



**Conseil Économique
et Social**

Distr.
GÉNÉRALE

TRANS/AC.7/9
10 décembre 2001

FRANÇAIS
Original: ANGLAIS

COMMISSION ÉCONOMIQUE POUR L'EUROPE

COMITÉ DES TRANSPORTS INTÉRIEURS

Groupe pluridisciplinaire spécial d'experts
de la sécurité dans les tunnels

**RECOMMANDATIONS DU GROUPE D'EXPERTS SUR LA SÉCURITÉ
DANS LES TUNNELS ROUTIERS**

RAPPORT FINAL

Adresses utiles

1) Nations Unies

M. José Capel Ferrer
Directeur
Division des transports
Commission économique pour l'Europe
Palais des Nations
1211 Genève 10, Suisse
Téléphone: (+41 22) 907 24 00
Fax: (+41 22) 917 00 39
jose.capel.ferrer@unece.org

2) Groupe pluridisciplinaire spécial d'experts de la sécurité dans les tunnels

Président

M. Michel Egger
Directeur adjoint
Office fédéral des routes (OFROU)
3003 Berne, Suisse
Téléphone: (+41 31) 323 93 87
Fax: (+41 31) 322 80 76
michel.egger@astra.admin.ch

Directeur adjoint

M. Didier Lacroix
Directeur de recherche
Centre d'études des tunnels (CETU)
Direction des routes
Ministère de l'équipement, du logement, des transports et du
tourisme
25, avenue François Mitterrand
69674 Bron, France
Téléphone: (+33) 4 72 14 33 85
Fax: (+33) 4 72 14 34 30
didier.lacroix@equipement.gouv.fr

TABLE DES MATIÈRES

	<u>Page</u>
AVANT-PROPOS.....	7
RÉSUMÉ.....	9
A. INTRODUCTION - MANDAT DU GROUPE D'EXPERTS	11
A.1 Introduction	11
A.2 Mandat du Groupe pluridisciplinaire spécial d'experts de la sécurité dans les tunnels	13
B. PRINCIPES.....	14
B.1 Développement du trafic routier.....	14
B.2 Accidents de la route	16
B.3 Ampleur des préjudices	18
B.4 Sécurité dans les tunnels routiers.....	20
C. MESURES D'AMÉLIORATION DE LA SÉCURITÉ DANS LES TUNNELS ROUTIERS	22
C.1 Le comportement des usagers de la route Facteur no 1 de sécurité dans les tunnels routiers	22
C.2 Exploitation En tant que facteur influant sur la sécurité dans les tunnels routiers.....	28
C.3 Infrastructure En tant que facteur influant sur la sécurité dans les tunnels routiers.....	35
C.4 Véhicules En tant que facteur influant sur la sécurité dans les tunnels routiers.....	44
D. CONCLUSION.....	48
D.1 Sécurité dans les tunnels routiers.....	48
D.2 Perspectives	48
D.3 Coûts.....	50
D.4 Mesures ultérieures.....	50
E. ANNEXES	51
Annexe 1 - Signalisation routière pour les tunnels	51
Appendice	54
Annexe 2 - Liste des abréviations	57
Annexe 3 - Nombre de tunnels de plus de 1 000 mètres en Europe	58

NOTA BENE

Le présent rapport rend compte du travail accompli par le Groupe d'experts au terme de sa dernière réunion, en juillet 2001. Bien que l'accident du tunnel du Gothard (24 octobre 2001) soit antérieur à la parution du présent rapport, il n'a pas été possible d'en tenir compte dans ce document. Il a, néanmoins, été décidé que le Groupe d'experts se réunirait à nouveau en janvier 2002 pour déterminer si l'enquête officielle menée par les autorités suisses pourrait avoir des incidences au regard de ce rapport.

AVANT-PROPOS

Il est dit dans le Livre blanc de la Commission des communautés européennes intitulé «La politique européenne des transports à l'horizon 2010: l'heure des choix» que chacun doit avoir accès à un système de transport répondant à ses attentes et ses besoins. Cependant, le tribut payé par les Européens à la mobilité a été et reste trop élevé. De tous les modes de transport, la route est de très loin le plus dangereux et le plus coûteux en vies humaines. Dans ce contexte, la sécurité dans les tunnels occupe une place importante. Les incendies aux conséquences dramatiques qui se sont produits en 1999 dans le tunnel du Mont-Blanc et dans celui du Tauern ont assurément suscité de vives controverses à propos de la sécurité dans les tunnels, mais le fait est que concepteurs, constructeurs et exploitants n'avaient pas attendu pour se pencher sur cette question et avaient au fil des ans acquis une expérience non négligeable dans ce domaine. Par ailleurs, nombre d'organismes gouvernementaux et professionnels s'étaient investis dans des projets de recherche et d'autres initiatives axés sur l'amélioration de la sécurité dans les tunnels et ils continuent de le faire.

Comme tous les pays d'Europe y sont largement représentés et qu'elle détient des pouvoirs réglementaires, la CEE-ONU, à travers son Comité des transports intérieurs (CTI), est apparue comme l'instance la plus qualifiée pour assurer la coordination nécessaire à l'élaboration et la présentation de mesures concrètes tendant à l'amélioration de la sécurité dans les tunnels. C'est ainsi qu'a été constitué le Groupe pluridisciplinaire spécial d'experts de la sécurité dans les tunnels, auquel les États membres de la CEE-ONU et les organisations compétentes ont été invités à participer. Aux termes du mandat défini par le CTI, ce groupe devait faire porter ses efforts en premier lieu sur les tunnels routiers, en tirant tout le parti possible des travaux déjà accomplis dans ce domaine. Il convient de rappeler que la route draine 85 % du transport des marchandises et 93 % du transport des personnes par voie terrestre (contre 15 % et 7 % respectivement pour le rail). L'extension aux tunnels ferroviaires des études menées sur les tunnels routiers nécessitera la désignation d'experts de ce domaine.

Avec la publication du présent rapport final, la mission du Groupe d'experts se trouve accomplie: un catalogue exhaustif des mesures concernant les tunnels routiers a pu être établi. Cependant, l'amélioration de la sécurité dans les tunnels routiers est une mission qui ne s'arrête pas avec la publication du présent rapport. Les mesures adoptées par le Groupe d'experts doivent maintenant être examinées par les divers groupes de travail compétents du CTI. Le rapport sera ensuite soumis dans ses versions française, anglaise et russe à la soixante-quatrième session du CTI, qui se tiendra du 18 au 21 février 2002, avec pour objectif final l'incorporation, dans les formes appropriées, des diverses recommandations dans les instruments juridiques de la CEE-ONU.

Il convient de saluer la contribution particulière qu'ont apportée les représentants de plusieurs pays et de plusieurs organismes, en particulier l'Association internationale permanente des congrès de la route (AIPCR) et l'Association internationale des travaux en souterrain (AITES) à l'élaboration de la version finale du présent rapport. Ces remerciements s'adressent également à tous les pays et organismes dont les délégués ont participé aux diverses réunions tenues à Genève, et aux délégués eux-mêmes. Notre reconnaissance va aussi à la CEE-ONU, qui est à l'origine de la mise en place de ce groupe d'experts auquel il a fourni les moyens nécessaires.

Michel Egger

Président du Groupe pluridisciplinaire
spécial d'experts de la sécurité dans
les tunnels

RÉSUMÉ

Ce n'est pas juste à la suite des catastrophes survenues en 1999 dans le tunnel du Mont-Blanc et dans celui du Tauern que l'on a commencé à se soucier de la sécurité dans les tunnels routiers (en fait, concepteurs, entrepreneurs et exploitants avaient déjà acquis avant cela au fil des ans une expérience en la matière), mais ces accidents dramatiques ont eu pour effet de porter cette question sous les feux de l'actualité, impliquant ainsi dans le débat les responsables politiques. Tandis que diverses initiatives étaient prises à la suite de ces accidents au niveau national et au sein de divers organismes professionnels, il était décidé de constituer, sous l'égide du Comité des transports intérieurs de la Commission économique pour l'Europe des Nations Unies, un groupe pluridisciplinaire spécial d'experts de la sécurité dans les tunnels. Ce groupe avait principalement pour mandat d'élaborer des «recommandations de prescriptions minima sur la sécurité dans les tunnels de types et de longueurs divers». Le groupe, qui s'est consacré en premier lieu à la sécurité dans les tunnels routiers, conformément au mandat que le CTI avait défini pour lui, s'est réuni à Genève quatre fois de l'été 2000 à l'été 2001.

Le comportement inadapté des usagers de la route est la principale cause de la plupart des accidents. Par ailleurs, la probabilité d'accidents est considérablement plus faible sur les autoroutes que sur les routes à circulation dans les deux sens. Enfin, on constate que le nombre d'accidents est souvent moins élevé dans les tunnels qu'en milieu à ciel ouvert, surtout sur les parcours assez longs. Il n'en reste pas moins qu'en raison du phénomène de confinement, les accidents dans les tunnels et en particulier les incendies peuvent avoir des conséquences dramatiques.

Pour assurer la sécurité de la circulation routière, un certain nombre de mesures doivent être prises sur les plans structurel, technique et de l'organisation. Toutes doivent tenir compte de l'état d'avancement des techniques. De plus, elles doivent prendre en considération toutes les parties prenantes et tous les éléments entrant en jeu: usagers de la route, services de régulation de la circulation et de secours, infrastructures et véhicules. En vue de parvenir au niveau optimal de sécurité dans les tunnels routiers, les objectifs suivants ont été définis:

- Premier objectif: la prévention
prévenir les situations critiques constituant un péril pour la vie humaine, l'environnement et les installations des tunnels.
- Deuxième objectif: limiter les conséquences d'événements tels que les accidents et les incendies; réunir toutes les conditions pour que:
 - Les personnes directement impliquées fassent preuve d'initiative pour se tirer elles-mêmes d'affaire;
 - Les usagers réagissent immédiatement pour éviter que la situation n'empire;
 - L'action des services de secours soit efficace;
 - La protection de l'environnement soit assurée;
 - Les dégâts matériels soient aussi limités que possible.

Le degré de sécurité dans les tunnels est fonction, à des degrés divers, de l'influence d'un certain nombre de facteurs que l'on peut regrouper sous les quatre catégories suivantes:

Les usagers de la route;

- L'exploitation;
- Les infrastructures;
- Les véhicules.

Le groupe d'experts a défini un ensemble de mesures tendant au renforcement de la sécurité dans les tunnels routiers à propos de chacune de ces catégories:

- Dix mesures ont été définies en ce qui concerne les usagers de la route, au nombre desquelles on mentionnera: information, éducation et formation des conducteurs; contrôles réguliers pour les conducteurs de poids lourds et d'autocars; rationalisation des règlements applicables au transport des marchandises dangereuses.
- Seize mesures ont été définies en ce qui concerne l'exploitation des tunnels: création d'un organisme national de coordination de la sécurité dans les tunnels; désignation d'un responsable de la sécurité pour tout tunnel de plus de 1 000 mètres; uniformisation des directives et règlements; création d'une base de données sur les accidents et les incendies dans les tunnels; amélioration du matériel des équipes de secours; pratique d'exercices de secours et d'essais dans un tunnel; etc.
- Onze mesures ont été définies en ce qui concerne les infrastructures: directives applicables aux tunnels à tube unique; unification des références en ce qui concerne la courbe de température-temps; harmonisation des systèmes de signalisation; adaptation des équipements de sécurité au potentiel de risques; etc.
- Six mesures ont été définies en ce qui concerne les véhicules: limitation de la quantité de carburant transporté par les poids lourds; contrôles techniques annuels de ces véhicules, etc.

La mission du groupe d'experts s'achève avec la publication de son rapport final. Ce document dresse un catalogue exhaustif des mesures envisagées à propos des tunnels routiers. Ces mesures doivent maintenant être soumises pour adoption au CTI à sa soixante-quatrième session, qui aura lieu du 19 au 21 février 2002, avant d'être examinées par les divers groupes de travail compétents, en leur qualité d'organes subsidiaires du CTI, pour déterminer dans quelle mesure elles peuvent être incorporées dans les instruments juridiques de la CEE-ONU.

D'autres experts seront chargés de poursuivre l'examen de la question de la sécurité dans les tunnels ferroviaires. Pour ce qui est des tunnels routiers, le Groupe d'experts s'est accordé sur le point qu'il serait souhaitable de tenir, dans l'avenir, des réunions régulières (au moins tous les semestres, voire plus fréquemment si nécessaire) pour suivre l'évolution dans ce domaine et apprécier le suivi assuré par les organes subsidiaires du CTI en vue de l'incorporation dans les divers instruments juridiques des recommandations formulées.

