
    - Utilisation de matériaux anti-feu
    - Système de communication voyageurs–personnel d'accompagnement–machiniste
  - Exploitation
    - Possibilité, pour les trains accidentés, de quitter le tunnel
    - Protection des personnes qui fuient le tunnel contre le danger représenté par les trains en marche
    - Séparation des trains de voyageurs et des trains transportant des marchandises dangereuses (à envisager)

Le rapport comporte également une comparaison provisoire de l'état actuel avec l'état de référence afin de procéder à une première estimation des coûts. Selon ces projections, le coût des mesures à réaliser – en particulier dans le domaine de l'infrastructure – devrait avoisiner les 100 millions de francs. Quelque 200 km de tunnels sont déjà dotés d'une infrastructure pour le secours autonome. Vu la catégorie à laquelle ils appartiennent, le tunnel du Simplon (env. 40 km de tubes) et le tunnel de base de la Furka (env. 15 km) devront faire l'objet de mesures d'infrastructure. Il n'a pas été tenu compte du coût des mesures dont la réalisation ne sera décidée qu'après un examen approfondi tenant compte du ratio coût–utilité.

Le plan de réalisation défini au chapitre 7 du rapport prévoit les activités suivantes en 2005:

- Prise de position des entreprises de chemin de fer et des cantons sur les exigences de sécurité d'ici mai 2005
- Validation des données pertinentes par les entreprises de chemin de fer d'ici mai 2005
- Examen des interventions requises et des besoins financiers après prise en considération des informations fournies par les entreprises de chemin de fer
- Détermination des modalités de financement des exigences de sécurité
- Élaboration et révision des bases légales dans le cadre d'une procédure ordinaire
- Élaboration d'une directive sur la sécurité dans les tunnels avec comme objectif son entrée en vigueur en décembre 2005

L'OFT considère que l'application des exigences de sécurité ne nécessite pas de modification de la LCdF, car l'art. 17 (progrès de la technique) constitue une base juridique suffisante pour la mise en œuvre des mesures de sécurité dans les tunnels existants. De ce fait, il commencera à appliquer les exigences formulées dans le présent rapport dans les procédures en cours ou qui s'ouvriront durant l'année 2005. En dehors de ces procédures, il

n'exigera cependant aucune mesure spécifique concernant les tunnels. La directive qu'il est prévu d'édicter fin 2005 apportera des éclaircissements supplémentaires concernant, par exemple, les modalités d'examen pour les mesures de «type P».

## Table des matières

1	Introduction.....	1
1.1	Situation initiale.....	1
1.2	Description du projet.....	2
1.3	Déroulement .....	3
1.4	Délimitation du projet.....	4
1.5	Bases.....	4
2	Objectifs de sécurité et principes .....	5
3	Système de classification des tunnels.....	7
3.1	Remarques liminaires.....	7
3.2	Système de classification .....	7
4	Exigences de sécurité .....	11
4.1	Remarques liminaires.....	11
4.2	Infrastructure.....	12
4.3	Matériel roulant .....	17
4.4	Exploitation .....	21
5	Interventions requises .....	23
5.1	Remarques liminaires.....	23
5.2	Infrastructure.....	24
5.3	Matériel roulant .....	26
5.4	Exploitation .....	29
6	Estimation des coûts .....	31
7	Mise en œuvre .....	36
7.1	Rectification des données.....	36
7.2	Consultation des exigences de sécurité auprès des entreprises de chemin de fer et des cantons .....	36
7.3	Planification juridique de la mise en œuvre .....	37
7.4	Planification financière de la mise en œuvre .....	39
7.5	Calendrier .....	39

## **Annexes**

A1 Liste des tunnels

A2 Autres mesures



# 1 Introduction

## 1.1 Situation initiale

Le 14 septembre 1999, le chef du DETEC a chargé l'OFT d'élaborer un rapport sur la sécurité dans les tunnels ferroviaires suisses. L'office a publié son rapport final sur la question en janvier 2001. Ce dernier donne un aperçu des caractéristiques techniques et opérationnelles des tunnels ferroviaires suisses, établit une classification fondée sur le risque et présente un large éventail de mesures à prendre. L'étude et les mesures proposées ciblent en premier lieu la sécurité personnelle des voyageurs.

Le présent rapport découle du même mandat et constitue la suite des travaux présentés dans le rapport de janvier 2001 (phase 2). Dans le cadre de cette deuxième phase, elle-même subdivisée en deux étapes, il s'agit d'abord de planifier la réalisation des mesures (étape A) puis d'attribuer les mandats et de commencer le travail (étape B).

L'étape A (plan de réalisation) a commencé en décembre 2001. Durant l'été 2002, en concertation avec l'OFT, les CFF ont lancé un projet portant sur des mesures de sécurité supplémentaires, fondées sur une analyse et une appréciation des risques [cf. ch. 1.5]. L'OFT a assuré le suivi de ce projet et a suspendu ses propres travaux jusqu'à la fin du projet des CFF. Ces derniers ont présenté leurs résultats au cours de l'automne 2003.

L'OFT a repris la réflexion en mars 2004 avec pour objectif de boucler l'étape A de la phase 2 (plan de réalisation) d'ici fin 2004. Le présent rapport est le résultat de ces travaux. L'office a décidé de mettre le présent rapport en consultation auprès des entreprises de chemin de fer et – dans le cadre de l'exécution de l'ordonnance sur la protection contre les accidents majeurs – auprès des cantons.

## 1.2 Description du projet

Le descriptif du projet résume le plan de réalisation (phase 2, étape A) en dix points:

- (1) Formuler des propositions pour l'utilisation future de la base de données sur les tunnels en se fondant sur les besoins de l'OFT.
- (2) Cataloguer les mesures proposées par les entreprises de chemin de fer (dans tous les domaines).
- (3) Classifier les tunnels dans des catégories par nature (p. ex. tunnels avec ferroutage, tunnels sans trafic marchandises, tunnels de funiculaires, etc.).
- (4) Comparer entre eux les tunnels d'une même catégorie, en tenant compte notamment des mesures proposées par les entreprises de chemin de fer.
- (5) Déterminer l'état de la technique de sécurité pour chaque catégorie de tunnel.
- (6) Formuler des propositions concernant les mesures complémentaires requises pour certains tunnels.
- (7) Estimer le coût projeté des mesures proposées.
- (8) Préparer les bases de décision ainsi qu'une proposition pour la réalisation d'une campagne de prévention.
- (9) Déterminer les possibilités juridiques de réaliser les mesures.
- (10) Planifier la réalisation.

Le présent rapport aborde les points (3) à (7), (9) et (10). Les points (1), (2) et (8) seront traités séparément.

Lorsque l'étape A (plan de réalisation) sera achevée, l'étape B (réalisation) pourra se concrétiser et les mesures être mises en œuvre.

### 1.3 Déroulement

La formulation et la fixation d'exigences de sécurité différenciées par catégories de tunnels sont le point central de l'étape A. Le déroulement général est résumé à la figure 2.

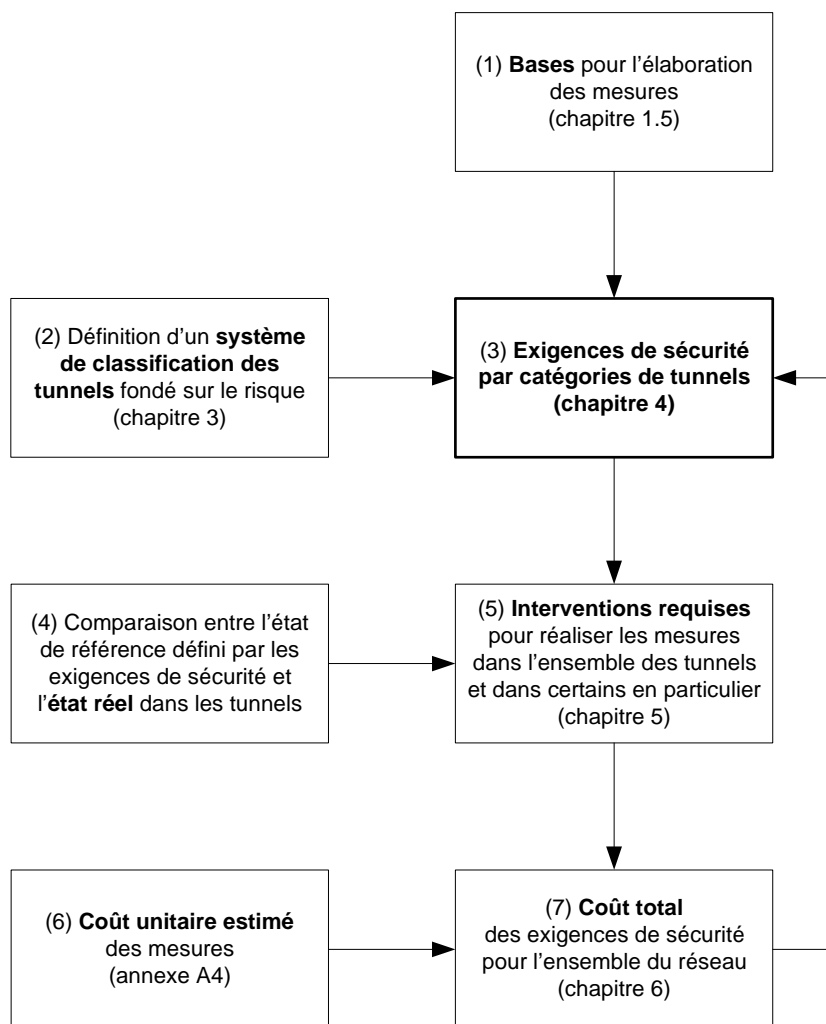


Figure 2: *Processus de définition des exigences de sécurité*

L'estimation du coût total sert avant tout à déterminer la faisabilité financière des exigences de sécurité.

Dans un premier temps, le plan de réalisation a été élaboré au sein de l'office. Les entreprises de chemin de fer sont maintenant associées à la réflexion par le biais du présent rapport.

## 1.4 Délimitation du projet

Les exigences de sécurité sont applicables aux tunnels en exploitation (tunnels existants, sauf tunnels de funiculaires).

La classification des tunnels et les exigences de sécurité visent en priorité la sécurité des personnes lors du franchissement des ouvrages (voyageurs et personnel des trains). Les exigences formulées dans le présent rapport ne traitent ni de la sécurité du personnel travaillant dans les tunnels mais hors des trains, ni de la sécurité des services de secours durant les interventions.

La sécurité des personnes et de l'environnement lors d'accidents impliquant des marchandises dangereuses fait l'objet de l'ordonnance sur la protection contre les accidents majeurs (OPAM). Si le rapport succinct établi conformément à l'OPAM conclut que la fréquence d'accidents graves dans le tunnel est suffisamment faible, les présentes exigences de sécurité sont aussi appropriées pour les accidents majeurs. Si la fréquence n'est pas suffisamment faible, d'autres exigences de sécurité peuvent s'imposer.

## 1.5 Bases

Le présent rapport s'appuie sur une ample documentation relayant de nombreuses études et analyses menées par l'OFT et par d'autres organismes. Les cinq documents suivants sont particulièrement importants:

- [1] Office fédéral des transports, Rapport final sur la sécurité dans les tunnels ferroviaires suisses, janvier 2001.
- [2] NATIONS UNIES, Comité des transports intérieurs, Recommandations du Groupe pluridisciplinaire spécial d'experts de la sécurité dans les tunnels ferroviaires, TRANS/AC.9/9, 1<sup>er</sup> décembre 2003.
- [3] Union internationale des chemins de fer, Code UIC, fiche 779-9 «Sécurité dans les tunnels ferroviaires», septembre 2003.
- [4] Société suisse des ingénieurs et des architectes, Normes SIA 197 (Projets de tunnels, Bases générales), 197/1 (Projets de tunnels, Tunnels ferroviaires), 1<sup>er</sup> octobre 2004.
- [5] Chemins de fer fédéraux suisses, Sicherheit bestehender Eisenbahntunnels, 23 mars 2003.

Les informations relatives aux ouvrages sont issues de la base de données de l'OFT sur les tunnels, état à fin 2001, ainsi que des informations relevées dans le cadre des procédures d'approbation des plans qui ont eu lieu depuis 2001 (mesures réalisées).

## 2 Objectifs de sécurité et principes

La sécurité dans les tunnels ferroviaires suisses est élevée, mais malgré la très faible probabilité de réalisation des risques, un incident n'est jamais totalement exclu. Or un accident dans un tunnel peut avoir des conséquences graves. C'est pourquoi il faut adopter des normes de sécurité adéquates dans les domaines de la prévention des incidents, de la réduction de l'impact, du secours autonome et des services de secours.