A. INTRODUCTION – MANDAT DU GROUPE D'EXPERTS

A.1 Introduction

Le 24 mars 1999, un camion dont le chargement était constitué de margarine et de farine a pris feu dans le tunnel du Mont-Blanc, reliant Chamonix (France) à Aoste (Italie). Le feu s'est rapidement propagé à d'autres véhicules, entraînant la mort de 39 personnes, qui ont succombé à la chaleur intense et aux fumées. Le 29 mai 1999, c'est dans le tunnel du Tauern, en Autriche, que se produisait une collision entre un camion, quatre voitures et un autre camion, chargé de divers récipients de peinture sous pression à l'arrêt à un feu rouge dans le tunnel. La collision a déclenché un incendie qui s'est propagé rapidement. 12 personnes sont mortes: 8 du fait de la collision et 4 par asphyxie.

Pour les tunnels routiers neufs aussi bien que pour ceux qui sont rénovés, les installations structurelles et techniques de sécurité doivent être conformes aux recommandations, règlements ou normes nationales et internationales. Ces installations ne peuvent être pleinement efficaces que si elles sont correctement exploitées et associées à un service de secours lui-même efficace et à un comportement adapté des conducteurs. Sur ce dernier plan, le contrôle et la surveillance de la circulation par la police ou toute autre autorité compétente ont un effet préventif. Malgré tout, même les efforts constants et soutenus des autorités responsables du réseau routier et de la police de la route ne sauraient éliminer totalement le risque d'accident et d'incendie dans les tunnels.

Les incendies dramatiques survenus en 1999 dans le tunnel du Mont-Blanc et dans celui du Tauern ont porté la question de la sécurité dans les tunnels sous les feux de l'actualité et incité les responsables politiques à s'impliquer. La question n'avait pas pour autant été négligée auparavant: en effet, concepteurs, réalisateurs et exploitants de tunnels avaient acquis, au fil des ans, une expérience non négligeable dans ce domaine et plusieurs pays s'étaient dotés de règlements. Au niveau international, le Comité des tunnels routiers, sous l'égide de l'Association mondiale de la route (AIPCR), avait formulé un certain nombre de recommandations et établi un rapport sur la protection contre l'incendie et les fumées¹. Depuis 1995, l'AIPCR travaille, avec l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), à un projet commun concernant le transport des marchandises dangereuses dans les tunnels routiers.

En septembre 1999, mesurant le caractère prioritaire de la question de la sécurité dans les tunnels routiers, la Conférence des Directeurs des routes de l'Europe de l'Ouest (DREO) a demandé officiellement à la Suisse, la France, l'Autriche et l'Italie de constituer un groupe informel (appelé Groupe des pays alpins) chargé de définir une approche commune de ce problème. Le 14 septembre 2000, la DREO a approuvé les mesures proposées par le Groupe des pays alpins en vue d'améliorer la sécurité dans les tunnels.

En Suisse, en avril 1999, le Directeur de l'Office fédéral des routes (OFROU) a constitué un groupe de travail chargé d'aborder la question par l'étude de toute une série d'aspects touchant à la sécurité dans tous les tunnels du réseau routier national de plus de 600 mètres

¹ «Fire and Smoke Control in Road Tunnels», Comité des tunnels routiers (C5) de l'Association mondiale de la route, 1999.

de long, en vue de réduire les risques d'accidents de cette nature. Le groupe a procédé en concertation étroite avec les cantons et avec les pays voisins. Certaines mesures à court terme ont été immédiatement appliquées, d'autres le seront ultérieurement.

Les autorités françaises ont rapidement entrepris de procéder à un contrôle de sécurité dans tous les tunnels routiers de plus d'un kilomètre de long. En trois mois, un comité national d'évaluation avait ainsi inspecté 40 tunnels. Un an plus tard, en août 2000, un nouveau règlement de sécurité dans les tunnels routiers était approuvé. Ce texte comprend des instructions techniques précises, mais ne vaut que pour les tunnels du réseau de routes nationales et d'autoroutes. Le Parlement français examine actuellement un projet de loi qui instaurerait les mêmes procédures pour tous les tunnels, notamment des contrôles de sécurité à intervalles réguliers.

Des mesures analogues ont été prises en Allemagne, où un colloque sur la sécurité dans les tunnels routiers et ferroviaires s'est tenu en novembre 1999 à l'Institut fédéral de recherche sur les routes (BASt), de même qu'en Autriche et dans d'autres pays.

Suite à ces tragiques incendies, la Commission européenne a convoqué une réunion d'experts en septembre 1999. Ils ont jugé que toute démarche tendant à assurer un niveau élevé de sécurité dans les tunnels devait nécessairement être précédée d'une investigation détaillée et qu'il conviendrait aussi de prendre en considération le travail effectué dans d'autres instances avant d'élaborer un texte à l'usage de l'Union européenne. La Commission a en outre inscrit la question de la sécurité dans les tunnels à son cinquième Programme-cadre de recherche et de développement technologique. Par ailleurs, des crédits ont été affectés à un projet de recherche sur la longévité et la fiabilité des structures des tunnels (DARTS) et à la constitution d'un réseau thématique d'étude des incendies dans les tunnels (FIT). Un vaste projet de recherche axé sur l'amélioration des mesures de protection contre les incendies dans les tunnels existants (UPTUN) se trouve actuellement au stade de la négociation. D'autres propositions sont également à l'étude ou en gestation.

Parallèlement, le Groupe de travail des transports routiers (SC.1) de la CEE-ONU, suivant en cela une suggestion émanant de la Réunion spéciale de juin 1999 concernant l'application de l'Accord européen sur les grandes routes de trafic international (AGR), a proposé en octobre 1999 de constituer un groupe pluridisciplinaire spécial d'experts de la sécurité dans les tunnels. À sa soixante-deuxième session, en février 2000, le Comité des transports intérieurs (CTI) de la CEE-ONU a entériné cette proposition. Ce groupe d'experts a été chargé de faire porter ses efforts, dans un premier temps, sur les tunnels routiers. Par la suite, la Commission européenne a appuyé la création de ce groupe d'experts (voir document TRANS/AC.7/2000/1). Tous les pays et les organisations compétentes membres de la CEE-ONU ont été invités à prendre part à ses travaux. Les organismes suivants ont participé: Association mondiale de la route (AIPCR), Association internationale des travaux en souterrain (AITES), Fédération routière internationale (FRI), Union internationale des transports routiers (IRU) et Alliance internationale de tourisme/Fédération internationale de l'automobile (AIT/FIA). Un représentant du Touring Club suisse (TCS) a également participé en qualité d'observateur.

La première réunion s'est tenue le 10 juillet 2000 à Genève. M. Michel Egger (Suisse) a été élu Président et M. Didier Lacroix (France) Vice-Président. Trois autres réunions se sont tenues par la suite à Genève: le 10 octobre 2000 et les 20 mars et 9 juillet 2001.

A.2 Mandat du Groupe pluridisciplinaire spécial d'experts de la sécurité dans les tunnels

La création de ce groupe d'experts résultait de la proposition suivante:

«Proposition relative à la création d'un groupe d'experts multidisciplinaire chargé d'élaborer des propositions d'amendement à l'AGR et à d'autres instruments juridiques de la CEE sur la sécurité dans les tunnels

Préambule

Le Groupe de travail des transports routiers:

- Reconnaissant que la sécurité de la circulation dans les tunnels est de la plus haute importance;*
- Tenant compte du nombre important de tunnels routiers et ferroviaires exploités actuellement dans toute l'Europe;*
- Considérant la diversité des entreprises et organisations chargées de la gestion et de l'administration, de l'exploitation, de l'entretien, de la réparation et de la modernisation des tunnels existants;*
- Ayant évoqué la situation de la sécurité de la circulation dans les tunnels et les accidents survenus récemment, en particulier ceux des tunnels du Mont-Blanc et du Tauern;*
- Ayant étudié les recommandations déjà formulées par divers groupes de travail du Comité des transports intérieurs et leurs organes subsidiaires, notamment la dix-septième Réunion spéciale sur l'application de l'AGR, tenue à Genève les 28 et 29 juin 1999, qui a prié le Groupe de travail des transports routiers (SC.1) de la création d'un groupe d'experts multidisciplinaire chargé d'élaborer des propositions appropriées pour renforcer la sécurité dans les tunnels;*

propose, par la présente, au Comité des transports intérieurs:

- 1. La création d'un groupe d'experts pluridisciplinaire chargé d'élaborer des recommandations et/ou propositions d'amendement à l'AGR ainsi qu'aux autres instruments juridiques relevant du Comité des transports intérieurs, concernés également par la sécurité dans les tunnels.*
- 2. Le projet de mandat dudit groupe de travail pluridisciplinaire qui aura pour tâche essentielle de mettre au point des "recommandations de prescriptions minima en ce qui concerne la sécurité dans les tunnels de types et de longueurs divers".*

Mandat proposé:

- Procéder à un inventaire de tous les longs tunnels routiers et ferroviaires dans la région de la CEE sur la base d'une longueur de référence (par exemple de 1 000 m ou plus pour les tunnels routiers) à déterminer par le Groupe de travail;*

- *Établir une liste de tous les incendies graves et si possible des accidents graves de la circulation survenus dans des tunnels en Europe au cours des 40 dernières années (si possible) avec indication de leurs causes (si elles sont connues) et réunir les conclusions les plus pertinentes pour tous ces accidents importants (si elles sont connues);*
- *Obtenir si possible des informations sur les prescriptions de sécurité dans les systèmes de gestion des tunnels;*
- *Réunir la documentation existante (règlements, rapports, recommandations, conclusions...) sur la sécurité dans les tunnels au sein de l'Union européenne et des organisations internationales compétentes (AIPCR, IRU, FRI, CEMT, UIC, OCDE, OTIF, etc.) et lister les travaux en cours au sein de ces mêmes organisations;*
- *Élaborer des recommandations en vue d'améliorer la sécurité des tunnels à construire;*
- *Établir de manière coordonnée, sous forme de recommandations et/ou de propositions d'amendement aux instruments juridiques existants, des prescriptions de sécurité minimale sur l'exploitation, l'entretien, la réparation, la modernisation, la reconstruction et le réaménagement des tunnels de types et longueurs divers, ainsi que les conditions de circulation à l'intérieur de ces tunnels notamment sur les points suivants: signalisation, véhicules, marchandises dangereuses, formation des conducteurs...*
- *Ces recommandations et/ou propositions d'amendement devraient entre autres choses minimiser le risque d'accidents dans les tunnels, tout en maximisant l'efficacité économique de leur construction et de leur exploitation.*

Il est proposé que le Groupe d'experts pluridisciplinaire sur la sécurité dans les tunnels soit composé de représentants du WP.1, du SC.1, du SC.2, du WP.15 et du WP.29, ainsi que des organisations internationales compétentes, gouvernementales et non gouvernementales compétentes et d'experts en matière de tunnels désignés par les États membres de la CEE/ONU.

Le Groupe d'experts devrait entreprendre ses travaux en juin 2000 et les avoir menés à bien dans le courant de l'automne 2001, avec la présentation desdites recommandations qui seraient traitées par les organes subsidiaires compétents du Comité des transports intérieurs.»

B. PRINCIPES

B.1 Développement du trafic routier

B.1.1 Développement durable

Le développement durable se veut un développement de nature à répondre aux besoins du moment sans compromettre pour autant la possibilité des générations futures de satisfaire à leurs propres besoins.

Ce concept repose sur trois éléments fondamentaux:

- La protection de notre environnement naturel: protéger et préserver les ressources naturelles indispensables à la vie (viabilité écologique)
- La rationalité économique: assurer à la population et pour les besoins de l'économie des services modernes, y compris dans le domaine des transports. Cette fonction doit être assurée de la manière la plus rationnelle possible, de sorte que la charge financière qui en résulte pour l'État et l'économie reste justifiable (viabilité économique)
- La solidarité sociale: garantir équitablement à toutes les composantes de la population et à toutes les parties du pays l'accès à une infrastructure et des services publics répondant à leurs besoins fondamentaux, dans des conditions elles aussi équitables sur le plan de la protection des personnes contre les risques concernant leur intégrité physique et leur santé (viabilité sociale).

Compte tenu des définitions qui précèdent, l'objectif est donc, dans le domaine des transports (lequel inclut naturellement la circulation routière), d'offrir un réseau moderne et sûr accompagné d'un éventail de services efficaces. Les coûts doivent toutefois être acceptables et une attention suffisante doit être accordée à la protection de l'environnement.

B.1.2 Circulation routière: sécurité et risques

Pour assurer la sécurité de la circulation routière, les mesures nécessaires doivent être prises sur les plans structurel, technique et de l'organisation afin de prévenir les incidents autant que possible et que leurs conséquences soient aussi minimales que possible. Toutes les mesures de sécurité doivent correspondre aux dernières techniques et valoir pour tous les éléments entrant en jeu: usagers de la route, services de régulation de la circulation et de secours, infrastructure et véhicules. Les moyens financiers disponibles étant limités, les mesures à prendre en priorité sont celles susceptibles d'être les plus efficaces pour réduire les risques.

En matière de circulation routière, la sécurité absolue n'existe pas. La probabilité d'incidents existera toujours avec, dans certains cas, des conséquences graves pour les personnes, l'environnement et les biens. La gestion de ces risques résiduels n'est pas seulement d'ordre technique. Elle est aussi politique et sociale.

Les accidents de la route ont pour causes principales le comportement inadapté des conducteurs, le caractère inadéquat des aménagements du réseau routier, les défauts et défaillances techniques des véhicules (par exemple, système électrique et freins défectueux, surchauffe des moteurs, etc.) et les problèmes causés par les chargements (chargements instables, réactions chimiques, etc.). D'après un rapport de l'OCDE², le comportement inadapté du conducteur est la cause principale de 95 % des accidents.

² Stratégies de sécurité routière en rase campagne, OCDE, 1999.

B.2 Accidents de la route

B.2.1 Généralités

Les statistiques de la police de la route et des autres organismes concernés donnent une excellente vue d'ensemble des accidents survenant sur le réseau principal. À partir de ces chiffres il est possible de calculer les taux d'accident, d'enregistrer des données sur les divers types d'accidents et de comptabiliser le nombre de morts et de blessés. En règle générale, ces données sont reproduites dans des rapports annuels.

Les rapports concernant la circulation sur les grands axes routiers publiés par divers pays donnent des chiffres différenciés au sujet de l'influence du volume moyen de trafic journalier et du type de route considéré sur les statistiques des accidents. D'une manière générale, les statistiques indiquent que la probabilité d'accidents de la route est essentiellement fonction du volume annuel moyen de la circulation journalière (c'est-à-dire le nombre total annuel de véhicules empruntant le tronçon considéré divisé par 365). La probabilité d'accidents est bien moins élevée sur les autoroutes et autres axes à chaussées séparées de circulation que sur les routes à double sens de circulation. De même, elle est plus élevée aux intersections, sur les tronçons de raccordement et les parcours sinueux et aux abords des tunnels. Les chiffres publiés par divers pays donnent une image analogue.

B.2.2 Tunnels

Dans les tunnels, surtout dans les plus longs, le nombre d'accidents est souvent moins élevé qu'à découvert car la chaussée n'est pas exposée aux intempéries et se trouve ainsi exempte de neige, de verglas, de pluie et à l'abri du vent. Selon les rapports, les probabilités d'accidents sont sensiblement inférieures dans un tunnel assez long qu'à ciel ouvert, à chaussée comparable, constatation confirmée par un rapport des autorités norvégiennes³.

Selon certaines statistiques, les taux d'accidents dans les tunnels à double sens de circulation sont en général plus élevés (jusqu'à 40 %) que dans les tunnels bitubes à sens de circulation unique. Cependant, cela n'est pas toujours vrai. Dans beaucoup de tunnels, l'absence de bande d'arrêt d'urgence peut avoir des conséquences néfastes. Lorsqu'un véhicule en difficulté ne peut pas atteindre l'emplacement de garage le plus proche, il entrave la circulation et provoque un encombrement ou incite certains conducteurs à tenter des dépassements risqués.

Selon les constatations de l'AIPCR, la fréquence des pannes pour 100 millions de véhicules/km est la suivante:

- Dans les tunnels passant sous un cours d'eau en zone urbaine: 1 300;
- Dans les tunnels de rase campagne: 300-600;
- Dans les tunnels de montagne: 900-1 900.

³ «Studies on Norwegian Road Tunnels, an Analysis on Traffic Accidents and Car Fires in Road Tunnels», Administration norvégienne des voies publiques, Direction des routes, 1997.

La pente influe aussi grandement sur la fréquence des pannes: elle est cinq fois plus élevée dans les tunnels présentant un gradient supérieur à 2,5 %.

Les incendies sont relativement rares, dans les tunnels comme sur les routes. D'après les statistiques internationales, la majorité des incendies de véhicules ne résultent pas d'un accident mais de l'inflammation spontanée du véhicule ou de son chargement, par suite d'une défaillance du système électrique, de la surchauffe du moteur ou pour d'autres raisons. Cependant, les incendies ayant eu les conséquences les plus graves (morts, blessés ou dégâts matériels considérables) résultaient la plupart d'un accident (12 sur les 14 répertoriés dans le monde), avec pour exception notable l'incendie dans le tunnel du Mont-Blanc (déclenchement spontané d'un incendie à bord d'un poids lourd).

Les constatations suivantes, fondées sur une étude menée dans un large éventail de pays⁴, ont été présentées en 1999 par l'AIPCR:

- La fréquence moyenne des incendies dans les tunnels ne dépasse nulle part 25 pour 100 millions de véhicules/km;
- La fréquence des incendies est plus élevée dans les tunnels urbains que dans les autres;
- Il n'y a jamais eu d'incendie dans 40 % des tunnels pris en considération dans l'étude;
- Dans certains tunnels (Chamoise, Elbe, Fréjus, Mont-Blanc, Gothard, par exemple) la fréquence des incendies impliquant des poids lourds est bien plus élevée que celle des incendies impliquant des voitures particulières;
- Une fréquence de +/- 1 incendie par an, allant même jusqu'à 1 par mois n'a été constatée que dans les tunnels très longs, ceux qui absorbent un volume de trafic très élevé, ou encore ceux qui présentent simultanément les deux caractéristiques. Dans l'immense majorité des cas, cette fréquence est bien moins élevée.

Un rapport publié en 1995 par l'AIPCR montre que, pour la période allant de la fin des années 80 au début des années 90, la fréquence des incendies de véhicules dans les grands tunnels français allait de 0 à 10 pour 100 millions de véhicules/km. En Suisse, les statistiques ou rapports traitant spécifiquement des incendies dans les tunnels ne sont disponibles qu'auprès d'un très petit nombre d'exploitants, car de tels incidents sont extrêmement rares. L'analyse de huit cas d'incendies dans des tunnels européens fait ressortir que:

- Dans la plupart des cas, un seul véhicule était en cause;
- La cause la plus courante était une défaillance technique ayant entraîné l'inflammation d'une fuite du carburant.

⁴ «Fire and Smoke Control in Road Tunnels», Comité des tunnels routiers (C5) de l'AIPCR, 1999.

B.3 Ampleur des préjudices

B.3.1 Généralités

Ce sont au premier chef les usagers de la route qui se trouvent en danger au moment des accidents. Le nombre de cas dans lesquels des personnes ne se trouvant en fait pas sur la route ont été exposées à un danger (par exemple par des gaz toxiques émis par des véhicules transportant des matières dangereuses) est particulièrement faible. Pour ce qui est des atteintes à l'environnement, c'est avant tout les eaux de ruissellement de la chaussée collectées par le réseau d'égout et les eaux souterraines aux abords immédiats des routes qui sont affectées.

Dans les cas d'accidents de la route n'entraînant pas d'incendie, l'ampleur du préjudice causé aux usagers de la route est essentiellement fonction de la vitesse et du nombre de véhicules en cause. Dans les cas d'accidents s'accompagnant d'un incendie ou impliquant un véhicule transportant des marchandises dangereuses, le facteur déterminant est avant tout la quantité de substances inflammables, explosives, toxiques ou polluantes. Pour la protection de l'environnement, les facteurs les plus importants sont la distance par rapport aux nappes phréatiques ou aux eaux de surface, le type de drainage et les conditions d'accès des services d'intervention.

B.3.2 Tunnels

Un tunnel formant un espace confiné, un incendie dans ce milieu va dégrader la visibilité et provoquer son envahissement par la fumée et les gaz toxiques, une élévation rapide de la température et la raréfaction de l'oxygène dans l'air. Un incendie est donc beaucoup plus lourd de conséquences pour les usagers lorsqu'il se produit dans un tunnel qu'à l'air libre. Il est donc essentiel de prévoir des moyens adéquats pour assurer que les usagers puissent se soustraire au danger ou être secourus par les équipes d'intervention. Cela veut dire que des voies d'évacuation doivent être prévues en nombre suffisant et que les systèmes de ventilation doivent être puissants et efficaces, surtout dans les tunnels à double sens de circulation. Ces règles s'imposent également pour parer aux conséquences des accidents qui, sans entraîner d'incendie, s'accompagnent néanmoins d'émissions de gaz toxiques.

Dans un tunnel un incendie, outre la mise en danger des usagers de la route, cause aussi aux éléments structurels, aux installations et aux véhicules, des dommages tels qu'une très longue fermeture s'impose parfois.

La puissance d'un incendie, mesurée au dégagement de chaleur exprimé en mégawatts, peut varier considérablement en fonction du type de véhicule et du chargement en cause.

L'AIPCR donne quelques exemples, présentés dans le tableau ci-après⁵.

⁵ «Fire and Smoke Control in Road Tunnels», Comité des tunnels routiers (C5) de l'AIPCR, 1999.

Type de véhicule	Charge calorifique moyenne (MJ)	Énergie dégagée moyenne (MW)	Remarques
Voiture particulière	3 000-3 900	2,5-5	Charge calorifique mesurée lors d'essais d'incendie en Finlande
Autocar	41 000	20	Charge calorifique mesurée lors d'essais EUREKA d'incendie Dégagements de chaleur mesurés avec des marchandises peu inflammables
Chargement	65 000	20-30	
Poids lourd	88 000	30	
Camion-citerne transportant 50 m ³ d'essence	1 500 000	300	Valeurs retenues par les autorités néerlandaises pour des incendies de proportions majeures

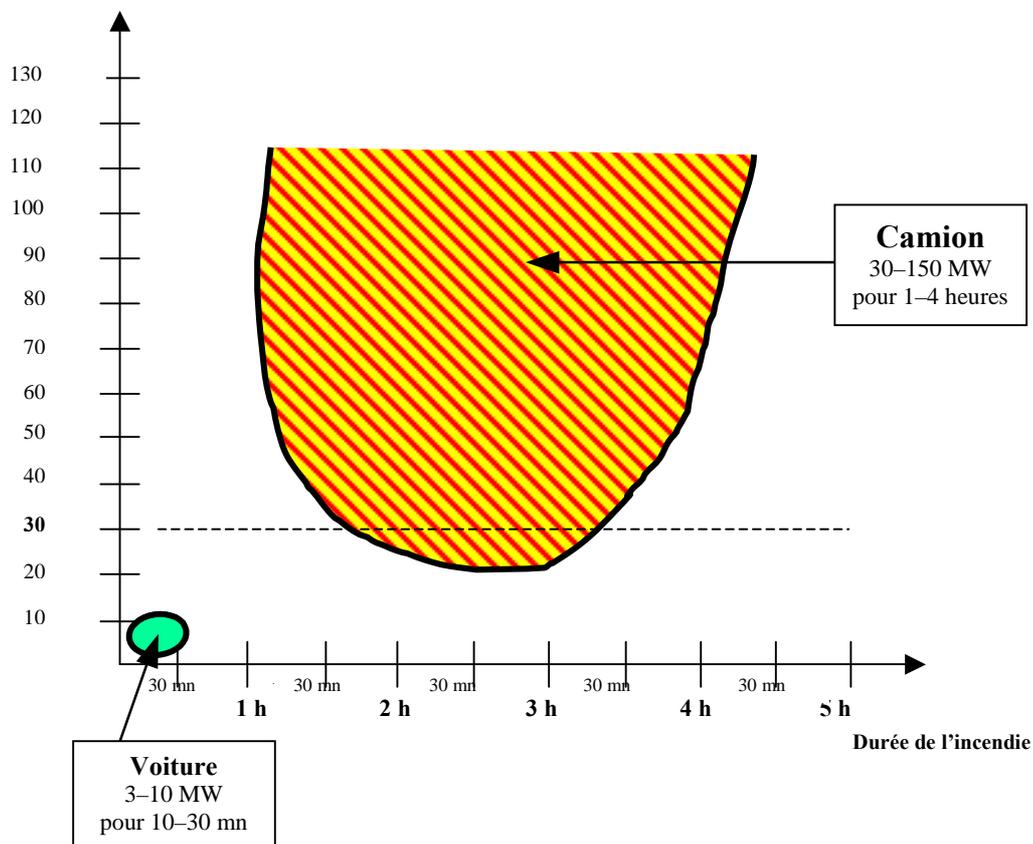
Le graphique ci-après⁶ montre que la charge calorifique est beaucoup plus faible pour une voiture que pour un camion et qu'un camion en feu brûlera beaucoup plus longtemps et en dégageant beaucoup plus d'énergie. Il convient malgré tout de ne pas sous-estimer les conséquences de l'incendie d'une voiture, compte tenu des risques d'émission de fumées épaisses et de gaz toxiques.

À la suite de consultations au niveau européen, il a été proposé, en vue du dimensionnement du système de ventilation des tunnels, de retenir le chiffre de 30 mégawatts comme valeur de référence de l'énergie dégagée par un incendie.

Pour ce qui est des incidences sur l'environnement, les conditions réunies dans un tunnel sont en général plus favorables qu'à l'air libre, abstraction faite des difficultés d'accès. Les matières liquides qui se répandent, de même que l'eau employée pour éteindre le feu, sont collectées par le système de drainage du tunnel et aux entrées.

⁶ «Sécurité dans les tunnels routiers», M. Marec, France, 2000.