Les exigences de sécurité proposées dans le présent rapport ont pour objectif de garantir un niveau de sécurité approprié pour les voyageurs et le personnel des trains lors du franchissement des tunnels ferroviaires. L'amélioration de la sécurité dans les tunnels existants est l'un des objectifs déclarés de l'OFT.

Les dispositions applicables à l'ensemble du réseau ferroviaire pour prévenir les incidents ou réduire leur impact sont aussi efficaces dans les tunnels. Elles constituent donc le point de départ de la réflexion menée ici. Les exigences de sécurité examinées dans le présent rapport visent les risques spécifiques aux tunnels ou qui ont des conséquences plus graves lorsqu'ils se réalisent dans un tunnel. L'incendie est un exemple typique.

Les mesures de sécurité découlant de ces exigences doivent être conformes au principe de proportionnalité. C'est pourquoi l'ampleur du risque dans le tunnel considéré, l'efficacité de la mesure et son coût doivent être mis en balance lors de la fixation des exigences.

Le risque est défini en fonction du risque *collectif* de préjudice corporel et il correspond à la probabilité de sinistre pour *un* tunnel durant *une* année d'exploitation. Cet aspect est essentiel pour définir des catégories de tunnels et pour évaluer la proportionnalité des mesures. Le nombre de trains qui franchissent le tunnel durant un an étant intégré dans la valeur du risque, les tunnels qui affichent la plus forte densité de trafic sont aussi ceux qui présentent les risques les plus élevés. Des mesures considérées comme judicieuses dans ces cas pourraient donc s'avérer totalement disproportionnées dans des tunnels moins fréquentés.

Les coûts pris en compte sont les coûts d'investissement (infrastructure, matériel roulant) et les coûts induits, qui sont dus à une maintenance plus intense ou à une perte de recettes (p. ex. dans le cas d'une restriction d'exploitation). Ces deux types de coûts sont considérés sur un pied d'égalité.

Les exigences de sécurité ont été conçues sur un modèle à quatre volets:

- Prévention des incidents
- Réduction de l'impact

- Secours autonome
- Services de secours

Il ne serait pas judicieux de se focaliser uniquement sur la prévention ou sur le sauvetage.

La **prévention des incidents** recouvre ce qui se fait traditionnellement en matière de sécurité ferroviaire. Dans les tunnels, il s'agit essentiellement de prévenir certains types de dangers, ce qui nécessite d'envisager des mesures supplémentaires (dispositifs de détection, optimisation de l'exploitation, etc.).

Depuis de nombreuses années, le principe de **réduction de l'impact** postule qu'en cas d'incendie, le train doit quitter le tunnel s'il le peut. La concrétisation de ce postulat passe principalement par des exigences concernant le matériel roulant. Ces exigences ont une grande importance, à plus forte raison parce qu'elles déploient leurs effets sur l'ensemble du réseau.

La simplification du **secours autonome** requiert la plupart du temps des mesures d'infrastructure (chemins de fuite sans obstacle, éclairage, balisage). C'est pourquoi la question de la proportionnalité se pose très rapidement, surtout dans les longs tunnels peu fréquentés. Mais l'amélioration de l'infrastructure de secours autonome étant l'une des rares mesures efficaces lors d'un incendie avec immobilisation du train, il faut y consentir partout où des mesures spécifiques aux tunnels sont jugées nécessaires.

Les **services de secours** ne peuvent pas arriver sur place avec la rapidité requise pour combattre un incendie. C'est surtout le cas pour les tunnels existants, qui présentent souvent des conditions topographiques très défavorables. Néanmoins les services de secours doivent avoir la possibilité d'accéder aux tunnels, que ce soit par la voie ferroviaire (train d'extinction et de sauvetage) ou en passant par les portails. Il faut aussi penser à l'évacuation des blessés.

La protection des services de secours n'est pas traitée dans le présent rapport. On relèvera simplement que les forces qui interviennent dans les tunnels doivent être dotées d'un équipement spécial.

## 3 Système de classification des tunnels

### 3.1 Remarques liminaires

Le système de classification sert à recenser et à regrouper les tunnels ferroviaires qui ont des caractéristiques communes. La classification a été définie de telle sorte que tous les tunnels appartenant à une catégorie présentent un risque de préjudice corporel comparable, l'objectif étant de déterminer – pour l'ensemble des tunnels de chaque catégorie – un train de mesures standard fondé sur le risque.

Le système de classification doit répondre aux exigences suivantes:

- Un tunnel doit pouvoir être classé à l'aide de quelques paramètres simples et quantifiables.
- Les critères de classification doivent intégrer les principaux facteurs de risque afin que le système fournisse toujours une image réaliste du risque effectif.
- La création de catégories différenciées n'a de sens que si à chaque catégorie correspond un train de mesures ou des exigences spécifiques.

Ces quinze dernières années, plusieurs analyses quantitatives des risques liés aux tunnels ainsi que des évaluations des mesures envisageables ont été menées en Suisse. Ces études ont livré des informations essentielles sur les principaux facteurs de risque de préjudice corporel. Elles ont aussi servi de fondement à une évaluation quantitative de la proportionnalité des mesures de sécurité concernant les tunnels. Le système de classification repose donc sur des bases solides.

Les caractéristiques propres à quelques tunnels seulement, et qui ont une influence sur le risque ou nécessitent des mesures très spécifiques, sont prises en considération à titre complémentaire.

### 3.2 Système de classification

#### Critères principaux

Le système de classification des tunnels repose sur trois critères qui permettent généralement de délimiter le risque de préjudice corporel avec une assez grande précision.

- **Système de tunnel**, c'est-à-dire à voie unique ou à double voie  
Compte tenu de la typologie des incidents (avec ou sans interactions, notamment en relation avec les marchandises dangereuses) ainsi que de l'espace restreint à disposition

dans les tunnels, il paraît judicieux d'établir une distinction fondamentale entre les ouvrages à voie unique et ceux à double voie.

- **Longueur du tunnel**, subdivisée en 5 classes

Lors d'un incendie, en cas d'immobilisation du train, la longueur du tunnel a une influence décisive. En effet, les chances de succès du secours autonome dépendent alors principalement de la longueur des chemins de fuite, laquelle dépend généralement de la longueur du tube (dans les tunnels existants).

- **Densité du trafic**, exprimée en nombre de trains par jour dans les deux sens

Le risque de préjudice corporel croît presque proportionnellement à la densité du trafic. Les tunnels comprenant deux tubes à voie unique sont classés comme tunnels à voie unique dans la mesure où l'on considère la densité du trafic par tube. Les chiffres sur le trafic utilisés pour la classification datent de l'année 2000. Le changement d'horaire intervenu en décembre 2004 pourrait donc rendre nécessaires quelques adaptations.

La classification a été établie sur la base de données actuelles ou d'estimations sur l'évolution du trafic. Cela signifie que la classification d'un tunnel peut changer au cours du temps.

Longueur	Tunnel à voie unique			Tunnel à double voie		
	moins de 50 trains par jour	de 50 à 150 trains par jour	plus de 150 trains par jour	moins de 100 trains par jour	de 100 à 300 trains par jour	plus de 300 trains par jour
moins de 300 m	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>
de 300 à 1000 m	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
de 1000 à 3000 m	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>E</b>
de 3000 à 10 000 m	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>E</b>	<b>E</b>
plus de 10 000 m	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>E</b>	<b>E</b>

Figure 3: Classification générale des tunnels dans les catégories A à E

Commentaire *général* concernant la classification des tunnels (dans certains cas, des critères complémentaires pourraient déboucher sur des conclusions différentes):

- Catégorie A: aucune mesure spécifique ne doit être prise.
- Catégorie B: d'une manière générale, aucune mesure spécifique ne doit être prise. Il faut toutefois examiner l'opportunité de mesures spécifiques aux tunnels si la fréquence d'accidents graves n'est pas suffisamment faible (cf. OPAM).
- Les tunnels à voie unique de 1000 à 3000 m fréquentés par moins de 50 trains par jour ainsi que les tunnels à double voie de 1000 à 3000 m fréquentés par moins de 100 trains par jour sont attribués à la catégorie B car, en application du critère de proportionnalité, ils présentent un risque faible ne justifiant pas l'adoption de mesures spécifiques.



- Cette délimitation correspond à la pratique actuelle des entreprises de chemin de fer en matière d'infrastructure de secours autonome.
- Des mesures spécifiques doivent être prises dans les tunnels des catégories C, D et E.

### **Critères complémentaires**

Les critères complémentaires permettent de tenir compte d'autres caractéristiques influant sur la nature et l'ampleur du risque. Ils peuvent entraîner d'autres exigences de sécurité que celles propres à la catégorie principale.

Sont définis comme critères complémentaires:

- le transport de marchandises dangereuses, lorsque la fréquence d'accidents graves ( $H_s$ ) n'est pas suffisamment faible;
- le ferroutage, lorsque les voyageurs restent dans leur véhicule;
- la chaussée roulante;
- une suite de tunnels, c'est-à-dire un enchaînement d'ouvrages où la distance entre les portails de deux tunnels est inférieure à la longueur d'un convoi voyageurs; ce critère s'applique par analogie lorsque les tunnels sont reliés par des ponts ou des galeries;
- la section des tunnels à voie unique, lorsque l'espace à disposition ne permet pas de descendre du train par les portes latérales;
- l'appel d'air, notamment dans les tunnels où il y a une grande dénivellation entre les portails;
- les réseaux à voie étroite.

Les critères complémentaires n'influent pas sur la classification des tunnels.

### 3.3 Classification des tunnels

Longueur	Tunnels à voie unique			Tunnels à double voie		
	moins de 50 trains par jour	de 50 à 150 trains par jour	plus de 150 trains par jour	moins de 100 trains par jour	de 100 à 300 trains par jour	plus de 300 trains par jour
moins de 300 m	A	A	A	A	A	A
de 300 à 1000 m	B	B	B	B	B	C Born Enge Gütsch Kreuzliberg Stettbach Tiefenau Wiedikon- Ulmerberg Wipkingen
de 1000 à 3000 m	B	C Axenberg Bruggwald Frohnalp Hondrich I et II Locarno Lopper I Lopper II Tunnel urbain de Lucerne	C Magnacun Monte Ceneri Mont-Sagne Ölberg Rosshäusern Tasna Zimmeregg Riesbach Zimmerberg	B	C Bözberg Emmequerung Zurich-Aéroport Freggio Genève-Aéroport Hagenholz Hersiwil Kehrtunnel BLS Langenthal Leggistein Loèche Morschach Naxberg Pfaffensprung Pianotondo Prato Raisse (La) Riedschuk Rosenberg Sihl St-Aubin-Sauges Travi Varonne Vauderens Vigneule Wattigen Zumikon	E Hirschengraben Käferberg Schanze Schwamendingen
de 3000 à 10 000 m	C Albula Grenchenberg Jungfrau Mittelgraben II	D Loges (Des) Mont-d'Or Ricken Stutzeck-Axenberg Wasserfluh Weissenstein	D Albis	C	E Adler Grauholz Hauenstein (base) Kerenzerberg Murgenthal Önzberg Zimmerberg (base)	E Heitersberg Zürichberg
plus de 10 000 m	C Simplon	D Furka (base) Vereina		C	E Saint-Gothard Löetschberg	E

Figure 4: Tunnels classés dans les catégories C à E. Tableau synoptique général à l'annexe A1.

---

## 4 Exigences de sécurité

### 4.1 Remarques liminaires

Les exigences de sécurité sont formulées en fonction du but à atteindre et offrent une certaine marge de manœuvre au niveau de la réalisation. Les détails feront l'objet de directives, spécifications et autres documents de nature réglementaire.

Les exigences de sécurité et leur affectation aux catégories de tunnels ont été décidées sur la base de la pratique courante des entreprises de chemin de fer, de l'évolution des normes ainsi que d'analyses de risques concrètes et d'évaluations de mesures (cf. ch. 1.5, Bases).

La pertinence des exigences de sécurité pour les différentes catégories de tunnels est indiquée dans les colonnes A à E des tableaux ci-dessous. Les codes suivants ont été utilisés:

X Réaliser la mesure.

P Prouver l'opportunité et la proportionnalité de la mesure et justifier la décision de la réaliser ou de ne pas la réaliser.

Des explications supplémentaires figurent dans la colonne «Observations».

Les critères de classification des tunnels et les exigences de sécurité fixent un cadre assez rigide pour définir les cas dans lesquels une mesure spécifique doit être réalisée. Cela n'entraîne cependant pas de décision automatique, surtout lors de l'évaluation des projets, dans la procédure d'approbation des plans.

Des divergences sont notamment possibles dans les cas suivants:

- L'entreprise peut s'écarter des exigences de sécurité si d'autres mesures sont réalisées et permettent d'atteindre le même niveau de sécurité. Il incombe à l'entreprise responsable d'en apporter la preuve. L'OFT fixe les exigences en la matière.
- Un écart est aussi possible lorsque la mesure est disproportionnée. Il incombe à l'entreprise responsable d'en apporter la preuve.
- L'appréciation d'une situation spécifique peut amener l'OFT à fixer des exigences de sécurité plus ou moins strictes que la norme. En tout état de cause, les caractéristiques du tunnel sont déterminantes.
- Lors de la réfection d'un tunnel, il convient d'examiner la proportionnalité de mesures allant au-delà des exigences si elles peuvent être réalisées avantageusement (p. ex. mesures de la catégorie C dans un tunnel B).

## 4.2 Infrastructure

### 4.2.1 Mesures techniques

N°	Exigence	A	B	C	D	E	Observations
101	<b>Banquettes</b> (1) Une surface de cheminement plane et stable doit être aménagée le long d'au moins une paroi du tunnel, à l'intérieur de la section actuelle.			X	X	X	Aménagement d'un seul côté – même dans les tunnels à double voie – s'il n'y a pas encore de banquette.
	(2) Les personnes qui fuient doivent avoir la possibilité de quitter le tunnel par le portail ou les issues de secours en toute sécurité, afin de se rendre à un lieu de rassemblement identifiable comme tel, hors du tunnel.			X	X	X	cf. Lieux de rassemblement (I07)
	(3) Dans les tunnels à voie unique trop étroits pour permettre le dégagement d'évacuation, il faut envisager la possibilité d'élargir le profil de l'ouvrage lors de la prochaine réfection totale.			P	P	P	
102	<b>Eclairage de secours</b> (1) La banquette doit être équipée d'un éclairage de secours afin de faciliter le cheminement. La hauteur de ce dispositif se détermine en fonction des fumées qui envahissent le tunnel en cas d'incendie.			X	X	X	
	(2) L'éclairage de secours doit pouvoir être enclenché de l'intérieur du tunnel (bouton d'alarme) et à partir de la centrale d'exploitation.			X	X	X	Les boutons d'alarme doivent être couplés à l'éclairage de secours.
	(3) Pour tenir compte du risque de détérioration du tube, l'éclairage de secours doit être segmenté en secteurs autonomes d'une longueur maximale de 500 m.			X	X	X	
103	<b>Balisage des chemins de fuite</b> Les chemins de fuite doivent être balisés le long des banquettes, jusqu'aux lieux de rassemblement. La signalétique doit être appliquée de manière bien visible, près de l'éclairage de secours. Elle doit comporter des indications de direction et de distance.			X	X	X	
104	<b>Main courante / planche de guidage</b> Une main courante doit être installée le long de la banquette. Si l'espace disponible est insuffisant, elle peut être remplacée par une planche de guidage fixée à la paroi du tunnel. La main courante doit contourner les obstacles et être interrompue lorsqu'il y a un refuge.			X	X	X	

N°	Exigence	A	B	C	D	E	Observations
<b>105</b>	<b>Issues de secours</b> (1) Les voies de communication avec l'extérieur doivent être transformées en issues de secours, si elles s'y prêtent. Les conditions requises sont: un bon état technique, une courte distance jusqu'à l'air libre ainsi que la possibilité de sortir à l'air libre sans danger.			P	P	P	
	(2) Lorsque le tracé de la ligne est proche de la surface, il faut examiner la faisabilité de sorties de secours.					P	Petits puits ou galeries latérales. Si le risque est élevé et la distance courte, cette mesure peut se révéler très efficace du point de vue financier.
	(3) A l'instar des banquettes, les issues de secours doivent être dotées d'une surface de cheminement sans obstacle, d'un éclairage de secours, d'une main courante et d'un balisage du chemin de fuite. Elles doivent également être équipées d'une porte de sortie.			X	X	X	Les portes ont pour but d'empêcher l'accès des personnes non autorisées.
	(4) Les issues de secours doivent être protégées contre l'envahissement par les fumées.			X	X	X	La nécessité de mesures de protection (p. ex. un sas) dépend de la hauteur du puits ou de la longueur de la galerie.
<b>106</b>	<b>Rameaux de communication</b> (1) Les rameaux de communication qui relient déjà les tubes d'un tunnel doivent être aménagés en chemins de fuite.			P	P	P	
	(2) S'il existe un tube adjacent ou une autre cavité conduisant à l'extérieur à proximité immédiate du tunnel, il faut envisager la possibilité de créer des rameaux de communication.			P	P	P	
	(3) A l'instar des banquettes, les rameaux de communication doivent être dotés d'une surface de cheminement plane et sans obstacle, d'un éclairage de secours et d'un balisage du chemin de fuite.			X	X	X	
	(4) Le tube (ou le local) adjacent doit être protégé contre l'envahissement par les fumées.			X	X	X	
<b>107</b>	<b>Lieux de rassemblement</b> Des places pouvant accueillir un grand nombre de personnes doivent être aménagées à l'extérieur des portails et des issues de secours. Elles doivent pouvoir être identifiées comme telles par les voyageurs (plan d'intervention).			X	X	X	Si les conditions topographiques n'offrent pas d'autre solution, les voies peuvent aussi être utilisées à cette fin.
<b>108</b>	<b>Aires d'atterrissage pour hélicoptères</b> L'appui des hélicoptères doit être réglé dans le plan d'intervention. Les aires d'atterrissage ainsi que les itinéraires jusqu'aux portails et aux issues de secours doivent être signalés dans le plan d'intervention.			X	X	X	Ces aires d'atterrissage ne nécessitent aucun aménagement technique et ne comportent pas de restriction d'utilisation pour le propriétaire du terrain.

N°	Exigence	A	B	C	D	E	Observations
I09	<b>Accès aux portails et aux issues de secours</b> (1) Lorsque le <i>corps des sapeurs-pompiers local</i> est le <i>premier intervenant</i> désigné dans le plan d'intervention, les portails et les issues de secours doivent être desservis par une route accessible aux véhicules lourds et dotée d'une place de manœuvre. En théorie, la distance à pied de la route jusqu'au portail ne devrait pas excéder 50 m.			X	X	X	L'entreprise de chemin de fer et les services de secours locaux se concertent au sujet de la première intervention. Des conventions s'écartant de ces principes pourront être conclues si elles débouchent sur un résultat équivalent.
	(2) Si aucun accès n'est possible par la route ou si la création d'une desserte serait disproportionnée, le transport des services de secours jusqu'au tunnel <i>doit</i> impérativement se faire au moyen d'un train d'extinction et de sauvetage ou d'un véhicule ferroviaire comparable.			X	X	X	Généralement, la construction de nouveaux accès aux portails des tunnels n'est pas conforme au critère de proportionnalité.
	(3) Lorsque l'intervention d'un train d'extinction et de sauvetage ou d'un véhicule ferroviaire comparable est prévue, il <i>faut</i> tout de même envisager la création d'une desserte routière des portails et des issues de secours. En théorie, la distance à pied de la route jusqu'au portail ne devrait pas excéder 50 m.			P	P	P	Cet examen est obligatoire lorsque des chemins ou des routes conduisent déjà jusqu'à proximité du portail.
I10	<b>Alimentation en eau d'extinction dans la zone des portails</b> (1) L'aménagement des prises d'eau situées <i>dans la zone des portails</i> doit être consolidé afin d'assurer l'approvisionnement en eau du train d'extinction et de sauvetage ou l'alimentation directe des services de secours locaux (si cela est prévu dans le plan d'intervention).			X	X	X	
	(2) La consolidation a pour but de garantir l'accès à la prise d'eau ainsi que la fonctionnalité de ladite prise d'eau.			X	X	X	
	(3) Les prises d'eau doivent être signalées dans le plan d'intervention.			X	X	X	Cette exigence vaut pour toutes les prises d'eau, y compris celles qui ne sont pas consolidées.
I11	<b>Alimentation en courant électrique pour les services de secours</b> Les raccordements et les prises électriques doivent être aménagés et signalés de sorte qu'ils puissent être utilisés par les services de secours.			X	X	X	La tension et la puissance disponibles doivent être compatibles avec les équipements des services de secours.
I12	<b>Moyens de communication pour les services de secours propres et tiers</b> (1) Lorsque les services de secours de l'entreprise de chemin de fer (train d'extinction et de sauvetage) sont le premier intervenant désigné, ils doivent disposer d'un moyen de communication sans fil à l'intérieur du tunnel et vers l'extérieur.			X	X	X	cf. Communication entre la centrale d'exploitation et le train (I23) ainsi que Téléphone ou interphone de secours (I24)

N°	Exigence	A	B	C	D	E	Observations
	(2) Lorsque les services de secours locaux (corps des sapeurs-pompiers) sont le premier intervenant désigné, ils doivent disposer d'un moyen de communication sans fil à l'intérieur du tunnel et vers l'extérieur.			X	X	X	
	(3) S'il est prévu que les services de secours de l'entreprise de chemin de fer et les sapeurs-pompiers locaux interviennent conjointement, la communication entre eux doit être garantie.			X	X	X	
<b>I13</b>	<b>Ventilation de secours</b> Il faut examiner l'opportunité d'un système de ventilation de secours permettant d'influer sur la propagation des fumées dans le tunnel.					P	On peut renoncer à un examen spécifique à l'ouvrage si une étude fondamentale ou une modélisation apporte des arguments suffisants.
<b>I14</b>	<b>Contrôle de l'appel d'air</b> (1) Lorsqu'il y a un appel d'air fort et constant – c'est généralement le cas quand il y a une grande dénivellation entre les portails –, l'écoulement de l'air doit être pris en considération dans les plans d'intervention et d'évacuation.			X	X	X	
	(2) Dans ces tunnels, il convient d'examiner les mesures qui peuvent être prises pour influencer sur l'appel d'air en cas d'incident.			P	P	P	
<b>I15</b>	<b>Pente transversale suffisante dans le tunnel</b> Lors de la réfection totale d'un tunnel ou de la voie ferrée d'un tunnel existant, il faut envisager la création d'une pente transversale suffisante afin de réduire le risque de formation de flaques à la suite de fuite.			P	P	P	Mesure de sécurité en rapport avec la protection contre les accidents majeurs.