Énergie maximale
en mégawatts



B.4 Sécurité dans les tunnels routiers

B.4.1 Objectifs

Les objectifs suivants ont été retenus en vue de parvenir au niveau optimal de sécurité dans les tunnels routiers:

- Premier objectif: la prévention

Prévenir les situations critiques constituant une menace pour la vie humaine, l'environnement et les installations du tunnel.

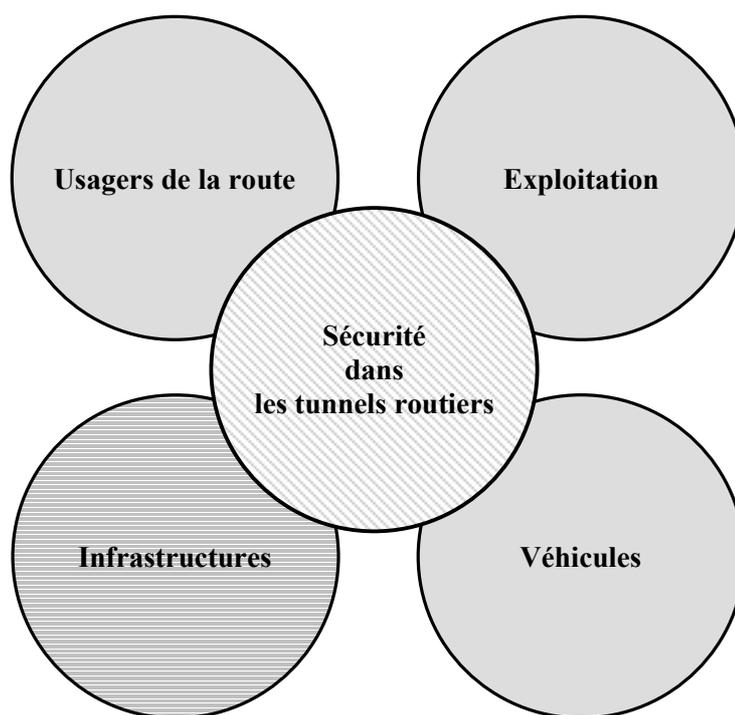
- Deuxième objectif: limiter les conséquences des accidents et des incendies; prendre ainsi les précautions optimales pour que:
 - les personnes impliquées dans l'incident prennent leur propre sauvegarde en main;

- les usagers de la route réagissent immédiatement pour prévenir toute aggravation de la situation. Un feu est généralement facile à éteindre lorsqu’il vient juste d’éclater mais 10 minutes plus tard, c’est déjà un incendie difficile à maîtriser;
- l’efficacité de l’intervention des services de secours ne soit pas compromise;
- la protection de l’environnement soit assurée;
- les dégâts matériels soient limités.

En cas d’incident, les 10 premières minutes sont déterminantes sur les plans de la sauvegarde des vies humaines et de la limitation des dégâts. La priorité n° 1 sera donc de prévenir les situations critiques: ainsi, les mesures les plus importantes à prendre seront de nature préventive.

B.4.2 Facteurs influant sur la sécurité dans les tunnels routiers

Le degré de sécurité dans les tunnels est fonction à des degrés divers de toute une série de facteurs, que l’on peut ranger dans l’une des quatre catégories du diagramme suivant:



Les divers aspects de ces quatre grandes catégories sont examinés plus en détail dans la partie qui suit.

C. MESURES D'AMÉLIORATION DE LA SÉCURITÉ DANS LES TUNNELS ROUTIERS

C.1 LE COMPORTEMENT DES USAGERS DE LA ROUTE

Facteur n° 1 de sécurité dans les tunnels routiers

C.1.1 Principes

Une analyse approfondie des incidents survenant sur le réseau routier montre qu'un accident est la résultante d'une ou plusieurs défaillances dans un système complexe incluant les conducteurs, les véhicules, la route et son milieu environnant.

Cependant, le principal facteur est l'erreur humaine, si bien que tout effort d'amélioration de la sécurité routière devra porter en premier lieu sur la prévention de ce type d'erreur. Il s'agira ensuite de faire en sorte que les erreurs qu'un conducteur sera malgré tout toujours susceptible de commettre n'aient pas de conséquences graves.

Il est certes plus facile de corriger une défaillance technique que d'influer sur le comportement humain. Un certain nombre de moyens permettent de le faire, directement ou indirectement: l'éducation, la formation des conducteurs, l'information, la réglementation, l'action des forces de l'ordre et enfin les sanctions en cas d'infraction au code de la route.

Pour l'essentiel, les règles de conduite sont les mêmes dans un tunnel et sur une route à ciel ouvert: maintenir une distance de sécurité, respecter les limitations de vitesse et les charges maximales autorisées, arrimer fermement tous les chargements et avertir les autres usagers de la route en cas de panne ou d'encombrement. Mais plus encore que sur une route à ciel ouvert, il est dans un tunnel recommandé aux conducteurs de rester à l'écoute de la radio afin de pouvoir recevoir tout message ou instruction les concernant.

Toutefois un certain nombre de règles supplémentaires s'appliquent expressément aux tunnels:

- Il est interdit de dépasser lorsqu'il n'y a qu'une seule voie de circulation dans chaque sens;
- Il est interdit de faire demi-tour ou marche arrière, à moins d'y avoir été expressément invité par le personnel compétent;
- Les feux de croisement doivent être allumés, même dans les tunnels éclairés;
- Il n'est pas permis de s'arrêter dans un tunnel, sauf en cas de force majeure auquel cas le moteur doit être arrêté immédiatement.

Les règles de comportement énumérées ci-après doivent être observées lorsque l'on conduit dans un tunnel ou en cas de panne d'un véhicule, d'encombrement, d'accident ou d'incendie:

Comportement à observer lorsque l'on conduit dans un tunnel

- Allumer ses feux de croisement

- Ôter ses lunettes de soleil
- Respecter le marquage au sol et la signalisation
- Respecter une distance adaptée par rapport au véhicule qui précède
- Écouter la radio sur la fréquence indiquée.

Comportement à observer en cas d'encombrement

- Allumer les feux de détresse
- Respecter la distance par rapport au véhicule qui précède même si la circulation se trouve ralentie ou à l'arrêt
- Arrêter le moteur si la circulation est totalement interrompue
- Guetter les messages qui peuvent vous être donnés par la radio
- Suivre les instructions données par les préposés ou par les panneaux à messages variables.

Comportement à observer en cas de panne ou d'accident (impliquant votre propre véhicule)

- Allumer vos feux de détresse
- Arrêter le moteur
- Quitter votre véhicule
- Au besoin et si possible, porter les premiers secours aux blessés
- Appeler à l'aide depuis un point d'appel d'urgence.

Comportement à observer en cas d'incendie (impliquant votre propre véhicule)

- Si possible, conduire votre véhicule jusqu'à la sortie du tunnel
Si cela n'est pas possible il faut:
 - Ranger le véhicule sur le côté et couper le moteur
 - Quitter immédiatement le véhicule
 - Lutter contre le feu à l'aide de l'extincteur du véhicule ou d'un autre disponible dans le tunnel
 - Si vous ne parvenez pas à maîtriser le feu, dirigez-vous sans attendre vers une issue de secours
 - Appeler à l'aide depuis un point d'appel d'urgence.

Comportement à observer lorsque vous êtes arrêté par un incendie (d'un autre véhicule)

- Allumer les feux de détresse
- Ranger les véhicules sur le côté et couper le moteur
- Quitter le véhicule immédiatement
- Au besoin et si possible, porter les premiers secours aux blessés
- Essayer de maîtriser l'incendie à l'aide de l'extincteur du véhicule ou d'un autre disponible dans le tunnel
- Si vous ne parvenez pas à maîtriser le feu, dirigez-vous sans attendre vers une issue de secours.

C.1.2 Mesures proposées en ce qui concerne les usagers de la route

Mesure 1.01 Campagnes d'information

Des campagnes d'information relatives à la sécurité dans les tunnels devraient être organisées régulièrement et mises en œuvre en collaboration avec les principaux partenaires.

Ces campagnes devraient porter sur le comportement à observer par les usagers de la route lorsqu'ils abordent un tunnel et lorsqu'ils le traversent, en particulier dans l'éventualité d'une panne de véhicule, d'un encombrement, d'un accident ou d'un incendie (voir C.1.1 ci-dessus).

Une information sur le dispositif de sécurité prévu et le comportement approprié des usagers de la route dans les tunnels devrait être faite par affichage dans les aires de repos précédant les tunnels et aux entrées mêmes des tunnels, là où la circulation est interrompue (par exemple aux péages).

Mesure 1.02 Épreuves d'obtention du permis de conduire

Les épreuves d'obtention du permis de conduire pour toutes les catégories de véhicules devraient comporter des questions concernant spécifiquement le comportement à adopter par les usagers de la route en cas de panne, d'embouteillage ou d'incendie dans un tunnel.

Les consignes particulières correspondant à une conduite vigilante et responsable devraient faire partie intégrante de l'enseignement de la conduite. Elles devraient prévoir l'enseignement du comportement à suivre dans les situations particulières, par exemple en cas d'encombrement, de panne d'un véhicule, d'accident ou encore d'incendie dans un tunnel (voir C.1.1 ci-dessus).

Il n'est naturellement pas possible de fournir aux conducteurs une formation pratique quant au bon comportement à adopter en cas d'encombrement, de panne d'un véhicule, d'accident ou encore d'incendie dans un tunnel. Cependant, il est possible et même souhaitable d'inclure des questions de cet ordre dans la partie théorique des épreuves d'obtention du permis de conduire.

Mesure 1.03 Sortir du tunnel avec son véhicule lorsque celui-ci a pris feu

Il conviendrait de recommander vivement au conducteur dont le véhicule vient de prendre feu de sortir du tunnel avec son véhicule dans toute la mesure possible (principe d'auto-assistance).

Cette recommandation devrait être faite aux usagers de la route aussi bien par des campagnes d'information que lors de l'enseignement de la conduite.

Mesure 1.04 Contrôles inopinés

Les contrôles inopinés des poids lourds devraient être intensifiés et la procédure devrait en être harmonisée au niveau international. Le coût d'une telle mesure serait à supporter par les administrations compétentes.

Il serait souhaitable d'intensifier les contrôles en faisant appel à divers procédés, par exemple le passage des chargements aux rayons X (voir également mesure 2.16), l'établissement de connexions en ligne avec les systèmes internationaux de suivi du trafic, l'utilisation de dispositifs de détection, etc. Le codage des véhicules et de leur chargement et l'utilisation concomitante du GPS (Global Positioning Systems) permettraient un suivi en temps réel.

Il existe d'ores et déjà, en matière de transport des marchandises dangereuses, toute une série de règlements s'appliquant aux expéditeurs, aux transporteurs, aux propriétaires des véhicules, aux conducteurs et aux destinataires. Mais la réglementation ne peut être efficace que si elle est effectivement appliquée.

Mesure 1.05 Contrôles périodiques des connaissances des conducteurs professionnels

Il conviendrait de contrôler périodiquement les connaissances des conducteurs de camions, d'autocars et d'autobus ayant trait à la sécurité de leur véhicule et son équipement.

Les conducteurs de camions, d'autocars et d'autobus sont tenus d'avoir les connaissances requises ayant trait à la sécurité de leur véhicule et son équipement afin d'être en mesure de les mettre en pratique lorsque le cas se présente. À l'avenir, il faudrait que la formation des conducteurs inclue certains aspects touchant au comportement à observer dans les tunnels routiers. Il conviendrait en particulier que tous les conducteurs apprennent à se servir correctement d'un extincteur.

Il conviendrait de soutenir les efforts déployés au niveau international pour qu'un contrôle périodique (**tous les cinq ans** au minimum) des connaissances des conducteurs de camions, d'autocars et d'autobus soit instauré.

Mesure 1.06 Contrôle des connaissances des conducteurs de véhicules transportant des marchandises dangereuses

La formation des conducteurs de véhicules transportant des marchandises dangereuses inclut d'ores et déjà une formation spéciale sanctionnée par un examen et la délivrance d'une attestation.

Ils sont tenus de suivre un cours de remise à niveau et de repasser un test tous les cinq ans pour le renouvellement de leur agrément. Cette formation initiale, de même que les cours de remise à niveau destinés aux conducteurs expérimentés, devrait inclure un enseignement sur la sécurité dans les tunnels.

Mesure 1.07 Prescriptions relatives au transport de marchandises dangereuses

Les prescriptions relatives au transport de marchandises dangereuses dans les tunnels devraient être rationalisées au niveau international.

L'OCDE et l'AIPCR ont élaboré conjointement une proposition en vue de:

1. Créer cinq catégories de chargements de marchandises dangereuses reconnues au niveau international et destinées à réglementer l'autorisation de transport de ces marchandises dans les tunnels routiers.
2. Procéder à une analyse quantitative des risques et l'établissement d'un modèle qui faciliterait la décision; en tenant compte, avant d'autoriser ou non tout ou partie du transport de marchandises dangereuses dans un tunnel, de l'itinéraire incluant ce tunnel et des autres itinéraires possibles.