#### 4.2.2 Equipements ferroviaires

N°	Exigence	A	B	C	D	E	Observations
<b>I20</b>	<b>Aiguilles dans les tunnels</b> Le nombre d'aiguilles doit être limité au minimum requis par les impératifs opérationnels.			P	P	P	La démonstration de la nécessité opérationnelle incombe à l'entreprise de chemin de fer.
<b>I21</b>	<b>Contrôle de la marche des trains</b> (1) Il faut installer un système de contrôle de la marche des trains lorsque des signaux précèdent une aiguille située dans un tunnel (changement de voie, croisement, bifurcation).			X	X	X	Défini comme un système empêchant le franchissement d'un signal d'arrêt ou le dépassement de la vitesse maximale autorisée à l'approche d'une aiguille.
	(2) Si des arrêts fréquents sont programmés à des signaux (croisements), il faut aussi prévoir un dispositif anti-démarrage.			X	X	X	

N°	Exigence	A	B	C	D	E	Observations
	(3) On peut renoncer à cette mesure lorsque la surveillance de la vitesse n'est pas compatible, techniquement, avec le système de signalisation installé et si les trains circulent à basse vitesse dans le secteur de l'aiguille.			P	P	P	
<b>I22</b>	<b>Contrôle des trains: détecteur de frein serré et de boîte chaude</b> (1) Les tunnels à double voie accueillant un trafic mixte voyageurs–marchandises doivent être intégrés dans un réseau de contrôle des trains. Ce réseau de surveillance doit englober les principaux tronçons fréquentés par les trains de marchandises qui empruntent ces tunnels.			X		X	Cette mesure inclut aussi les dispositions d'organisation qui doivent être prises pour identifier et contrôler les trains avant le franchissement des tunnels visés.
	(2) Sur les tronçons de la chaussée roulante, la détection de boîte chaude et de frein serré doit être étendue aux wagons de la chaussée roulante.			X	X	X	
<b>I23</b>	<b>Communication entre la centrale d'exploitation et le train</b> Une communication fiable doit être garantie entre la centrale d'exploitation et le mécanicien.			X	X	X	
<b>I24</b>	<b>Téléphone ou interphone de secours</b> (1) Les téléphones de ligne installés doivent être équipés pour une utilisation en cas d'urgence et être identifiables comme téléphones de secours (utilisation simple, liaison directe avec la centrale d'exploitation).			X	X	X	
	(2) En lieu et place de téléphones de secours, il est possible d'installer un système d'interphone de secours doté d'autres fonctions de sécurité (bouton d'alarme).			P	P	P	
<b>I25</b>	<b>Déclenchement de la caténaire et mise à terre</b> (1) Seules les personnes dûment formées et certifiées peuvent procéder à la mise à terre. Les personnes autorisées doivent être désignées dans le plan d'intervention.			X	X	X	Le plan d'intervention définit qui fait la mise à terre et comment.
	(2) Les dispositifs de mise à terre doivent être préparés selon les modalités prévues dans le plan d'intervention. a) Dispositifs de mise à terre en profil d'espace libre (perche de mise à la terre ou installation fixe) installés près des portails et des autres accès au tunnel. b) Dispositifs de mise à terre apportés par le service de secours que le plan d'intervention désigne comme premier intervenant.			X	X	X	



N°	Exigence	A	B	C	D	E	Observations
	(3) Dans les tunnels comportant plusieurs tronçons de caténaire, la mise à la terre doit être garantie pour tous les tronçons.			X	X	X	
	(4) Du lieu où se fait la mise à la terre, il doit être possible de communiquer avec le poste de déconnexion et/ou avec la centrale d'exploitation.			X	X	X	Il n'y a aucune prescription quant à la forme de la communication, à savoir radio ou câble.
<b>I26</b>	<b>Création de tronçons de caténaire</b> Lors du renouvellement de la caténaire dans un tunnel existant, il faut envisager la création de plusieurs tronçons afin qu'une panne de caténaire n'affecte pas l'ensemble du tunnel.			X	X	X	

### 4.3 Matériel roulant

#### 4.3.1 Trains voyageurs

N°	Exigence	A	B	C	D	E	Observations
<b>R01</b>	<b>Dispositif anti-immobilisation (pontage du frein d'urgence / freinage d'urgence sur demande)</b> (1) Ce système permet au machiniste d'intervenir dans le processus de freinage, soit en choisissant le point d'arrêt, soit en ayant la possibilité de redémarrer immédiatement après l'immobilisation du train. a pour les véhicules neufs b pour les véhicules transformés			X	X	X	Selon les DE-OCF, l'entreprise ferroviaire définit sur la base d'une analyse de risques l'équipement des véhicules voyageurs avec un dispositif de demande de freinage d'urgence ou de pontage du frein d'urgence. Egalement recommandé par l'UIC et l'UNECE.
	(2) Lorsque le matériel roulant destiné au transport des voyageurs ne satisfait pas à ces exigences, il faut adopter des mesures de substitution techniques et / ou organisationnelles destinées à réduire le risque d'incendie, dans la mesure des possibilités matérielles et économiques.			X	X	X	
<b>R02</b>	<b>Plaquette d'information sur le frein d'urgence</b> Une plaquette d'information doit équiper tous les véhicules dotés d'un frein d'urgence lorsque celui-ci ne peut pas être neutralisé ou qu'il ne s'agit pas d'un frein d'urgence sur demande (Il est interdit d'actionner le frein d'urgence dans les tunnels!).	X	X	X	X	X	Cette exigence est également valable pour le matériel roulant en service, y compris pour les voitures d'accompagnement de la chaussée roulante.
<b>R03</b>	<b>Protection incendie des voitures et des rames automotrices</b> (1) Dans les véhicules neufs ou transformés, les matériaux utilisés pour l'aménagement intérieur et les vitres des fenêtres ne doivent pas être facilement combustibles ni dégager des produits de décomposition toxiques.	X	X	X	X	X	Cette exigence correspond à l'art. 48.3, ch. 2, DE-OCF.

N°	Exigence	A	B	C	D	E	Observations
	(2) Lorsque le matériel roulant destiné au transport des voyageurs ne satisfait pas à ces exigences, il faut adopter des mesures de substitution techniques et / ou organisationnelles destinées à réduire le risque d'incendie, dans la mesure des possibilités matérielles et économiques.			X	X	X	P. ex. interdiction de fumer, remplacement des matériaux hautement inflammables, prévention des dépôts de saleté, surveillance.
<b>R04</b>	<b>Capacité de mouvement des voitures et des rames automotrices en cas d'urgence</b> (1) Les véhicules doivent être conçus de sorte que le train puisse rester en mouvement le plus longtemps possible (15 minutes au moins). Les matériaux utilisés doivent donc avoir des propriétés préservant la stabilité et la forme du véhicule. Le câblage du système de contrôle et de commande doit être protégé (emplacement optimal, résistance au feu). a pour les véhicules neufs b pour les véhicules transformés			X P	X P	X P	
	(2) Lorsque le matériel roulant destiné au transport des voyageurs ne satisfait pas à ces exigences, il faut adopter des mesures de substitution techniques et / ou organisationnelles, dans la mesure des possibilités matérielles et économiques.			X	X	X	
<b>R05</b>	<b>Communication</b> (1) Haut-parleurs Tous les véhicules, neufs ou transformés, doivent être dotés de haut-parleurs à l'intérieur afin que le personnel puisse informer les voyageurs.			X	X	X	Formulation selon Directive sur l'interopérabilité.
	(2) Communication personnel d'accompagnement– conducteur de véhicule moteur Tous les véhicules, neufs ou transformés, doivent être dotés d'un dispositif permettant au personnel d'accompagnement d'entrer en rapport avec le conducteur.			X	X	X	Formulation conforme à la Directive sur l'interopérabilité, sans le complément précisant que les passagers doivent pouvoir communiquer avec le conducteur de véhicule moteur.  La nature de la liaison n'est pas spécifiée.

N°	Exigence	A	B	C	D	E	Observations	
	<p>(3) Communication voyageurs–conducteur de véhicule moteur            Cette liaison doit permettre aux voyageurs de communiquer avec le conducteur en cas d'accident (notamment s'il y a un dispositif de demande de freinage d'urgence, pour confirmer la raison pour laquelle le frein d'urgence a été actionné).</p> <p>a pour les véhicules neufs</p> <p>b pour les véhicules transformés</p> <p>c Lorsque le matériel roulant destiné au transport des voyageurs ne satisfait pas à ces exigences, il faut adopter des mesures de substitution techniques et / ou organisationnelles, dans la mesure des possibilités matérielles et économiques.</p>			X	X	X	Cette exigence est en opposition avec les recommandations formulées dans la feuille de route pour le tunnel de base du Lötschberg, mais la mesure n'est obligatoire que pour le matériel neuf et là où des mesures de substitution peuvent être adoptées.	
				P	P	P		
				X	X	X		
	<p>(4) Information            Il faut garantir une information adéquate des voyageurs au moyen de mesures opérationnelles et organisationnelles (listes de contrôle en cas d'accident pour le personnel de train, formation du personnel).</p>			X	X	X		
<b>R06</b>	<p><b>Mise hors service de la climatisation dans les voitures et les rames automotrices</b>            Tous les véhicules neufs doivent être dotés d'un dispositif empêchant l'air extérieur de pénétrer à l'intérieur en cas d'incendie. La propagation des fumées dans la composition doit également être réduite au minimum.</p>			X	X	X		
<b>R07</b>	<p><b>Détecteur d'incendie</b>            Le véhicule tracteur est équipé d'un détecteur d'incendie avec alerte du conducteur.</p> <p>a pour les véhicules neufs</p> <p>b pour les véhicules transformés</p>			X	X	X		
				P	P	P		
<b>R08</b>	<p><b>Système d'extinction</b>            Les nouvelles locomotives utilisées comme véhicule tracteur télécommandé doivent être dotées d'un système d'extinction fixe à commande automatique ou manuelle.</p>			P	P	P	La proportionnalité et la faisabilité de cette mesure ne sont pas encore suffisamment établies pour rendre cette exigence obligatoire.	
<b>R09</b>	<p><b>Extincteurs portatifs</b>            Les voitures, y compris les voitures-lits, doivent avoir un extincteur portatif en dotation.</p> <p>a pour les véhicules neufs</p> <p>b pour les véhicules transformés</p>			X	X	X	Selon DE-OCF, déjà en vigueur pour les cabines de conduite («à proximité des cabines de conduite»); selon l'UIC, en vigueur pour toutes les voitures dans le trafic international.	
				P	P	P		

N°	Exigence	A	B	C	D	E	Observations
<b>R10</b>	<b>Masque de protection pour le conducteur de véhicule moteur</b> Les conducteurs ou les cabines de conduite doivent être équipés d'un masque de protection.			P	P	P	Par analogie à la feuille de route pour le tunnel de base du Lœtschberg.

#### 4.3.2 Ferroutage

N°	Exigence	A	B	C	D	E	Observations
<b>R20</b>	<b>Réception radio</b> Les tunnels de ferroutage où les voyageurs restent dans leur véhicule doivent être équipés pour la réception radio. La centrale d'exploitation doit pouvoir informer les voyageurs par radio.			X	X	X	N'est pas nécessaire lorsque les occupants quittent leur véhicule et voyagent dans une voiture d'accompagnement.
<b>R21</b>	<b>Informations aux passagers</b> Les voyageurs doivent être informés avant l'embarquement sur le comportement à adopter en cas d'incident (radio, comportement, demande de freinage d'urgence).	X	X	X	X	X	La vente des billets au guichet permet d'informer les voyageurs de manière très ciblée.
<b>R22</b>	<b>Dispositif anti-immobilisation</b> Sur la base d'une analyse des risques spécifique au tunnel considéré, l'installation d'un dispositif anti-immobilisation doit être envisagée si les voyageurs restent dans leur véhicule.			X	X	X	
<b>R23</b>	<b>Détecteur de déraillement</b> Sur la base d'une analyse des risques spécifique au tunnel considéré, l'installation de détecteurs de déraillement doit être envisagée si les voyageurs restent dans leur véhicule.			X	X	X	
<b>R24</b>	<b>Descente du véhicule en cas d'incident</b> Les voyageurs doivent avoir la possibilité de quitter leur véhicule en cas d'incident.			X	X	X	Vaut également pour les occupants des autocars.

#### 4.3.3 Chaussée roulante

Les mesures *Plaquette d'information sur le frein d'urgence (R02)*, *Communication (R05)* et *Extincteurs portatifs (R09)* définies pour les trains voyageurs s'appliquent par analogie aux voitures d'accompagnement de la chaussée roulante.

N°	Exigence	A	B	C	D	E	Observations
<b>R40</b>	<b>Informations aux usagers</b> Les usagers de la chaussée roulante doivent être informés avant le trajet sur les prescriptions de sécurité et sur le comportement à adopter en cas d'incident.	X	X	X	X	X	Éventuellement par le biais d'un tableau d'affichage dans la voiture d'accompagnement.
<b>R41</b>	<b>Détecteurs d'incendie dans les voitures d'accompagnement</b> Les compartiments-lits des voitures d'accompagnement doivent être équipés de détecteurs d'incendie.			X	X	X	
<b>R42</b>	<b>Cagoules de protection dans les voitures</b>						

N°	Exigence	A	B	C	D	E	Observations
	<p><b>d'accompagnement</b> Les voitures d'accompagnement doivent avoir des cagoules de protection en dotation pour tous les passagers.</p>			X	X	X	<p>Au niveau des risques, les trains de la chaussée roulante doivent être considérés comme des trains de marchandises, raison pour laquelle les passagers des voitures d'accompagnement doivent être traités comme le conducteur.</p> <p>Feuille de route pour le tunnel de base du Lötschberg: en cas d'incendie dans le tunnel de base, la chaussée roulante s'arrête. Le secours autonome se fait par les rameaux de communication vers le tube adjacent. Compte tenu des bonnes conditions de cette infrastructure, dans ce cas les cagoules de protection ne sont pas obligatoires.</p> <p>Les tunnels existants n'offrent cependant pas des conditions de secours autonome aussi favorables, raison pour laquelle il est judicieux d'imposer les cagoules de protection.</p>

#### 4.4 Exploitation

N°	Exigence	A	B	C	D	E	Observations
<b>B01</b>	<p><b>Séparation du trafic par nature</b> (1) Dans les tunnels à double voie, il faut envisager dès la conception de l'horaire de service la possibilité d'éviter des croisements planifiés entre trains de voyageurs et trains de marchandises dangereuses.</p>					P	Une séparation complète du trafic par nature n'est pas réalisable. Néanmoins, dans la mesure du possible la présence simultanée dans le tunnel doit être évitée (croisements et train suivant).
	<p>(2) Il faut éviter que l'horaire ne prévoie la présence simultanée dans le tunnel d'un train de marchandises dangereuses et d'un train voyageurs derrière lui.</p>				P	P	
<b>B02</b>	<p><b>Dispositions opérationnelles à prendre en cas d'incident</b> Les entreprises de chemin de fer prennent des dispositions organisationnelles et / ou techniques afin que, dans la mesure du possible, (1) les trains accidentés puissent quitter le tunnel en cas d'incident (signalisation);</p>	X	X	X	X	X	Le complément «dans la mesure du possible» tempère l'obligation de satisfaire à cette exigence.

N°	Exigence	A	B	C	D	E	Observations
	(2) les trains non impliqués puissent quitter le tunnel le plus rapidement possible;	X	X	X	X	X	
	(3) aucun autre train ne pénètre involontairement dans le tunnel;	X	X	X	X	X	
	(4) les passagers quittant un train dans le cadre d'une évacuation ne soient pas mis en danger par d'autres trains en marche;	X	X	X	X	X	
	(5) les tronçons dotés d'un dispositif anti-immobilisation soient signalés.	P	P	P	P	P	La signalisation des tronçons sur lesquels le conducteur doit neutraliser le frein d'urgence sera déterminée sur la base d'une analyse des risques.
<b>B03</b>	<b>Listes de contrôle sur le comportement en cas d'incident</b> (1) Des listes de contrôle sur le comportement à adopter en cas d'incident dans un tunnel doivent être établies à l'intention du personnel des trains et de la centrale d'exploitation. Ces listes traiteront au minimum des incidents suivants: - arrêt non planifié - incendie - collision et déraillement - fuite de marchandise dangereuse	X	X	X	X	X	
	(2) Le personnel doit être formé sur la manière d'utiliser ces listes.	X	X	X	X	X	
<b>B04</b>	<b>Plan d'intervention</b> (1) L'exploitant du tunnel établit un plan d'intervention en concertation avec les services de secours compétents. Ce document détaille toutes les dispositions de sécurité à prendre sur les plans technique et organisationnel lors d'une intervention dans le tunnel.	X	X	X	X	X	
	(2) Etablissement de plans détaillés des ouvrages.			P	X	X	En accord avec les autorités cantonales d'exécution.
<b>B05</b>	<b>Trains d'extinction et de sauvetage</b> Si le plan d'intervention prévoit le concours de trains d'extinction et de sauvetage ou de véhicules ferroviaires comparables dans le tunnel, leur disponibilité doit être garantie au moyen d'une organisation de piquet. Le lieu de stationnement des moyens ferroviaires, des moyens d'intervention et du personnel de secours doivent garantir une intervention rapide.			X	X	X	

## 5 Interventions requises

### 5.1 Remarques liminaires

Les interventions requises résultent de la différence entre les exigences de sécurité (état de référence) et l'état effectif du tunnel considéré (état réel). Cette comparaison permet d'abord de se faire une image globale des interventions rendues nécessaires par les exigences de sécurité et ensuite d'estimer approximativement les coûts induits par les mesures à prendre, lorsqu'il est possible de les quantifier.

Dans cette comparaison, une distinction de fond doit être établie entre l'infrastructure et le matériel roulant.

- Les exigences concernant l'infrastructure d'un tunnel découlent de la classification de ce dernier. La comparaison entre l'état de référence et l'état réel peut se faire individuellement pour chaque ouvrage.
- Les exigences concernant le matériel roulant découlent aussi de la classification du tunnel, mais elles s'appliquent à un parc de véhicules qui circulent dans les tunnels. Il est particulièrement difficile de quantifier l'équipement et l'utilisation des parcs de véhicules. Par conséquent, la comparaison entre les deux états ne peut être aussi précise que dans le cas de l'infrastructure.

Même pour l'infrastructure, les données disponibles et la formulation des exigences de sécurité ne permettent pas toujours de se prononcer définitivement sur les interventions requises. On distingue différents cas de figure:

- (a) Les exigences découlent uniquement de la classification du tunnel. Les interventions requises peuvent être quantifiées.
- (b) Les exigences à remplir découlent de la classification du tunnel ainsi que de conditions locales particulières. La plupart du temps, les conditions locales ne sont pas connues et doivent d'abord être évaluées par l'entreprise concernée. Les interventions requises ne peuvent pas être quantifiées pour le moment.
- (c) Les exigences nécessitent un examen et une évaluation de la part de l'entreprise. Le résultat de cet examen n'étant pas connu, il n'est pas encore possible d'envisager les interventions requises.

Les auteurs du présent rapport ont renoncé à demander des données détaillées aux entreprises de chemin de fer. L'estimation des interventions nécessaires repose donc sur les documents suivants:

- Base de données de l'OFT, état 2001
- Informations complémentaires rassemblées dans le cadre de procédures d'approbation des plans entre 2001 et 2004
- Informations fournies par des collaborateurs de l'OFT

Ces données n'ont pas été validées par les entreprises de chemin de fer et peuvent donc diverger de la situation effective à fin 2004.

Il faut encore souligner que le but n'est pas de déterminer les interventions requises pour chaque tunnel mais d'établir une première estimation des besoins financiers globaux liés à la réalisation des exigences de sécurité, sans fixer d'échéance.

## 5.2 Infrastructure

Pour la désignation exacte des exigences de sécurité, nous renvoyons le lecteur au chapitre 4.2.

- RÉFÉRENCE (état de): mesure à réaliser (X) ou à envisager (P), en fonction de la catégorie de tunnel.
- RÉEL (état): conforme aux exigences.

Exigence de sécurité		RÉFÉRENCE		RÉEL		Interventions requises	
		Nombre tunnels	soit km	Nombre tunnels	soit km	Nombre tunnels	soit km
Infrastructure de secours autonome I01: Banquettes I02: Eclairage de secours I03: Balisage chemins de fuite I04: Main courante	X	81	305	56	199	25	106
I05: Voies de communication vers l'extérieur / tracé proche de la surface	P	Cette exigence ne concerne que quelques tunnels, où la possibilité d'aménagement et d'exploitation doit être examinée.					
I06: Rameaux de communication	P	Il y a de telles galeries transversales essentiellement dans le tunnel du Simplon.					
I07: Lieux de rassemblement	X	La continuité du chemin de fuite du portail jusqu'au lieu de rassemblement fait partie de l'infrastructure de secours autonome. Jusqu'à présent, les lieux de rassemblement n'étaient pas signalés explicitement.					



Exigence de sécurité		RÉFÉRENCE		RÉEL		Interventions requises	
		Nombre tunnels	soit km	Nombre tunnels	soit km	Nombre tunnels	soit km
I08: Aires d'atterrissage pour hélicoptères	X	Jusqu'à présent, les aires d'atterrissage n'étaient pas fixées systématiquement, ni indiquées dans les plans d'intervention. Vu la simplicité de cette mesure, il est inutile d'approfondir la réflexion sur la nécessité d'une intervention ou sur la quantification du besoin.					
I09: Accès aux portails et aux issues de secours	X	162 (portails)	--	136	--	26	--
		Selon l'état actuel des connaissances sur les portails accessibles à pied, le critère appliqué est de 100 m max. par la voie. La qualité des accès n'est donc pas entièrement conforme aux exigences de sécurité formulées (max. 50 m). Cela donne toutefois une indication sur les besoins. L'accès est généralement garanti lorsque l'intervention des services de secours locaux est prévue.					
I10: Alimentation en eau d'extinction	X	Appréciation <i>in situ</i> nécessaire.					
I11: Alimentation en courant électrique	X	Cette mesure doit être réalisée dans le cadre de l'infrastructure de secours autonome.					
I12: Communication pour les services de secours	X	Les exigences de sécurité concernent les moyens de communication destinés aux services de secours désignés comme premier intervenant (propres ou tiers). S'il s'agit d'un service de secours de l'entreprise de chemin de fer, la communication est généralement assurée par le biais du canal radio du train d'extinction et de sauvetage. Seuls quelques tunnels sont équipés de canaux radio pour les services de secours tiers. Avant de quantifier les besoins, il faut savoir qui est le service de secours désigné comme premier intervenant.					
I13: Ventilation de secours	P	Il conviendrait de mener une étude afin de se déterminer sur le fond de la question, pour tous les tunnels concernés.					
I14: Contrôle de l'appel d'air	X	A vérifier directement par les entreprises de chemin de fer, le cas échéant.					
I15: Pente latérale suffisante	P	A n'envisager qu'en cas de réfection.					
I20: Aiguilles dans les tunnels	P	Il y a des aiguilles dans 26 tunnels des catégories C, D et E.					
I21: Contrôle de la marche des trains	X	La présence d'aiguilles dans le tunnel (cf. ci-dessus) est un indicateur sur la nécessité de cette mesure. Une enquête devra déterminer le niveau d'équipement actuel des tunnels.					
I22: Dispositifs de contrôle des trains	X	Il faut encore examiner si les tunnels à double voie sont suffisamment intégrés dans le réseau de contrôle des trains. Vu la structure actuelle du réseau, il s'agit d'un petit nombre.					
I23: Communication centrale d'exploitation-train	X	81	305	55	238	26	67
I24: Téléphones de secours	X	Cette mesure doit être réalisée dans le cadre de l'infrastructure de secours autonome.					
I25: Déclenchement de la caténaire et mise à la terre	X	Cette mesure doit être réalisée dans le cadre de l'infrastructure de secours autonome.					
I26: Création de tronçons de caténaire	X	A n'envisager qu'en cas de réfection.					

Tableau 1: Interventions requises dans le domaine de l'infrastructure

Certaines mesures visant l'infrastructure sont des optimisations de la situation actuelle. Cela nécessite donc une évaluation de la part des entreprises concernées en tenant compte des particularités locales. Pour le groupe de mesures «Infrastructure de secours autonome» et pour la communication entre la centrale d'exploitation et le train, les critères et les informations disponibles ne sont pas sujets à interprétation. Il est donc possible de procéder à une estimation quantitative des interventions requises. Cet aspect est important, dans la mesure où il s'agit aussi de mesures dont le coût n'est pas négligeable.

### 5.3 Matériel roulant

Il n'est ni judicieux, ni vraiment possible de comparer l'état de référence et l'état réel pour chaque mesure, en s'appuyant sur le nombre de tunnels et de kilomètres de tunnels. Les réflexions qui suivent se limitent donc à une analyse qualitative.

#### Trains voyageurs

Il faut relever que les exigences obligatoires (→ X) concernent presque exclusivement les véhicules neufs. Le cadre quantitatif n'est cependant pas connu. Les mesures concernant les véhicules transformés doivent généralement faire l'objet d'un examen (→ P) dont le résultat n'est pas non plus connu. Enfin, s'agissant des mesures les plus coûteuses, il est possible d'adopter des mesures de substitution (p. ex. pour le dispositif anti-immobilisation). Pour ces raisons, les observations sur les interventions requises ne peuvent être que limitées.