Il a été recommandé:

- a) D'incorporer les cinq catégories de chargements de marchandises dangereuses proposées par l'OCDE et l'AIPCR dans les instruments juridiques appropriés de l'ONU et/ou de la CEE-ONU, afin que cette distinction devienne obligatoire dans les règlements spécifiques aux tunnels concernant le transport de marchandises dangereuses;
- b) De créer une nouvelle signalisation à installer à l'entrée des tunnels pour indiquer les catégories de marchandises dangereuses autorisées et celles qui sont interdites, en se référant aux cinq catégories proposées;
- c) De procéder à l'analyse quantitative des risques proposée par l'OCDE et l'AIPCR avant de déterminer les prescriptions à appliquer au transport de marchandises dangereuses dans un tunnel;
- d) D'étudier la possibilité de classer parmi les marchandises dangereuses certains liquides ou certaines substances qui se liquéfient facilement et présentent des pouvoirs calorifiques comparables à ceux des hydrocarbures;
- e) D'envisager au cas par cas le déploiement de certaines mesures de réduction des risques inhérents au transport de marchandises dangereuses dans les tunnels (déclaration avant

l'entrée, escorte, etc.). Il pourrait être prescrit de former des convois et d'escorter les véhicules pour le transport de certains types de marchandises particulièrement dangereuses. Toutefois, la possibilité de mettre en place de telles mesures dépend également de l'espace disponible à l'entrée ou en aval du tunnel et des moyens opérationnels disponibles;

- f) D'étudier la viabilité d'un système de détection automatique des marchandises dangereuses (par exemple, grâce à des dispositifs embarqués sur les véhicules).

Mesure 1.08 Dépassement

Dans certains cas, il devrait être possible d'interdire aux poids lourds de dépasser dans des tunnels comportant plusieurs voies de circulation dans chaque sens.

Dans la plupart des tunnels ne comportant qu'une seule voie de circulation dans chaque sens, le dépassement est déjà interdit à tous les véhicules. Dans les tunnels comportant plusieurs voies de circulation dans chaque sens, une interdiction de dépassement pour les camions pourrait contribuer dans certains cas à améliorer la sécurité routière, par exemple dans les tunnels présentant un gradient supérieur à 3 %. Cette restriction nécessiterait simplement l'apposition de panneaux de circulation adéquats et, éventuellement, la mise en place d'une signalisation à messages variables aux emplacements appropriés. Cependant, l'intégration dans le Code de la route d'une interdiction totale de dépassement dans les tunnels pour les camions risquerait de ne pas produire l'effet escompté, si bien qu'une interdiction générale n'est pas recommandée.

Mesure 1.09 Distance entre les véhicules

Pour des raisons de sécurité, les conducteurs devraient maintenir une distance adéquate par rapport au véhicule les précédant, en conditions normales mais aussi en cas de panne, d'encombrement, d'accident ou d'incendie dans un tunnel.

L'application d'une distance de sécurité minimale entre les véhicules et les moyens de faire respecter cette obligation devrait être examinée au cas par cas.

Le Code de la route prescrit à tout conducteur de maintenir une distance de sécurité suffisante par rapport au véhicule le précédant afin de pouvoir s'arrêter à temps si celui-ci freine soudainement. Cette distance (en général de l'ordre de 20 à 50 mètres) devrait être respectée constamment dans un tunnel, même lorsque la circulation est arrêtée.

Adopter une distance de sécurité de 100 mètres entre les véhicules dans tous les tunnels ne serait ni nécessaire ni souhaitable. Cependant, il devrait être possible de prescrire dans certains cas une distance minimale entre les camions (des tests ont d'ores et déjà été effectués en France et en Italie).

Mesure 1.10 Limitation de vitesse

Pour maintenir un flux de circulation uniforme, il est recommandé que, hors des zones habitées, la vitesse maximale des camions dans les tunnels ne soit pas automatiquement abaissée à 60 km/h.

Conformément aux règles en vigueur, il existe une limitation de vitesse spécifique aux camions. Elle vaut sur la plupart des diverses catégories de routes. Si la limite venait à être systématiquement abaissée à 60 km/h dans les tunnels, il en résulterait que tous les autres véhicules empruntant un tunnel ne comportant qu'une seule voie de circulation dans chaque sens devraient régler leur vitesse sur celle des camions, plus lents, ce qui ne ferait qu'aggraver les risques d'encombrement.

Dans les tunnels comportant plusieurs voies de circulation dans chaque sens, une limitation de la vitesse à 60 km/h pour les camions ne contribuerait pas à améliorer la sécurité routière mais ne ferait au contraire que rompre l'homogénéité de l'écoulement du trafic.

C.2 EXPLOITATION

En tant que facteur influant sur la sécurité dans les tunnels routiers

C.2.1 Principes

Les exploitants de tunnels ont pour responsabilités essentielles les suivantes:

- Assurer la sécurité des usagers et des agents d'exploitation aussi bien en temps normal (prévention) qu'en cas d'incident;
- Contrôler le bon fonctionnement de l'ensemble des installations (ventilation, éclairage, etc.) dans le cadre d'une exploitation normale et adapter leur fonctionnement aux nécessités du moment en cas d'incident;
- Assurer une maintenance appropriée de l'ensemble des installations structurelles et électromécaniques.

En cas d'incident, l'exploitant du tunnel est censé agir en concertation étroite avec la police de la route et les services d'intervention.

La répartition précise des tâches peut varier selon le tunnel et les conditions locales; la récapitulation présentée ci-après des diverses entités et de leurs attributions respectives correspond à la situation la plus courante:

- **L'exploitant:**
 - Assure l'entretien et le fonctionnement de l'ensemble des installations et équipements du tunnel. Ses responsabilités ont plus particulièrement trait à la ventilation, à l'éclairage et aux systèmes de régulation de la circulation;
 - Pare au traitement des incidents et procède à cette fin à des exercices de simulation;

- Surveille et contrôle les installations en tant que de besoin.
- **La police de la circulation:**
 - S’occupe des systèmes de régulation de la circulation et surveille et contrôle la circulation;
 - Pare au traitement des incidents en procédant aux exercices conçus à cet effet;
 - En cas d’incident, avertit les usagers de l’encombrement, déclenche l’intervention des services compétents et tient les usagers informés.
- **Les services d’intervention** (pompiers, services de dépannage, maîtrise des épanchements d’hydrocarbures et autres produits chimiques, protection contre les rayonnements ionisants, services ambulanciers):
 - Parent au traitement des incidents en procédant aux exercices conçus à cet effet;
 - Assurent les interventions d’urgence en cas d’incident.

L’éventail particulièrement vaste des diverses attributions est révélateur de l’importance du rôle des exploitants de tunnel et de leurs agents sur le plan de la sécurité aussi bien en temps normal qu’en cas d’incident. La diversité des attributions et des services exige un degré particulièrement élevé de coordination, surtout en cas d’incident.

Postes centraux de contrôle

Dans les tunnels dont la longueur ou le trafic le justifie, les tâches en rapport avec la surveillance de la circulation et celle du fonctionnement des équipements s’effectuent à partir de postes centraux de contrôle, d’où peuvent être commandés les systèmes de régulation de la circulation et aussi la ventilation et l’éclairage. Tous les messages concernant le tunnel sont reçus et traités dans ce central, et les messages destinés aux usagers du tunnel sont émis de ce central.

Les tâches assurées à partir de ces postes centraux de contrôle sont les suivantes:

- **Fonctionnement normal**

Surveillance de la circulation dans les tunnels et à leurs abords (surveillance vidéo, état des encombrements, véhicules à l’arrêt sur un garage, volume de trafic, etc.); surveillance des dispositifs de mesure et de régulation des installations du tunnel, réception des appels d’urgence, identification des incidents.

- **En cas d’incident**

Organisation de la réponse en fonction du type d’incident; régulation de la circulation dans le tunnel et dans la zone d’approche (fermeture du tunnel, par exemple); mise en alerte de la police et des autres services (ambulances, pompiers, maîtrise des hydrocarbures et produits chimiques, dépannage, maintenance); transmission des états de situation et des instructions par les voies appropriées (radio, etc.).

Plans d'intervention d'urgence

Les plans d'intervention d'urgence prennent en considération les divers scénarios possibles, l'interaction la plus efficace des différents services (exploitant, police de la route, services d'intervention), les itinéraires d'accès aux sites potentiels d'incidents et le fonctionnement des installations du tunnel. Une préparation sérieuse aux incidents possibles permet de se référer au déroulement des opérations qui a été prévu d'avance, laissant ainsi peu de place à l'improvisation. Ces plans ont une importance capitale dans la réduction des risques.

Ces plans recouvrent:

- Les procédures selon lesquelles les incidents sont signalés et l'alerte déclenchée;
- Les modalités d'intervention spécifiques de la police de la route, des services d'intervention et de l'exploitant et leurs attributions respectives;
- La direction et la coordination des opérations entre les divers intervenants (par exemple entre la police et les services d'intervention);
- La gestion automatique ou manuelle de la régulation de la circulation et de l'information des usagers, y compris la diffusion des consignes par radio et la mise en œuvre des autres moyens d'orientation du comportement des usagers;
- La gestion automatique ou manuelle des diverses installations propres à la sécurité du tunnel (par exemple: ventilation, éclairage).

Chaque tunnel doit disposer de son plan spécifique de réaction en cas d'urgence. Le bon déroulement d'une intervention dépend, avant tout, d'un entraînement régulier du personnel compétent et, par ce moyen, de l'affinement du plan d'intervention. L'un des aspects déterminant de cet entraînement est l'organisation des exercices de sécurité.

C.2.2 Mesures envisagées en ce qui concerne l'exploitation

Mesure 2.01 Organe de coordination de la supervision

Les pays devraient créer un organe de coordination chargé de superviser les incidents dans les tunnels routiers et les activités des organismes de contrôle compétents des tunnels.

Cet organe de coordination (dont il faut tout d'abord jeter les bases juridiques et financières) aurait les compétences et les tâches suivantes:

- Élaboration de prescriptions régissant les contrôles de sécurité dans les tunnels;
- Supervision des systèmes d'organisation et d'intervention (y compris des plans d'intervention d'urgence), de la formation et de la dotation en moyens des services de secours, en concertation avec les responsables de la sécurité;
- Définition des devoirs des responsables de la sécurité;

- Mise en œuvre des mesures nécessaires;
- Habilitation à décider la fermeture des tunnels afin de permettre aux équipes de secours de faire des exercices et d'effectuer des essais d'incendie.

Dans tous les tunnels, l'état des installations et la qualité des opérations devraient être contrôlés à intervalles de quelques années; ces intervalles seraient plus espacés en ce qui concerne le niveau général de sécurité. Ces contrôles seraient effectués par une commission ou un expert n'ayant aucun lien avec l'exploitant.

Mesure 2.02 Responsable de la sécurité

Il convient de nommer un responsable de la sécurité, du moins pour chaque tunnel d'une longueur supérieure à 1 000 mètres.

Ce responsable de la sécurité peut avoir la charge de plusieurs tunnels situés dans le même voisinage immédiat. Il devrait être investi par l'exploitant du tunnel, la police, les pompiers et avoir les compétences et les pouvoirs nécessaires à l'exécution des tâches suivantes:

- Planification de l'organisation des services de secours et de leurs plans d'intervention;
- Planification, exécution et évaluation des opérations de secours;
- Participation à la définition des plans de secours et des équipements d'infrastructure (nouveaux ouvrages et transformations);
- Formation du personnel d'exploitation, de la police de la route et des services de secours et organisation d'exercices à intervalles réguliers;
- Participation à la réception des ouvrages (structures et équipement).

L'entretien des installations et des équipements et leur remise en état garantissent la sécurité d'exploitation d'un tunnel et, partant, celle des usagers.

Mesure 2.03 Exercices périodiques de maîtrise des incendies et de sauvetage

Il conviendrait d'élaborer des règlements régissant les exercices périodiques de maîtrise des incendies et de sauvetage dans les tunnels en conditions aussi réelles que possible.

- Les sites retenus aux fins de tels exercices devraient être aussi réalistes que possible et correspondre aux scénarios d'incidents définis;
- Tous les exercices devraient donner lieu à un bilan clair;
- La planification devrait s'effectuer en concertation avec les spécialistes de la maintenance et les services de secours, dans le souci d'éviter toute dégradation du tunnel et de réduire au minimum la perturbation du trafic;

- La simulation d'exercices sur ordinateur peut permettre d'obtenir des données complémentaires.

Mesure 2.04 Affectation d'un tunnel aux exercices et essais

Il conviendrait de construire ou de mettre à disposition, en dehors du réseau routier, un tunnel destiné aux exercices et aux essais des services de secours.

Il conviendrait de porter une plus grande attention à la mission spéciale que constitue le sauvetage de personnes en cas d'incident sur la route ou dans les tunnels. L'une des principales difficultés dans ce domaine tient à l'absence de sites permettant de former le personnel de secours et d'incendie en conditions réelles, puisqu'il n'est normalement pas possible de fermer un tunnel pour leur permettre de procéder à des exercices. Vu l'importance des investissements et des coûts de fonctionnement, il faudrait rechercher des contributions au niveau international.