Exigence		Interventions requises
R01: Dispositif anti-immobilisation (pontage du frein d'urgence / freinage d'urgence sur demande)	X/P	<p>Les informations des différentes entreprises concernant l'état réel de cet équipement sont encore lacunaires.</p> <p>Environ 15 % des quelque 6900 voitures, 10 % des 1200 automotrices et rames automotrices et enfin 10 % des 1000 locomotives sont déjà équipées.</p> <p>L'exigence de sécurité offre une marge de manœuvre pour la réalisation des mesures. Il n'est donc pas possible de quantifier le besoin pour le moment (les mesures doivent seulement être envisagées ou alors des mesures de substitution sont possibles).</p> <p>D'ici l'ouverture du tunnel de base du Lötschberg, en 2007, les véhicules qui franchiront l'ouvrage devront être équipés d'un dispositif anti-immobilisation. Cela concerne les voitures IV et IC-2000 ainsi que les rames automotrices ICN, Pendolino II et vraisemblablement Pendolino I. Ces véhicules sont en grande partie déjà équipés ou le seront en tous cas à l'échéance (2007).</p>

Exigence		Interventions requises
R02: Plaquette d'information sur le frein d'urgence	X	Réalisé comme mesure urgente en 2001.
R03: Protection incendie des voitures et des rames automotrices	X/P	Pour la plupart, les véhicules neufs répondent déjà à cette exigence.
R04: Capacité de mouvement des voitures et des rames automotrices en cas d'urgence	X/P	Pour la plupart, les véhicules neufs répondent déjà à cette exigence, mais aucune attestation n'a été fournie à ce jour.
R05.1: Communication; haut-parleurs	X	Les véhicules neufs répondent déjà à cette exigence.
R05.2: Communication; personnel d'accompagnement-conducteur	X	Les véhicules neufs répondent déjà à cette exigence.
R05.3: Communication; voyageurs-conducteur	X/P	Aucune information
R05.4: Information (formation du personnel de train)	X	Aucune information
R06: Mise hors service de la climatisation dans les voitures et les rames automotrices	X	Les véhicules neufs répondent déjà à cette exigence. Tous les véhicules qui franchiront le tunnel de base du Lötschberg devront répondre à cette exigence d'ici 2007.
R07: Détecteur d'incendie	X/P	Très peu de véhicules en sont déjà équipés (< 1 %) et d'une manière générale, les véhicules neufs ne répondent pas encore à cette exigence.
R08: Système d'extinction	P	Examen et évaluation de la faisabilité / proportionnalité de la mesure.
R09: Extincteurs portatifs	X/P	Selon DE-OCF, déjà en vigueur pour les cabines de conduite («à proximité des cabines de conduite»); selon l'UIC en vigueur pour toutes les voitures dans le trafic international. Une enquête devra déterminer l'état réel de l'équipement des véhicules.
R10: Masque de protection pour le machiniste	P	Examen préalable nécessaire. Les véhicules qui franchiront le tunnel de base du Lötschberg devront répondre à cette exigence d'ici 2007.

Tableau 2: Interventions requises dans le domaine du matériel roulant, trains voyageurs

Des interventions seront nécessaires pour les véhicules qui devront franchir le tunnel de base du Lötschberg à partir de 2007 et, d'une manière générale, pour les véhicules neufs.

### Ferroulage

Les exigences de sécurité relatives au ferroulage concernent les entreprises suivantes: BLS (Lötschberg y compris rampe Sud, Simplon), RhB (Vereina) et MGB (Furka).

Exigence		Interventions requises
R20: Réception radio (lorsque les voyageurs restent dans leur véhicule)	X	Il faut intervenir sur le tronçon Goppenstein–Brigue (Mittelgraben II et Simplon, éventuellement équipement de tous les tunnels du tronçon). <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tunnels de classe C: Mittelgraben II, Simplon; 23,1 km</li> <li>• Tunnels de classe C et B: 30,9 km</li> </ul> Il s'agit d'une mesure d'infrastructure qui ne vise toutefois que le ferroutage.
R21: Informations aux passagers	X	Les vecteurs d'informations déjà utilisés doivent davantage mettre l'accent sur la sécurité (efforts supplémentaires requis).
R22: Dispositif anti-immobilisation (lorsque les voyageurs restent dans leur véhicule, examen par analyse des risques)	X	Examen à réaliser par les entreprises de chemin de fer, pas d'intervention requise dans l'immédiat. Déjà équipé: RhB Vereina, 3 compositions de 13 wagons.
R23: Détecteur de déraillement (lorsque les voyageurs restent dans leur véhicule, examen par analyse des risques)	X	Examen à réaliser par les entreprises de chemin de fer, pas d'intervention requise dans l'immédiat. Déjà équipé: RhB Vereina, 3 compositions de 13 wagons.
R24: Descente du véhicule en cas d'incident	X	Examen à réaliser par les entreprises de chemin de fer (en particulier pour les autocars).

Tableau 3: Interventions requises dans le domaine du ferroutage

Dans l'immédiat, des interventions sont nécessaires au niveau de l'infrastructure (réception radio) et de l'information. S'agissant des exigences concernant le matériel roulant et la descente des véhicules en cas d'incident, les entreprises de chemin de fer doivent tout d'abord procéder à un examen et à une évaluation de la situation.

### Chaussée roulante

Les exigences de sécurité suivantes ont été fixées pour la chaussée roulante.

Exigence		Interventions requises
R40: Informations aux usagers	X	Concerne une trentaine de voitures d'accompagnement.
R41: Détecteurs d'incendie dans les voitures d'accompagnement	X	Comme R40
R42: Cagoules de protection dans les voitures d'accompagnement	X	Comme R40 Lors des discussions sur les exigences concernant le matériel roulant dans le tunnel de base du Lötschberg, le point «cagoules de protection» n'a pas été retenu car, grâce aux rameaux de communication, cet ouvrage offre de très bonnes conditions de fuite vers une zone sûre. En revanche, les cagoules de protection sont un moyen approprié pour accroître la sécurité dans les tunnels existants, car les chemins de fuite y sont parfois très longs.

Tableau 4: Interventions requises dans le domaine de la chaussée roulante

Ces exigences ne sont pas encore remplies. Elles concernent une trentaine de voitures d'accompagnement.

#### 5.4 Exploitation

Les exigences de sécurité qui concernent l'exploitation débouchent principalement sur des mesures et vérifications d'ordre organisationnel. Elles n'induisent pas directement des investissements.

Exigence		Interventions requises
B01: Séparation du trafic par nature	P	A envisager par les entreprises concernées.
B02: Dispositions opérationnelles à prendre en cas d'incident	X	Les interventions requises ne sont pas encore identifiées dans le détail.
Signalisation des tronçons dotés d'un dispositif anti-immobilisation.	P	Pas encore de signalisation. Les entreprises devront déterminer quels tunnels sont concernés, à la suite d'une analyse des risques.
B03: Listes de contrôle sur le comportement en cas d'incident	X	Mesure d'organisation et formation à réaliser dans le cadre des processus ordinaires.
B04: Plan d'intervention	X	Mesure d'organisation déjà partiellement réalisée dans une grande partie des tunnels en vertu de l'OPAM (sous forme de plans de parcours; des plans détaillés pour chaque tunnel ne sont pas disponibles).  Plans spécifiques pour les tunnels des catégories D et E (15 tunnels classe E et 9 tunnels classe D). A envisager pour les tunnels classe C.
B05: Trains d'extinction et de sauvetage	X	Dépend du plan d'intervention. La nécessité d'acquérir des trains d'extinction et de sauvetage supplémentaires ne découle pas directement de l'exigence de sécurité.

Tableau 5: Interventions requises dans le domaine de l'exploitation

L'exigence B01 ne pourra se concrétiser que dans quelques tunnels. De leur côté, les dispositions opérationnelles (B02) et les listes de contrôle (B03) sont déjà en partie réalisées. Des plans d'intervention ont été établis pour certains tronçons dans le cadre de l'exécution de l'OPAM. Il reste donc à créer des plans d'interventions spécifiques (B04) pour les tunnels des classes D et E.



## 6 Estimation des coûts

Les bases utilisées pour estimer les coûts (coût unitaire) sont énumérées à l'annexe de la version imprimée. Les données ont été tirées de rapports existants et ont été complétées par approximation. Les schémas quantitatifs et les coûts unitaires étant tous d'une grande imprecision, les données ci-dessous n'ont qu'une valeur indicative, ce qui est suffisant puisque le but n'est ici que de déterminer un ordre de grandeur.

### Infrastructure

La réflexion sur les interventions requises dans le domaine de l'infrastructure a montré que quelques mesures relativement coûteuses, conjuguées avec un besoin important, vont se traduire par des coûts élevés.

Exigences de sécurité		Estimation des coûts
Infrastructure de secours autonome I01: Banquettes I02: Eclairage de secours I03: Balisage des chemins de fuite I04: Main courante	X	53 000 000 CHF dont 20 millions environ pour le Simplon et 7,5 millions pour le tunnel de base de la Furka
I05: Voies de communication vers l'extérieur	P	Examen individuel <sup>1)</sup>
I06: Rameaux de communication	P	1 600 000 CHF
I07: Lieux de rassemblement	X	cf. Infrastructure de secours autonome
I08: Aires d'atterrissage pour hélicoptères	X	cf. Infrastructure de secours autonome
I09: Accès aux portails et aux issues de secours	X	Examen individuel
I10: Alimentation en eau d'extinction	X	cf. Infrastructure de secours autonome
I11: Alimentation en courant électrique	X	cf. Infrastructure de secours autonome
I12: Communication des services de secours	X	<sup>2)</sup>
I13: Ventilation de secours	P	Examen individuel <sup>1)</sup>
I14: Contrôle de l'appel d'air	X	Examen individuel <sup>1)</sup>
I15: Pente latérale suffisante (réfection)	P	Examen individuel <sup>1)</sup>
I20: Aiguilles dans les tunnels	P	Coûts neutres
I21: Contrôle de la marche des trains (hypothèse: 20 sites à équiper)	X	1 000 000 CHF
I22: Dispositifs de contrôle des trains (hypothèse: 5 installations)	X	2 500 000 CHF
I23: Communication centrale d'exploitation–train	X	34 000 000 CHF

Exigences de sécurité		Estimation des coûts
I24: Téléphones de secours	X	cf. Infrastructure de secours autonome
I25: Déclenchement de la caténaire et mise à terre	X	cf. Infrastructure de secours autonome
I26: Création de tronçons de caténaire (réfection)	X	Examen individuel <sup>1)</sup>

Tableau 6: Récapitulation des coûts estimés au titre de l'infrastructure

Remarques concernant le tableau:

- 1) En cas d'examen individuel, la décision sur la réalisation des mesures sera prise à la suite d'une évaluation de la situation concrète. D'une manière générale, les montants en jeu sont très faibles.
- 2) Il n'est pas aisé de quantifier ce point (quels tunnels, quel niveau d'équipement?). La fourchette des coûts est assez large, suivant le niveau d'équipement réel des ouvrages.

L'ensemble des mesures totalise environ 100 millions de francs. Les coûts sont essentiellement fonction de deux groupes de mesures: les infrastructures de secours autonome et la communication entre la centrale d'exploitation et le train (radio «sol-train»). L'estimation des coûts n'englobe aucune mesure dont la faisabilité et la proportionnalité doivent d'abord être examinée par les entreprises de chemin de fer.

### Trains voyageurs

Etant donné que les mesures concernant le matériel roulant affectent en premier lieu les véhicules neufs, ou qu'elles doivent d'abord être évaluées par les entreprises, il n'existe aucun point de référence pour les quantifier. C'est la raison pour laquelle le tableau 13 exprime les coûts en «surcoût par unité».

Exigence		Estimation des coûts
R01: Dispositif anti-immobilisation (inhibition du frein d'urgence / freinage d'urgence sur demande), coûts y compris R03, R04, R05.3	X/P	50 000 CHF / locomotive 70 000 CHF / voiture
R02: Plaquette d'information sur le frein d'urgence	X	50 CHF / voiture
R03: Protection incendie des voitures et des rames automotrices	X/P	Compris dans Dispositif anti-immobilisation (R01)
R04: Capacité de mouvement des voitures et des rames automotrices en cas d'urgence	X/P	Compris dans Dispositif anti-immobilisation (R01)



Exigence		Estimation des coûts
R05.1: Communication; haut-parleurs	X	6000 CHF / voiture
R05.2: Communication; personnel d'accompagnement–machiniste	X	Inclus dans le point précédent
R05.3: Communication; voyageurs–conducteur	X/P	Compris dans Dispositif anti-immobilisation (R01)
R05.4: Information (formation du personnel de train)	X	Intégré dans les processus ordinaires
R06: Mise hors service de la climatisation dans les voitures et les rames automotrices	X	5000 CHF / voiture
R07: Détecteur d'incendie	X/P	2000 CHF / détecteur 24 000 CHF / locomotive
R08: Système d'extinction	P	150 000 CHF / locomotive
R09: Extincteurs portatifs	X/P	1000 CHF / pièce 2000 CHF / véhicule
R10: Masque de protection pour le conducteur	P	2000 CHF / locomotive

Tableau 7: Coûts unitaires additionnels au titre du matériel roulant des trains voyageurs

## Ferroulage

S'agissant du dispositif anti-immobilisation et du détecteur de déraillement, la décision ne sera prise qu'après une analyse des risques. Il est donc possible qu'aucune mesure ne doive être prise. Le coût des éventuels aménagements devant permettre aux voyageurs de quitter leur véhicule dépend des mesures à prendre.

Exigence		Estimation des coûts
R20: Réception radio (lorsque les voyageurs restent dans leur véhicule), rampe Sud du Lötschberg et Simplon (radio sol-train existante) • Tunnels de classe B et C • Tunnels de classe C	X	300 000 CHF 230 000 CHF
R21: Informations aux passagers	X	Négligeable
R22: Dispositif anti-immobilisation (décision uniquement après examen sur la base d'une analyse des risques; concerne environ 130 wagons couverts du BLS et du MGB)	P	3 250 000 CHF
R23: Détecteur de déraillement (décision uniquement après examen sur la base d'une analyse des risques; concerne environ 150 wagons du BLS et du MGB)	P	1 500 000 CHF
R24: Descente du véhicule en cas d'incident	X	Mesures à envisager

Tableau 8: Coût additionnel total au titre du ferroulage

## Chaussée roulante

Le coût global a été calculé pour une trentaine de voitures d'accompagnement à équiper.

Exigence		Estimation des coûts
R40: Informations aux usagers	X	Négligeable
R41: Détecteurs d'incendie dans les voitures d'accompagnement (15 000 CHF par voiture)	P	450 000 CHF
R42: Cagoules de protection dans les voitures d'accompagnement (60 000 CHF par voiture)	P	1 800 000 CHF

Tableau 9: Coût additionnel total au titre de la chaussée roulante

## Exploitation

Exigence		Estimation des coûts
B01: Séparation du trafic par nature	P	Frais d'exploitation additionnels, éventuellement perte de recettes et frais d'investissement si des dispositifs auxiliaires sont nécessaires.
B02: Dispositions opérationnelles à prendre en cas d'incident	X	Intégré dans les processus ordinaires
Signalisation des tronçons dotés d'un dispositif anti-immobilisation.	P	Négligeable
B03: Listes de contrôle sur le comportement en cas d'incident	X	Intégré dans les processus ordinaires
B04: Plan d'intervention	X	10 000 CHF / tunnel (concerne 24 ouvrages, au total 240 000 CHF)
B05: Trains d'extinction et de sauvetage	X	2 500 000 CHF / véhicule

Tableau 10: Coûts additionnels au titre de l'exploitation

## Récapitulation

Les coûts induits par la concrétisation des exigences de sécurité formulée dans le présent rapport ne peuvent pas encore être estimés précisément pour deux raisons:

- Le cadre quantitatif est très aléatoire, surtout dans le domaine du matériel roulant où les exigences concernent principalement les véhicules neufs.
- Certaines mesures devront être décidées par les entreprises de chemin de fer, après un examen dont le résultat n'est pas encore connu.

Selon l'état actuel des connaissances, il faut tabler sur des coûts de l'ordre de 100 millions de francs pour l'**infrastructure**. L'estimation des coûts n'englobe aucune mesure dont la

faisabilité et la proportionnalité doivent d'abord être examinée par les entreprises de chemin de fer. Le montant articulé dépend essentiellement de deux composantes.

- Mesures concernant l'infrastructure de secours autonome: il est relativement aisé d'estimer le coût des mesures à prendre au titre du secours autonome. Le tunnel du Simplon occupe une place particulièrement importante puisque ce poste représente environ 40 % des coûts concernant l'infrastructure de secours autonome. Il convient donc de soumettre ce cas à un examen spécifique.
- Communication entre la centrale d'exploitation et le train (radio sol-train): de grandes incertitudes subsistent quant à ce poste de coûts (suivant la solution qui sera choisie). La radio n'est pas une mesure spécifique à la sécurité dans les tunnels et sa fonction première reste opérationnelle (sol-train, sécurité par effet de synergie).

Le poste du **matériel roulant pour les trains voyageurs** concerne tant les véhicules neufs que les véhicules transformés. Les exigences de sécurité se répercutent sur le prix d'acquisition, mais l'absence d'un cadre quantitatif empêche de calculer le surcoût global.

Les exigences de sécurité formulées au sujet du **ferroutage** obligent les entreprises de chemin de fer à procéder à des analyses concernant le dispositif anti-immobilisation et les détecteurs de déraillement. Elles entraînent en outre des investissements pour la réception radio sur la rampe Sud du Lœtschberg et au Simplon. A cela s'ajoutent des frais éventuels au titre des aménagements nécessaires pour que les voyageurs puissent descendre de leur véhicule en cas d'incident.

Les exigences de sécurité concernant la **chaussée roulante** portent sur les voitures d'accompagnement et génèrent des dépenses de l'ordre de 1 million de francs.

Les exigences de sécurité concernant l'**exploitation** vont obliger les entreprises à procéder à certaines études (séparation du trafic par nature dans les tunnels, stationnement des trains d'extinction et de sauvetage). D'autres mesures d'organisation peuvent être intégrées dans les processus ordinaires. Des dépenses sont attendues pour l'établissement de plans d'intervention concernant les tunnels des classes D et E (env. 0,25 million de francs) et la signalisation du dispositif anti-immobilisation.

## **7 Mise en œuvre**

### **7.1 Rectification des données**

#### **Rectification des informations pertinentes pour la classification des tunnels ainsi que des données concernant le niveau des équipements**

Toutes les entreprises de chemin de fer concernées doivent contrôler et confirmer l'exactitude des informations dont l'OFT dispose actuellement.

Cette exigence porte d'abord sur les données utilisées pour classer les tunnels dans les différentes catégories, en particulier les données sur le trafic. A cet égard, le principal problème est que la base d'évaluation est le volume de trafic durant une année civile. Or le nouvel horaire entré en vigueur en décembre 2004 a introduit des changements importants qui vont se manifester dans les volumes en 2005. C'est pourquoi, dans le trafic des voyageurs, une projection pour 2005 doit être fournie en plus des chiffres 2004. En outre, dans la perspective de l'ouverture du tunnel de base du Lötschberg, une projection doit être établie pour la ligne de façade du Lötschberg en 2008.

Les entreprises de chemin de fer doivent aussi confirmer le niveau effectif des équipements. Ce n'est qu'une fois en possession d'informations actuelles qu'il sera possible de déterminer définitivement les interventions requises pour remplir les exigences de sécurité.

### **7.2 Consultation des exigences de sécurité auprès des entreprises de chemin de fer et des cantons**

Le présent rapport est mis en consultation auprès des entreprises de chemin de fer concernées et des cantons. D'une part, cette procédure permet aux intéressés de comparer les exigences formulées avec l'état actuel de leurs tunnels et, d'autre part, de se positionner par rapport à la stratégie proposée pour obtenir une plus grande sécurité dans les tunnels ferroviaires.

### 7.3 Planification juridique de la mise en œuvre

#### Bases juridiques actuelles

Les bases légales régissant la mise en œuvre des exigences de sécurité dans les tunnels existants se trouvent dans les art. 10, 17 et 56 de la loi fédérale sur les chemins de fer (LCdF; RS 742.101).

#### **Art. 10** Autorités de surveillance

- <sup>1</sup> Le Conseil fédéral a la surveillance de la construction et de l'exploitation des chemins de fer. [...].
- <sup>2</sup> L'autorité de surveillance est l'office.

#### **Art. 17** Principes

- <sup>1</sup> Les installations ferroviaires et les véhicules doivent être construits, exploités, entretenus et renouvelés conformément aux exigences du trafic et de la protection de l'environnement et aux progrès de la technique. [...].
- <sup>2</sup> Le Conseil fédéral édicte les prescriptions nécessaires sur la construction et l'exploitation, ainsi que sur l'unité technique et l'admission à la circulation ferroviaire, compte tenu de l'interopérabilité et des normes de sécurité afférentes à chaque tronçon. [...].
- <sup>4</sup> Les entreprises ferroviaires sont responsables de la sécurité de l'exploitation des installations ferroviaires et des véhicules, dans les limites des prescriptions. Elles doivent rédiger les prescriptions nécessaires à une exploitation sûre et les présenter à l'office.

#### **Art. 56** Améliorations techniques

*Si une entreprise souhaite construire ou compléter des installations ou des équipements, ou acquérir des véhicules pour augmenter sensiblement la rentabilité, la capacité ou la sécurité de son exploitation [...], la Confédération peut octroyer ou cautionner des prêts avec ou sans intérêts ou accorder des contributions.*

Dans l'ordonnance sur les chemins de fer (OCF; RS 742.141.1), seul l'art. 28 évoque les exigences techniques en matière de sécurité dans les tunnels et les galeries.

#### **Art. 28** Tunnels et galeries

*Dans les tunnels et les galeries, des niches seront aménagées dans les deux piédroits à intervalles réguliers; leur emplacement sera signalé de manière bien visible. On peut renoncer à ces niches avec l'approbation de l'Office fédéral s'il existe un dégagement de service et si la vitesse autorisée sur la ligne est faible.*

Les dispositions d'exécution de l'ordonnance sur les chemins de fer (DE-OCF; RS 742.141.11) concernant l'art. 28 OCF régissent, outre la question des niches, celle de la protection contre les incendies et les catastrophes.

#### 24 Protection contre les incendies et les catastrophes

- 241 Des réglementations spéciales seront édictées pour la lutte contre le feu et la protection contre les catastrophes.

*242 Etant donné les difficultés particulières des sauvetages dans les tunnels, il faut accorder une attention particulière aux mesures préventives. Des mesures constructives spécifiques ne seront réalisées qu'au moment où l'on aura tiré profit de toutes les possibilités d'exploitation et d'organisation.*

Enfin, les mesures concernant l'exploitation doivent être intégrées dans les prescriptions suisses de circulation des trains PCT (R 300.1-15) ainsi que dans les règlements d'exploitation des entreprises de chemin de fer.

## **Déroulement**

L'OFT considère que l'application des exigences de sécurité ne nécessite aucune modification de la LCdF, car l'art. 17 (progrès de la technique) constitue une base juridique suffisante pour la mise en œuvre des mesures de sécurité dans les tunnels existants. Par conséquent, il n'y a pas lieu d'envisager une révision de la LCdF pour le moment.

En revanche, une modification de l'art. 28 OCF et des DE-OCF relatives à cet article s'impose, car les dispositions figurant sous le titre actuel «Tunnels et galeries» ne recouvrent pas tout le spectre des exigences de sécurité formulées dans le présent rapport. Un examen approfondi doit encore permettre de déterminer quels aspects doivent obligatoirement entrer dans l'OCF et dans les DE-OCF. Certaines mesures relatives à l'exploitation doivent également être intégrées dans les Prescriptions suisses de circulation des trains PCT ainsi que dans les règlements d'exploitation des entreprises de chemin de fer.

L'OFT estime par ailleurs qu'il est nécessaire d'élaborer une directive sur la sécurité dans les tunnels ferroviaires, laquelle devra se fonder sur les dispositions modifiées de l'OCF et des DE-OCF. Cette directive, qui sera édictée par l'office, présentera de manière claire tous les aspects importants liés à la sécurité dans les tunnels existants et définira les exigences en la matière. Les entreprises de chemin de fer devront s'en servir pour établir les bases de leurs projets. La directive devra également indiquer comment concrétiser les exigences de sécurité et définir une procédure pour les demandes de dérogation à ces exigences, dans le cadre de la procédure d'approbation des plans.

La directive sur la sécurité dans les tunnels devra être coordonnée avec les autres directives de l'OFT (p. ex. directive «Conditions à remplir pour les demandes d'approbation des plans» du 1<sup>er</sup> mars 2000, guide «Plans d'intervention pour les chemins de fer selon l'ordonnance sur les accidents majeurs» du 25 mai 2004).

L'avantage d'une directive émise par l'OFT est qu'elle peut être modifiée relativement vite et sans bureaucratie si, à l'usage, il s'avère que certains points doivent être adaptés. De nouveaux éléments juridiques – découlant par exemple de nouvelles réglementations au niveau européen – peuvent en outre être inclus plus rapidement dans une directive.

## 7.4 Planification financière de la mise en œuvre

Il n'existe actuellement aucune ressource qui puisse être affectée spécifiquement au financement des mesures découlant des exigences de sécurité. Les futures conventions sur les prestations qui seront conclues avec les entreprises de chemin de fer sont le seul instrument de financement envisageable pour le moment. Cette approche est garante d'une mise en œuvre planifiée et axée sur le risque, en fonction de priorités à définir. L'exploitation systématique des synergies est un aspect essentiel. Il faut par exemple s'assurer que, lors de l'équipement des tunnels avec le système radio GSM-R, les exigences de sécurité concernant l'infrastructure seront prises en considération, notamment celles relatives aux conditions de radiocommunication pour les services de secours.