Mesure 2.05 Données concernant les incendies

Il conviendrait que les responsables de la sécurité et l'organe national de coordination répertorient et analysent tous les incendies dans les tunnels.

Des bases de données sur les accidents et les incendies dans les tunnels permettraient de compiler des statistiques sur leur fréquence et leurs causes et de disposer ainsi d'informations sur le rôle effectif et l'efficacité des moyens et équipements de sécurité. Il serait souhaitable, pour arrêter des mesures préventives, que ces informations soient échangées et coordonnées par les parties intéressées au niveau international.

Mesure 2.06 Ventilateurs mobiles à haut débit

Il conviendrait d'étudier avec soin la possibilité de mettre à la disposition des services d'intervention des ventilateurs mobiles à haut débit.

L'utilisation de ventilateurs mobiles à haut débit n'est recommandée que pour la sécurité des services d'intervention, la protection de leurs équipements, notamment dans les tunnels ne disposant pas d'aération mécanique et, dans une certaine mesure, pour la protection des structures.

Mesure 2.07 Caméras infrarouge

Les équipes de sapeurs-pompiers intervenant dans les tunnels devraient être dotées de caméras infrarouge.

L'utilisation de ce type de caméra est recommandée pour la protection des équipes et de leurs équipements.

Mesure 2.08 Fermeture de voies de circulation

La fermeture totale ou partielle de voies de circulation pour les besoins de travaux programmés d'entretien ou de construction devrait toujours intervenir à l'extérieur du tunnel. L'utilisation de feux de circulation à l'intérieur des tunnels est à éviter pour de telles opérations programmées. Elle doit être réservée pour les incidents.

La fermeture totale ou partielle de voies dans les tunnels doit autant que possible être évitée. La signalisation nécessitée par la fermeture de voies de circulation devrait être installée avant le portail du tunnel. Des panneaux à messages variables, des feux de circulation ou des barrières mécaniques peuvent être utilisés à cette fin.

En cas d'incident grave, le tunnel devrait être fermé immédiatement et entièrement (tous les tubes). Pour cela, on devrait actionner simultanément les dispositifs en aval du portail mais aussi les panneaux à messages variables, les feux de circulation et éventuellement les barrières mécaniques présentes à l'intérieur du tunnel, de manière à bloquer toute circulation aussi rapidement que possible à l'intérieur comme à l'extérieur du tunnel.

Mesure 2.09 Temps d'arrivée sur les lieux en cas d'urgence

En cas d'incident dans un tunnel, le temps nécessaire aux équipes d'intervention pour arriver sur les lieux devrait être aussi court que possible. Pour les tunnels à potentiel de risque plus élevé (grands tunnels bidirectionnels à fort trafic), il pourrait être nécessaire dans certains cas de poster des équipes d'intervention à chacune des extrémités.

En cas d'incident dans un tunnel et, en particulier, en cas d'incendie, il est de la plus haute importance que les équipes d'intervention puissent être sur place aussi vite que possible.

Mesure 2.10 Désignation d'un seul et unique centre de commande

Pour les tunnels commençant et finissant dans un pays différent ou relevant des autorités de différentes régions nationales d'un même pays, un seul et unique centre de commande doit être en charge à quelque moment que ce soit.

Pour éviter tout malentendu dans la prise de décisions et garantir une réaction aussi rapide que possible, il est vivement recommandé de désigner un centre de commande unique pour les tunnels gérés par des autorités différentes.

Mesure 2.11 Contrôle du respect des règles de circulation

Le contrôle du respect des règles de circulation devrait être amélioré en recourant à des systèmes automatiques facilitant la détection et la répression des infractions commises dans les tunnels.

Il conviendrait en particulier de mieux contrôler le respect de la distance entre les véhicules et la vitesse à l'intérieur des tunnels, pour assurer un écoulement plus fluide du trafic et une plus grande sécurité.

Mesure 2.12 Systèmes de gestion du trafic

Les tunnels à fort volume de trafic devraient être équipés de systèmes de gestion du trafic, qui peuvent contribuer à éviter les engorgements dans les tunnels.

La gestion du trafic doit permettre qu'après un incident, les véhicules non concernés puissent quitter le tunnel rapidement.

Mesure 2.13 Itinéraires de remplacement

En cas de fermeture (provisoire ou prolongée) d'un tunnel, les meilleurs itinéraires de remplacement possibles doivent être signalés aux points de déviation et portés à la connaissance des autorités.

Ces itinéraires de remplacement devraient être intégrés dans la planification des dispositions automatiquement applicables en cas d'incident, de manière à préserver autant que possible la fluidité de la circulation.

Pour les tunnels bitubes, il conviendrait de procéder à une étude de sécurité pour déterminer si, en cas de fermeture prolongée de l'un d'entre eux, l'autre pourrait être utilisé pour assurer un trafic bidirectionnel. Pour les nouveaux tunnels, les itinéraires de déviation devraient être prévus au stade de la conception, par exemple en dimensionnant les deux galeries de telle sorte que chacune puisse supporter temporairement une circulation dans les deux sens.

Mesure 2.14 Fonctionnement des systèmes de ventilation

Il conviendrait de parvenir à une plus grande harmonisation du fonctionnement des systèmes d'aération dans les tunnels.

À cette fin, les directives au niveau national devraient s'inspirer de ce qui a été fait dans ce domaine par l'AIPCR et d'autres organismes.

Mesure 2.15 Directives concernant les essais concrets d'incendie

Des directives concernant la préparation, l'exécution et l'évaluation des essais d'incendie dans les tunnels devraient être établies au niveau international. En attendant, tous les essais concrets d'incendie dans les tunnels exigent l'agrément de l'administration routière concernée.

Compte tenu des nouvelles directives actuellement à l'étude en matière de ventilation, il serait naturellement souhaitable de procéder à une harmonisation de ces essais au niveau international, en concertation étroite avec les responsables des sapeurs-pompiers.

Les obligations des personnes chargées de préparer, exécuter et évaluer les exercices pratiques de maîtrise des incendies dans les tunnels sont telles que leur mission requiert des connaissances poussées des lois de la physique dans les tunnels pour pouvoir tirer des conclusions fiables et utiles. Les coûts liés à ces exercices sont donc particulièrement élevés, comme l'est d'ailleurs le risque d'interprétations erronées. Il n'en reste pas moins que cette

démarche est indispensable pour recueillir des informations utiles pour la conception et le comportement des systèmes de ventilation.

Mesure 2.16 Détection de la surchauffe des poids lourds

Une détection (automatique ou autre) de la surchauffe des poids lourds, notamment du moteur ou des freins, devrait intervenir avant l'entrée des tunnels, du moins ceux dont l'approche est longue et raide (comme c'est souvent le cas des tunnels de montagne).

Les poids lourds peuvent arriver en état de surchauffe à l'entrée des tunnels de montagne précédés d'une forte pente. Il conviendrait donc de prévoir un espace suffisant pour inspecter les véhicules et immobiliser ceux dont le refroidissement est nécessaire avant de pénétrer dans un tunnel long ou à fort volume de trafic.

C.3 INFRASTRUCTURE

en tant que facteur influant sur la sécurité dans les tunnels routiers

C.3.1 Principes

Vu le nombre élevé et l'interdépendance des éléments importants pour la sécurité, les mesures concernant l'infrastructure doivent être coordonnées avec soin. Cela vaut surtout pour les éléments construits sur la base de normes antérieures et qui doivent être adaptés pour répondre aux nouvelles exigences de sécurité.

Les administrations routières énoncent des prescriptions de sécurité sous forme de directives ou de règlements applicables à tous les tunnels routiers, ce qui permet de garantir le même degré de sécurité sur tout le réseau. Actuellement, plusieurs directives ou règlements nationaux sont déjà appliqués. D'autres sont en cours de révision ou, dans certains cas, doivent être élaborés ou achevés. Ces nouvelles directives ou règlements nationaux doivent être révisés et coordonnés sur le plan international.

L'infrastructure comprend tous les éléments structurels, le matériel de ventilation et les autres équipements électromécaniques.

Éléments structurels

Parmi les éléments structurels figure le nombre de tubes du tunnel, leur géométrie, leur disposition et leur profil longitudinal, les couloirs d'évacuation, les moyens d'accès au lieu d'un accident, les garages, le drainage de la route et toutes les installations structurelles nécessaires à l'équipement (installation de ventilations, refuges, etc.).

Ventilation

La ventilation du tunnel est très importante pour prévenir ou limiter la diffusion de la fumée et des gaz toxiques en cas d'incendie. Ces dernières années, la réduction des émissions de polluants des véhicules à moteur a pris le pas sur les risques d'incendie en tant que critère principal pour le choix et le dimensionnement des systèmes de ventilation des tunnels. Les niveaux d'émission ayant été fortement réduits, surtout dans le cas des poids lourds, le facteur déterminant pour la conception des systèmes de ventilation est aujourd'hui leur capacité

en cas d'incendie. Les mécanismes de contrôle de la ventilation dans les tunnels doivent inclure la détection de l'écoulement longitudinal de l'air et, dans certains cas, celle des incendies.

Les systèmes de ventilation comprennent:

- Des éléments **structurels** (gaine en voûte, canaux d'entrée et de sortie, installations de ventilation, gaines);
- Des équipements **mécaniques** (ventilateurs, plaques et clapets d'inversion, silencieux, registres);
- Des matériels **électroniques et électriques** (unités de commande de moteurs, capteurs de surveillance, boîtes d'interrupteurs pour l'alimentation électrique).

Les **quatre systèmes principaux de ventilation** ci-après sont utilisés, en fonction de la longueur du tunnel, de la circulation dans un sens ou bidirectionnelle et du volume du trafic:

- **Ventilation naturelle** (pas de ventilateurs)

Elle est utilisée dans les tunnels de faible longueur; la longueur acceptable dépend du volume du trafic et du type de circulation (à sens unique ou bidirectionnelle).

- **Ventilation longitudinale**

La ventilation longitudinale artificielle produit un flux d'air longitudinal uniforme sur toute la longueur du tube. Ce résultat est généralement obtenu au moyen de ventilateurs de jet. Ce système est particulièrement adapté aux tunnels unidirectionnels, mais peut aussi être utilisé dans certains cas dans des tunnels bidirectionnels de faible longueur.

- **Ventilation semi-transversale**

Dans les systèmes semi-transversaux et transversaux, l'air de ventilation est introduit et/ou extrait au moyen de gaines construites à cette fin.

Dans les systèmes traditionnels semi-transversaux en exploitation normale, l'air frais est distribué sur toute la longueur du tunnel pour diluer les polluants émis par les véhicules; l'air vicié n'est pas extrait, mais s'écoule longitudinalement jusqu'aux entrées de tunnel. En cas d'incendie, l'extraction s'effectue au plafond pour permettre le désenfumage.

Dans les systèmes réversibles semi-transversaux, la même gaine est utilisée pour fournir l'air frais dans des conditions normales et désenfumer en cas d'incendie. En raison du temps nécessaire pour inverser le flux d'air dans la gaine en cas d'incendie, ce système ne devrait plus être utilisé et des gaines séparées devraient être construites pour fournir l'air frais et extraire la fumée.

Quelques pays utilisent un système semi-transversal assurant seulement l'extraction, l'air étant extrait du tube par une gaine séparée, tandis que l'air frais pénètre dans le tube par les entrées de tunnel, en exploitation normale comme en cas d'incendie.

Dans tous les systèmes semi-transversaux, les événements pour l'extraction de l'air qui relie le tube et la gaine d'extraction peuvent être ouverts ou fermés au moyen de registres à commande mécanique. Cela signifie qu'en cas d'incendie, on peut extraire la fumée du tronçon intéressé et éviter ainsi la diffusion de la fumée le long du tunnel.

- **Ventilation transversale**

À la différence des systèmes semi-transversaux, on procède en exploitation normale simultanément à l'introduction d'air frais et à l'extraction de l'air pollué (par deux gaines séparées) le long du tunnel. Cette méthode est utilisée surtout dans les tunnels de grande longueur et à fort trafic.

Il existe de nombreuses possibilités d'adaptation et de combinaison des méthodes de ventilation mentionnées ci-dessus.

Un incendie d'une puissance de 30 mégawatts (incendie de poids lourd avec chargement de combustibilité moyenne) sert de référence pour le dimensionnement de la ventilation en cas d'incendie. Il atteint sa puissance thermique maximale en dix minutes, le flux de fumée est alors d'environ 80 m³/s, et sa durée dépasse 60 minutes.

Autres équipements électromécaniques

Les autres équipements électriques et électromécaniques présentant de l'importance pour la sécurité peuvent se subdiviser en quatre catégories principales:

- Alimentation électrique et éclairage;
- Détection de l'état de fonctionnement et des accidents;
- Systèmes émetteurs d'avertissements et d'instructions pour les usagers de la route;
- Équipement destiné à réduire et à éliminer les risques.

Il importe que les usagers de la route connaissent les installations à utiliser pour assurer leur protection et puissent les trouver le plus rapidement possible: il s'agit des couloirs d'évacuation, des postes d'appel d'urgence et des extincteurs. L'emplacement de ces installations de sécurité doit être clairement indiqué par des signaux appropriés. Pour accroître le niveau de sécurité dans les tunnels, des efforts doivent être entrepris pour normaliser ces signaux dans toute l'Europe et assurer qu'ils soient (et restent) très visibles en cas d'incendie.

Il importe que des avertissements et instructions soient donnés pour réduire au minimum les souffrances humaines. Ces avertissements peuvent être émis par radio, etc., et les instructions doivent notamment indiquer les couloirs d'évacuation.

C.3.2 Mesures proposées concernant l'infrastructure

Mesure 3.01 Nombre de tubes et de voies de circulation

Un tunnel faisant partie intégrante du système routier, les principaux critères à prendre en compte pour décider s'il doit être à un seul tube ou à deux tubes doivent être le volume de trafic et la sécurité.

Dans toute la mesure possible, on doit avoir le même nombre de voies à l'intérieur et à l'extérieur du tunnel. Si le volume de trafic prévu est faible, on pourra construire un tunnel à un seul tube; s'il est élevé, il faudra construire un tunnel bitube.

La détermination du nombre requis de tubes en fonction du volume de trafic prévu et de la sécurité est une méthode appropriée, même si la longueur du tunnel, les conditions topographiques et le pourcentage de poids lourds peuvent aussi influencer sur la décision en faveur d'un tunnel à un seul ou plusieurs tubes.

Mesure 3.02 Directives concernant les sorties de secours et la ventilation

Les directives concernant les sorties de secours et la ventilation devraient être coordonnées au niveau international. En particulier, dans le cas des tunnels à tube unique (circulation à double sens et à sens unique), les directives devraient préciser les cas dans lesquels des couloirs d'évacuation sont nécessaires.

a) Généralités

Dans les tunnels à tube unique, l'aménagement de couloirs d'évacuation ou de galeries de sécurité spéciales est onéreux. Il est donc indispensable d'évaluer avec soin si ces aménagements sont nécessaires pour minimiser les risques, en liaison avec d'autres mesures. Les principaux critères à prendre en considération sont le volume de trafic, la longueur du tunnel, le type et la capacité du système de ventilation.

b) Ventilation

L'AIPCR recommande de n'utiliser un système de ventilation longitudinale dans les tunnels bidirectionnels que si une analyse appropriée démontre que le risque est acceptable. L'analyse de risque doit prendre en considération les coefficients et conditions de conception, et en tous cas le volume et le type de trafic, ainsi que la géométrie du tunnel.

Dans les tunnels à tube unique dont la ventilation transversale ou semi-transversale, la longueur suffisante et/ou le volume de trafic le justifient, les mesures minimales suivantes concernant la ventilation devraient être prises:

- On devrait installer des registres d'extraction de l'air et des fumées pouvant être commandés séparément.
- La vitesse longitudinale de l'air et des fumées et le processus de commande automatique du système de ventilation (registres, ventilateurs, etc.) devraient être vérifiés constamment et réglés en conséquence.

- Des systèmes perfectionnés de détection d'incendie devraient être installés.

c) Sorties de secours

Si les analyses de scénario d'incendie (envahissement par les fumées et vitesse de propagation dans les conditions locales courantes) indiquent que les dispositions susmentionnées sont insuffisantes pour assurer la sécurité de l'utilisateur de la route, des mesures supplémentaires doivent être prises. Il peut s'agir d'aménager des sorties de secours tous les 200 à 500 mètres (voire moins), en utilisant des galeries d'évacuation perpendiculaires de faible longueur pour sortir à ciel ouvert, si la topographie le permet, ou dans une galerie de sécurité parallèle. Construire une galerie de sécurité sous la chaussée peut être une solution acceptable, si l'analyse économique et technique le justifie.

S'il s'avère très difficile du point de vue économique ou technique (en raison de la topographie) d'aménager des couloirs d'évacuation, les analyses de scénario d'incendie doivent indiquer que la sécurité de l'utilisateur de la route est assurée même sans couloir d'évacuation. Dans ce cas, le tube même du tunnel est utilisé comme voie d'évacuation; sinon il faut construire des couloirs d'évacuation.

La construction d'une galerie d'exploration ou d'une galerie pilote peut être une bonne solution s'il est prévu de construire un deuxième tube à une date ultérieure. Cette galerie pourra être utilisée comme voie d'évacuation en attendant l'achèvement du deuxième tube.

Les abris non munis d'une sortie conduisant au couloir d'évacuation vers l'extérieur présentent des risques inacceptables; ce type d'abri fermé ne devrait plus être construit.

Dans les tunnels à un seul tube actuellement en service, la sécurité de l'utilisateur en cas d'incendie doit être contrôlée et, s'il y a lieu, il conviendra de modifier les couloirs d'évacuation et les systèmes de ventilation.

Mesure 3.03 Utilisation des galeries de communication dans les tunnels bitubes

Dans les tunnels bitubes, en cas d'accident dans l'un des tubes, l'autre devrait pouvoir servir de voie d'évacuation et de secours, sinon des communications directes avec l'extérieur devraient être aménagées dans chaque tube.

La solution actuelle consistant à utiliser des communications transversales entre les deux tubes d'un tunnel comme couloirs d'évacuation et de secours en cas d'accident dans l'un des tubes a été examinée et elle est recommandée. La construction de galeries de communication permettant de passer d'un tube à l'autre est une mesure efficace et généralement peu coûteuse.

- Les tubes devraient être reliés par des galeries de communication pour piétons à des intervalles de 200 à 500 mètres (voire moins) selon le volume de trafic;
- Tous les 600 à 1 500 mètres, on devrait prévoir une galerie de communication permettant le passage des véhicules des services de secours;
- En cas d'incident, la circulation devrait être arrêtée et déviée dans les deux tubes pour que le tube non touché puisse servir de voie d'évacuation et de secours;

- Des moyens appropriés (par exemple des portes dans tous les cas et des sas à air chaque fois que possible) devraient empêcher la propagation de la fumée ou des gaz d'un tube à l'autre.

Mesure 3.04 Passage sur le terre-plein central à l'entrée des tunnels

Chaque fois que possible, il faudrait prévoir un passage sur le terre-plein central devant les entrées de tunnel.

Cette mesure permettra aux services de secours d'accéder directement à l'un ou l'autre tube.

Mesure 3.05 Directives concernant l'équipement des tunnels

Les directives et les exigences relatives aux équipements des tunnels doivent être adaptées à l'état actuel de la technique compte tenu du travail effectué par l'AIPCR et d'autres organisations internationales.

Ces directives devraient définir les critères applicables à l'installation d'équipements dans les tunnels, spécifier les délais d'achèvement du travail et établir les règles applicables aux essais de fonctionnement d'ensemble.

Les directives s'appliquent à toutes les installations et tous les systèmes, y compris l'alimentation électrique, l'éclairage, la ventilation, les systèmes de signalisation, de mesure et de surveillance, de communication centrale et d'information, les câbles, l'équipement auxiliaire et les structures associées. La révision ou le remplacement des équipements existants devrait être effectuée après l'adoption de nouvelles technologies ou la publication de résultats concernant la sécurité.

On estime nécessaire de réviser les directives antérieures eu égard aux résultats d'études récentes concernant les nouvelles technologies en matière de sécurité. Ces améliorations devraient porter sur les aspects de sécurité suivants:

- Indication par éclairage et signalisation des issues de secours, des niches de sécurité et du matériel de lutte contre l'incendie;
- Installation systématique d'extincteurs dans les tunnels et à leurs entrées, ainsi que de bouches d'incendie pour les pompiers;
- Équipement des tunnels en matériel radioélectrique utilisable par les sapeurs-pompiers (canal des services d'urgence)
- Équipement des tunnels sous surveillance humaine en dispositifs de transmission de messages d'urgence aux usagers de la route par radio;
- Équipement des tunnels sous surveillance de plus de 1 000 mètres de longueur en systèmes de vidéosurveillance comprenant des dispositifs automatiques de détection d'incident;

- Alimentation électrique de sécurité par câbles de haute et basse tension (électricité, radio, etc.). Conception de circuits électriques, de mesure et de contrôle tels qu'une défaillance locale (due par exemple à un incendie) n'entraîne pas la perte des circuits non touchés;
- Ventilation appropriée pour le désenfumage en cas d'incendie;
- Aménagement de garages, surtout dans les tunnels étroits à fort volume de trafic. Dans les tunnels présentant des risques élevés, les garages devraient être rapprochés (distance actuelle entre 500 et 1 000 mètres).

Il est recommandé que les services de lutte contre l'incendie et autres services d'urgence participent davantage à la phase de planification lorsqu'il s'agit de questions concernant la sécurité. Les 10 premières minutes sont décisives pour la sécurité des usagers de la route dans le cas d'un incident (et en particulier d'un incendie). La détection rapide est donc d'une extrême importance.

Les directives devraient être coordonnées au niveau international sur les points suivants:

- a) Harmonisation de la nature des équipements de sécurité à la disposition des usagers (extincteurs, téléphones, radiocommunications);
- b) Mise en place de dispositifs (signalisation, barrières et autres, si nécessaire), permettant d'arrêter les usagers de la route à l'entrée du tunnel et, dans les longs tunnels, à intervalles réguliers à l'intérieur du tunnel;
- c) Amélioration de la détection automatique des incendies;
- d) Haut-parleurs (l'utilisation de haut-parleurs ne devrait être recommandée que s'ils sont utiles, par exemple au niveau des feux de circulation placés avant le portail, lorsque toute la circulation est arrêtée, ou dans les couloirs de sécurité pendant l'évacuation; dans les tubes, ils sont souvent rendus inutiles par le bruit de la circulation et de la ventilation);
- e) Les directives devraient prévoir que les annonces soient faites dans des langues différentes (par exemple l'appel à évacuation immédiate) par télédiffusion ou par des panneaux à messages variables harmonisés sur le plan international.

Mesure 3.06 Systèmes automatiques d'extinction d'incendie

La technologie actuelle n'est pas suffisamment perfectionnée pour que l'on puisse recommander l'emploi de systèmes automatiques intégrés d'extinction d'incendie dans les tunnels.

Il convient de poursuivre les travaux de recherche industrielle sur ces systèmes et d'autres techniques nouvelles de lutte contre l'incendie pour en vérifier l'efficacité et déterminer dans quelles conditions ils pourraient être utilisés.

Mesure 3.07 Normalisation d'une courbe de température-temps

Introduction dans la normalisation internationale d'une courbe température-temps représentative d'un incendie violent dans un tunnel, en vue d'assurer une résistance au feu suffisante des structures et équipements indispensables à la sécurité.

Lors de la conception des structures de tunnels, on devrait assurer une résistance suffisante au feu pour qu'en cas d'incendie, les usagers puissent être évacués, que les équipes de secours puissent opérer dans des conditions de sécurité et que des destructions de biens importantes puissent être évitées.

Pour compléter les travaux menés conjointement par l'AIPCR et l'AITES, il faudrait élaborer des directives internationales définissant les prescriptions requises pour chaque élément de structure car selon son rôle spécifique pour la sécurité et l'intégrité des tunnels, le niveau de résistance au feu sera plus ou moins élevé.

Mesure 3.08 Équipements de sécurité

Les équipements de sécurité requis dans les tunnels devraient être définis sur la base d'une évaluation au cas par cas du potentiel de risque du tunnel considéré.

Les points suivants devraient être pris en considération pour déterminer le potentiel de risque des tunnels:

Nombre de tubes, circulation à sens unique ou bidirectionnelle, volume de trafic (moyenne annuelle du trafic journalier et risques d'engorgement), composition du trafic (par exemple pourcentage de poids lourds), longueur du tunnel, tracé, coupe transversale, gradient longitudinal, type de construction, etc.)

Les gradients longitudinaux supérieurs à 5 % devraient être évités dans toute la mesure possible.

Dans les tunnels unidirectionnels présentant des risques d'engorgement journalier, les mêmes mesures devraient être prises en considération que dans les tunnels bidirectionnels.

Mesure 3.09 Systèmes de signalisation routière

Les règlements relatifs aux systèmes de signalisation routière dans les tunnels et dans les zones d'alerte préalable des tunnels devraient être améliorés et harmonisés au niveau international.

L'introduction de signaux et de panneaux appropriés dans les instruments juridiques existants de la CEE-ONU devrait être examinée par le Groupe de travail de la sécurité de la circulation (WP.1) en vue d'assurer une plus grande harmonisation au niveau international et d'améliorer ainsi la sécurité. Les signaux verticaux et horizontaux ainsi que les panneaux à messages variables devraient être conformes aux recommandations spécifiques énumérées à l'annexe 1, aussi bien pour le choix des signaux que pour les matériaux utilisés.

Mesure 3.10 Signalisation des sorties de secours et des installations de sécurité

Les règlements régissant la signalisation des sorties de secours et des installations de sécurité dans les tunnels devraient être améliorés et harmonisés au niveau international.