## 7.5 Calendrier

Selon la planification actuelle, les prochaines étapes de la procédure sont les suivantes:

Février 2005	Mise en application des exigences de sécurité par l'OFT sur le plan interne dans les procédures nouvelles et en cours
Mars 2005	Informations aux entreprises de chemin de fer et aux cantons concernant la fin de la phase 2, étape A, et la suite de la procédure
Mars 2005	Mandat aux entreprises de chemin de fer de valider les données pertinentes d'ici mai 2005
Mars 2005	Invitation aux entreprises de chemin de fer et aux cantons à prendre position sur les exigences de sécurité d'ici mai 2005
Mars 2005	Début de l'élaboration d'une directive sur la sécurité dans les tunnels ferroviaires et études des modifications légales requises
Juin 2005	Examen des interventions requises (comparaison de l'état de référence avec l'état réel) en tenant compte des informations validées par les entreprises de chemin de fer
Octobre 2005	Concept de financement et de réalisation des exigences de sécurité et intégration dans les conventions sur les prestations
Décembre 2005	Décision de l'OFT relative à la directive sur la sécurité dans les tunnels ferroviaires

L'OFT commencera à appliquer les exigences formulées dans le présent rapport dès cette année pour les procédures en cours et pour celles ouvertes par les entreprises de chemin de fer en 2005. En dehors de ces procédures, il n'exigera cependant aucune mesure spécifique concernant les tunnels. La directive qu'il est prévu d'édicter fin 2005 apportera des éclaircissements supplémentaires concernant, par exemple, les modalités d'examen des mesures de «type P». Ce n'est qu'à partir de 2006 que les entreprises seront contraintes de réaliser les exigences de sécurité, sous réserve des périodes transitoires aménagées par l'OFT.



## A1 Liste des tunnels

**Tableau synoptique de la classification des tunnels (cadre quantitatif)**

Catégorie	Nombre de tunnels	Part de l'ensemble	Longueur des tubes [km]	Part de l'ensemble
E	15	2 %	88,0	20 %
D	9	1 %	66,8	15 %
C	57	8 %	146,8	33 %
B	149	22 %	96,8	22 %
A	445	66 %	48,8	11 %
A-E (Total)	675	100 %	447,2	100 %
<b>C-E</b>	<b>81</b>	<b>12 %</b>	<b>301,6</b>	<b>67 %</b>

Nom du tunnel	Compagnie	Ligne / Tronçon	Système	Long. [m]	Trains / jour	CAT.
Adler	CFF	Olten – Bâle CFF	2V	5328	150	E
Saint-Gothard	CFF	Göschenen – Airolo	2V	15003	190	E
Grauholz	CFF	Berne – Olten (ligne principale)	2V	6301	218	E
Hauenstein (base)	CFF	Olten – Bâle CFF	2V	8134	289	E
Heitersberg	CFF	Rapperswil – Killwangen	2V	4929	320	E
Hirschengraben	CFF	Zurich/Museumsbahnhof – Stadelhofen – Dübendorf	2V	1246	536	E
Käferberg	CFF	Winterthur – ZH-Aéroport- Zurich HB	2V	2119	422	E
Kerenzerberg	CFF	Ziegelbrücke – Walenstadt	2V	3955	121	E
Löetschberg	BLS	Kandersteg – Goppenstein	2V	14612	156	E
Murgenthal	CFF	Berne – Olten (nouvelle ligne)	2V	4743	276	E
Önzberg	CFF	Berne – Olten (nouvelle ligne)	2V	3149	206	E
Schanze	RBS	Berne – Worblaufen	2V	1200	474	E
Schwamendingen	VBZ	Zurich/Milchbuck – Zurich/Schwamendingerplatz	2V	2161	560	E
Zimmerberg (base)	CFF	Zurich HB – Thalwil (tunnel base)	2V	9421	182	E
Zürichberg	CFF	Zurich/Museumsbahnhof – Stadelhofen – Dübendorf	2V	4830	338	E
Albis	CFF	Zoug – Thalwil	1V	3360	154	D
Furka (base)	MGB	Oberwald – Andermatt	1V	15784	66	D
Loges (des)	CFF	Neuchâtel – Le Locle	1V	3260	56	D
Mont-d'Or	CFF	Cossonay – Vallorbe (frontière)	1V	6099	80	D
Ricken	CFF	Uznach – Wattwil	1V	8603	66	D
Stutzack-Axenberg	CFF	Immensee – Erstfeld	1V	3375	114	D
Vereina	RhB	Klosters – Vereina – Susch/Sagliains	1V	19043	103	D
Wasserfluh	SOB	Wattwil – St-Gall	1V	3556	76	D
Weissenstein	RM	Soleure – Moutier	1V	3700	53	D

Nom du tunnel	Compagnie	Ligne / Tronçon	Système	Long. [m]	Trains / jour	CAT.
Albula	RhB	Filisur - St.Moriz	1V	5865	41	C
Axenberg	CFF	Immensee - Erstfeld	1V	1128	114	C
Born	CFF	Berne - Olten (Ligne principale)	2V	809	391	C
Bözberg	CFF	Pratteln - Brugg	2V	2526	106	C
Bruggwald	SOB	St-Gall - Romanshorn	1V	1731	69	C
Emmequerung	CFF	Berne - Olten (nouvelle ligne)	2V	1633	206	C
Enge	CFF	Zurich HB - Thalwil (ligne principale)	2V	903	368	C
Flughafen	CFF	Winterthur - Flughafen - Zurich HB	2V	1215	275	C
Freggio	CFF	Airolo - Biasca	2V	1568	188	C
Frohnalp	CFF	Immensee - Erstfeld	1V	2793	114	C
Genève-Aéroport	CFF	Genève - Genève Aéroport	2V	1032	160	C
Grenchenberg	BLS	Lengnau - Moutier	1V	8578	49	C
Gütsch	CFF	Lucerne - Olten	2V	326	381	C
Hagenholz	CFF	Winterthur - Flughafen - Zurich HB	2V	2837	275	C
Herswil	CFF	Berne - Olten (nouvelle ligne)	2V	1000	206	C
Hondrich I und II	BLS	Spiez - Frutigen	2x1V	1711	71	C
Jungfrau	JB	Kleine Scheidegg - Jungfrauoch	1V	7122	36	C
Kehrtunnel BLS	BLS	Frutigen - Kandersteg	2V	1655	117	C
Kreuzliberg	CFF	Brugg - Killwangen	2V	988	330	C
Langenthal	CFF	Berne - Olten (nouvelle ligne)	2V	1105	276	C
Leggistein	CFF	Erstfeld - Göschenen	2V	1091	208	C
Leuk	CFF	St. Maurice - Rarogne	2V	1391	142	C
Locarno	FART	Locarno - Camedo	1V	2370	51	C
Lopper II	zb	Hergiswil - Grafenort	1V	1743	67	C
Lopper I	zb	Hergiswil - Giswil	1V	1186	68	C
Luzerner Stadttunnel	CFF	Lucerne - Immensee	1V	2107	68	C
Magnacun	RhB	Susch/Sagliains - Scuol	1V	1909	73	C
Mittalgraben II	BLS	Goppenstein - Brigue	1V	3298	48	C
Monte Ceneri	CFF	Giubiasco - Chiasso	2x1V	1675	101	C
Mont-Sagne	CFF	Neuchâtel - Le Locle	1V	1353	56	C
Morschach	CFF	Immensee - Erstfeld	2V	1372	228	C
Naxberg	CFF	Erstfeld - Göschenen	2V	1570	228	C
Ölberg	CFF	Immensee - Erstfeld	1V	1987	114	C
Pfaffensprung	CFF	Erstfeld - Göschenen	2V	1476	228	C
Pianotondo	CFF	Airolo - Biasca	2V	1518	188	C
Prato	CFF	Airolo - Biasca	2V	1560	188	C
Raise (La)	CFF	Renens - Bienne	2V	1255	112	C
Riedschuck	BLS	Frutigen - Kandersteg	2V	1536	117	C
Riesbach	CFF	Rapperswil - Zurich Stadelhofen	1V	1357	200	C
Rosenberg	CFF	St-Gall - Rorschach	2V	1466	164	C
Rosshäusern	BLS	Berne - Neuchâtel	1V	1103	87	C
Sihl	SZU	Zurich HB - Uetliberg	2V	1296	216	C
Simplon	CFF	Brigue - Iselle	2x1V	19803	38	C
St-Aubin-Sauges	CFF	Yverdon - Neuchâtel	2V	2278	144	C
Stettbach	CFF	Zurich Museumsbahnhof - Stadelhofen - Dübendorf	2V	354	338	C

Nom du tunnel	Compagnie	Ligne / Tronçon	Système	Long. [m]	Trains / jour	CAT.
Tasna	RhB	Susch/Sagliains - Scuol	1V	2350	73	C
Tiefenau	RBS	Berne - Worblaufen	2V	516	474	C
Travi	CFF	Airolo - Biasca	2V	1547	188	C
Varone	CFF	St. Maurice - Rarogne	2V	2819	142	C
Vauderens	CFF	Fribourg - Lausanne	2V	1975	116	C
Vigneule	CFF	Neuchâtel - Bienne	2V	2431	160	C
Watingen	CFF	Erstfeld - Göschenen	2V	1084	228	C
Wiedikon-Ulmberg	CFF	Zurich HB - Thalwil (ligne principale)	2V	848	368	C
Wipkingen	CFF	Winterthur - Flughafen - Zurich HB	2V	958	332	C
Zimmerberg	CFF	Zoug - Thalwil	1V	1986	154	C
Zimmeregg	CFF	Gümligen/Berne - Lucerne	1V	1133	75	C
Zumikon	FB	Esslingen - Zurich/Stadelhofen	2V	1758	127	C

1V: tunnel à voie unique    2V: tunnel à double voie    2x1V: deux tunnels à voie unique



## A2 Autres mesures

Le tableau suivant présente diverses mesures qui n'ont pas été retenues dans les exigences de sécurité pour les motifs suivants:

- (a) elles n'en sont actuellement qu'au stade de développement;
- (b) la sécurité dans les tunnels n'est pas leur point fort;
- (c) elles sont inappropriées ou disproportionnées.

Désignation	Observations
Détecteurs de température et / ou de fumées dans les tunnels	Des essais sont menés actuellement par les CFF et le BLS. Aucune installation exploitée dans le cadre opérationnel pour le moment (→ a).
Dispositif fixe de détection d'incendie et de gaz sur les trains en marche	Mesure envisageable dans un tunnel court, juste avant un long tunnel. Aucune installation en exploitation pour le moment (→ a).
Mesure de la température des trains en marche, pour la chaussée roulante (portails thermographiques)	Doit servir à détecter des parties surchauffées des véhicules transportés (groupes, moteurs). Aucune installation de ce genre en exploitation en Suisse (→ a).
Mesure du profil de la chaussée roulante (cellules photoélectriques)	Première installation en service sur le tracé du Brenner avec pour objectif de détecter d'éventuelles parties de chargement (antennes) qui pourraient toucher la caténaire (→ a).
Détecteurs de déraillement pour la chaussée roulante	L'efficacité sur l'ensemble du réseau et l'évaluation des effets sont déterminants (→ b).
Détecteurs de déraillement pour les trains spéciaux tels que wagons-citernes pour marchandises dangereuses, trains à grande vitesse	Voir plus haut, recommandé par Code UIC 779-9, R-10 (→ b).
Équipement et conception des trains voyageurs visant à faciliter le secours autonome (mégaphones, lampes de poche, balisage des issues de secours, services de secours équipés d'outils idoines)	Voir plus haut, recommandé par Code UIC 779-9, R-20 (→ b).
Dispositif de repérage des méplats	Efficacité sur l'ensemble du réseau, pas d'effet direct pour un tunnel situé juste après le dispositif (→ b).
Vidéosurveillance dans les trains	La faisabilité ainsi que la proportionnalité d'une vidéosurveillance <i>généralisée</i> , comme il en faudrait pour assurer la sécurité dans les tunnels, est plus que douteuse (→ c).
Vidéosurveillance dans les tunnels	Cette mesure n'est pas aussi utile dans les tunnels ferroviaires qu'elle ne l'est dans les tunnels routiers (→ c).
Alimentation en courant de traction par les deux côtés	L'adaptation d'une installation existante est considérée comme disproportionnée (→ c).
Protection contre les déflagrations dans les canalisations, en cas de fuites	Mesure pour les nouveaux tunnels (→ c).