L'introduction dans les instruments juridiques existants de la CEE-ONU des signaux et panneaux nécessaires devrait être examinée par le Groupe de travail de la sécurité de la circulation (WP.1) en vue d'assurer une plus grande harmonisation au niveau international et d'améliorer ainsi la sécurité. Des signaux spécifiques devraient être utilisés pour indiquer les sorties de secours et installations de sécurité suivantes dans les tunnels:

- Sorties de secours: le même signal devrait être utilisé à l'entrée des sorties directes vers l'extérieur, des communications transversales avec l'autre tube ou une galerie de sécurité;
- Voies d'évacuation vers les sorties de secours: les deux sorties de secours les plus proches devraient être indiquées par des signaux disposés environ tous les 50 mètres sur les parois du tunnel à une hauteur de 1-1,5 mètre et avec indication des distances;
- Niches de sécurité: indication de la présence d'un poste d'appel d'urgence et d'un extincteur;
- Garages: ils devraient être systématiquement signalés à l'avance et équipés par définition d'un poste d'appel d'urgence et d'un ou plusieurs extincteurs;
- Fréquences radio: le signal devrait être mis en place avant les tunnels, à leur entrée et tous les 1 000 mètres dans les tunnels longs.

Tous ces signaux devraient être dimensionnés avec soin et mis en place de façon à garantir une visibilité nette et optimale à tous les usagers. Ils devraient tous être lumineux (ou éclairés) en permanence. Une liste des signaux, panneaux et pictogrammes utilisables dans les tunnels figure dans l'annexe au présent rapport. Cette liste est fournie à titre d'information.

Mesure 3.11 Critères de surveillance humaine

Des critères devraient être définis pour prendre des décisions concernant la nécessité d'une surveillance humaine dans certains tunnels (tunnels longs, volumes de trafic élevés).

Si dans une région on doit prévoir plusieurs salles de commandes de tunnel, il convient de vérifier si la surveillance de ces tunnels peut être coordonnée par la transmission de signaux vidéo et de données opérationnelles à un centre opérationnel unique.

C.4 VÉHICULES

En tant que facteur influant sur la sécurité dans les tunnels routiers

C.4.1 Principes

Évolution technologique

En ce qui concerne la sécurité des véhicules routiers, l'évolution technologique au cours des 10 à 15 dernières années a été rapide. Les véhicules automobiles (voitures particulières et camions) sont donc aujourd'hui plus sûrs que jamais.

Au cours de cette évolution, il s'est aussi avéré possible de réduire encore le risque de voir un accident provoquer un incendie (par exemple grâce aux prescriptions relatives à l'impact d'une collision et aux mesures de sécurité à prendre pour placer les réservoirs de carburant). Les incendies dus à des défauts mécaniques ou électriques sont maintenant moins fréquents et le contrôle périodique des véhicules peut réduire les risques au minimum.

Ces perfectionnements techniques, assurant une plus grande fiabilité des véhicules, présentent l'inconvénient que de nombreux conducteurs ont faussement l'impression d'une sécurité accrue et ne respectent plus les limites et lois physiques incontournables (concernant par exemple la masse du véhicule, la force centrifuge, les distances de freinage, etc.).

Les véhicules présentent certes aujourd'hui un niveau élevé de sécurité, mais leur entretien, surtout dans le cas des poids lourds, doit recevoir l'attention voulue. Des entretiens et contrôles périodiques sont nécessaires pour veiller au bon fonctionnement des freins, des turbocompresseurs, des systèmes électriques, etc. Il importe de faire en sorte que les circuits d'alimentation en carburant et lubrifiant ne présentent pas de fuites susceptibles de provoquer un incendie.

Instruments juridiques internationaux

Plusieurs instruments juridiques s'appliquent aux véhicules au niveau international. Les principaux sont les suivants:

Convention de Vienne de 1968 sur la circulation routière

Conformément à la Convention sur la circulation routière du 8 novembre 1968, toutes les parties contractantes doivent admettre sur leur territoire tous les véhicules automobiles et remorques d'autres pays qui satisfont aux prescriptions techniques énoncées à l'annexe 5 de la Convention.

Accord du 20 mars 1958 concernant l'adoption de prescriptions techniques uniformes applicables aux véhicules à roues, aux équipements et aux pièces susceptibles d'être montés ou utilisés sur un véhicule à roues et les conditions de reconnaissance réciproque des homologations délivrées conformément à ces prescriptions.

Cet Accord, complété par plus de 110 règlements techniques, vise à faciliter l'utilisation sur le territoire d'une partie contractante des véhicules, équipements et pièces homologués conformément à ces prescriptions par les autorités compétentes d'une autre partie contractante.

Accord concernant le contrôle technique périodique

L'Accord du 13 novembre 1997 concernant l'adoption de conditions uniformes applicables au contrôle technique périodique des véhicules à roues et la reconnaissance réciproque des contrôles prévoit que les véhicules automobiles d'un poids supérieur à 3,5 tonnes utilisés pour le transport international de personnes ou de marchandises doivent subir un contrôle technique annuel. Au niveau de l'UE, la directive 96/96/CE du 20 décembre 1996 concernant le rapprochement des législations des États membres relatives au contrôle technique des véhicules automobiles et de leurs remorques définit les types de véhicules soumis aux contrôles techniques et la périodicité de ces contrôles.

Évaluation de divers éléments

Extincteurs/systèmes de lutte contre l'incendie

On trouve aujourd'hui facilement sur le marché des extincteurs et des systèmes fiables de lutte contre l'incendie. Les extincteurs sont peu coûteux, par contre, l'installation de systèmes automatiques de lutte contre l'incendie dans les véhicules est plus complexe et coûteuse. Le degré d'efficacité dépend du type d'incendie et du lieu où il se produit. Pour que les extincteurs et les systèmes de lutte contre l'incendie restent fonctionnels, des spécialistes qualifiés doivent procéder à des contrôles périodiques.

Prescriptions relatives aux réservoirs de carburant et à leur disposition dans le véhicule

Dans les véhicules modernes, les réservoirs de carburant sont installés de façon à assurer un degré maximal de sécurité en cas de collision. Ils doivent être installés de sorte à être protégés contre l'impact d'une collision à l'avant ou à l'arrière du véhicule.

Le Règlement CEE n° 34, concernant l'adoption de prescriptions uniformes pour l'homologation des véhicules en ce qui concerne la prévention des risques d'incendie énonce les prescriptions de base relatives aux réservoirs de carburant liquide. Ce règlement est en cours d'amendement en vue d'en renforcer les dispositions et d'étendre son champ d'application à toutes les catégories de véhicules.

Une fois ce règlement amendé sa portée sera équivalente à celle de la Directive 70/221/CEE du 20 mars 1970 concernant le rapprochement des législations des États membres relatives aux réservoirs de carburant liquide et aux dispositifs de protection arrière des véhicules automobiles et de leurs remorques, dernièrement amendée par la Directive 2000/8/CE, mais il comportera par ailleurs des prescriptions supplémentaires telles que des procédures d'essai de collision frontale et latérale conformes aux Règlements CEE n^{os} 94 et 95.

Puissance du moteur

La puissance du moteur est un facteur de risque du point de vue de la sécurité dans les tunnels, car un véhicule dont le moteur n'est pas suffisamment puissant ne peut maintenir sa vitesse sur les routes d'approche à forte pente des tunnels de montagne. Il représente donc un obstacle à la fluidité du trafic, ce qui a pour effet de réduire la capacité de la route et/ou d'amener les autres usagers à entreprendre des manœuvres dangereuses.

Turbocompresseurs

L'allégation selon laquelle des turbocompresseurs chauds provoqueraient souvent des incendies de véhicules n'a pas été confirmée dans les études effectuées à ce jour. Mais, des défauts techniques, en particulier des composants pouvant laisser fuir du lubrifiant ou du carburant sur les parties chaudes du moteur ou du tuyau d'échappement augmentent les risques d'incendie du véhicule.

Freins

D'après les enquêtes effectuées par l'AIPCR, les freins chauds de poids lourds sont souvent une cause d'incendie. Il importe donc qu'ils soient correctement entretenus par des spécialistes qualifiés. Les freins correctement réglés risquent beaucoup moins de surchauffer.

Système vidéo de surveillance du fret; détecteurs de fumée

On trouve facilement sur le marché des systèmes de surveillance vidéo et des détecteurs de fumée. Le degré d'efficacité de ces derniers dépend du type d'incendie considéré. Il s'agit d'un équipement coûteux et sa mise en place est souvent complexe.

Systèmes électriques

Dans les véhicules modernes, tous les composants électriques actifs sont connectés par l'intermédiaire de fusibles de sécurité et de fusibles automatiques. En cas de court-circuit, le circuit intéressé est automatiquement déconnecté et devra être réparé dès que possible. Des prescriptions spéciales s'appliquent aux véhicules utilisés pour le transport des marchandises dangereuses.

Réduction du bruit/encapsulation

Les véhicules modernes doivent respecter des normes de plus en plus strictes en matière de protection de l'environnement et de niveau sonore et, outre les améliorations de la conception des moteurs et des systèmes d'entraînement, on est amené à utiliser des méthodes complexes de lutte antibruit telles que l'encapsulation des moteurs. Le matériau isolant utilisé à cette fin est ignifuge, mais dans certains cas il peut cependant prendre feu s'il reste longtemps en contact avec les parties chaudes du moteur ou le système d'échappement.

C.4.2 MESURES PROPOSÉES POUR LES VÉHICULES

Mesure 4.01 Dispositifs d'extinction

Tous les véhicules lourds (poids lourds, autobus et autocars) devraient être obligatoirement équipés d'un ou plusieurs extincteurs manuels. En outre, il faudrait étudier la possibilité d'équiper les poids lourds, les autobus et les autocars de dispositifs de détection de chaleur, voire d'extinction automatique.

Dans de nombreux pays, les extincteurs manuels sont déjà obligatoires pour ce type de véhicules, en particulier les autobus, les autocars et les véhicules transportant des marchandises dangereuses. Cette mesure devrait être étendue à tous les véhicules lourds circulant en Europe.

Mesures 4.02 Quantité de carburant transportée

La quantité de carburant transportée par les poids lourds, les autobus et les autocars ne figurant pas dans la catégorie du transport de marchandises dangereuses devrait être réduite pour limiter les conséquences éventuelles en cas d'incendie d'un véhicule dans un tunnel.

Le Groupe de travail du transport des marchandises dangereuses (WP.15) et le Forum mondial de l'harmonisation des Règlements concernant les véhicules (WP.29) du Comité des transports intérieurs sont invités à déterminer la quantité maximale de carburant qui devrait être autorisée sur la base d'une analyse de la réduction des risques dans les tunnels en tenant compte de la nécessité d'avoir une autonomie suffisante aux fins du transport commercial.

Mesures 4.03 Résistance au feu des réservoirs de carburant

Il faudrait étudier l'opportunité et les modalités d'exigences minimales de tenue au feu des réservoirs des poids lourds, autobus et autocars.

Mesures 4.04 Poids et dimensions des poids lourds

Il est recommandé de ne plus autoriser d'autres augmentations de la largeur des poids lourds ou du poids de leur charge qui auraient pour effet d'accroître la capacité calorifique des poids lourds.

Le Groupe d'experts a estimé que l'infrastructure actuelle des tunnels en Europe ne permettrait pas d'accepter de nouvelles augmentations de la largeur, de la longueur et du poids maximal autorisé des poids lourds.

Mesure 4.05 Utilisation de matériaux hautement inflammables dans les véhicules

Il faudrait entreprendre une étude des mesures d'interdiction des matériaux hautement inflammables dans la construction des véhicules (y compris les véhicules réfrigérés).

Ces matériaux hautement inflammables peuvent libérer des vapeurs toxiques ou accélérer la propagation du feu à d'autres véhicules.

Mesure 4.06 Contrôles techniques

Tous les poids lourds, autobus et autocars devraient être soumis à des contrôles techniques annuels, tels ceux définis dans l'Accord CEE-ONU du 13 novembre 1997 ou la Directive européenne 96/96/CE, en particulier pour les points contribuant à la prévention des incendies de véhicule.

D. CONCLUSION

D.1 Sécurité dans les tunnels routiers

Les risques potentiels généralement rencontrés dans les tunnels routiers doivent être pris au sérieux, mais ils ne doivent pas être source d'anxiété. Comme indiqué plus haut, les tronçons de route à l'intérieur des tunnels sont parmi les plus sûrs, ce dont témoigne la fréquence généralement plus faible d'accidents survenus dans des tunnels par rapport aux tronçons de route à l'air libre. Les principales raisons de cet état de fait ne sont pas difficiles à trouver. L'intérieur des tunnels est pratiquement à l'abri des perturbations météorologiques et l'éclairage y demeure constant.

En revanche, en cas d'accident dans un tunnel, l'impact est souvent beaucoup plus important que sur les tronçons à l'air libre. À n'en pas douter, ces faits justifient le travail détaillé entrepris par toutes les parties mentionnées au début du présent rapport.

La sécurité dans les tunnels routiers n'est pas simplement une question d'exploitation efficace et d'infrastructure rationnelle. Elle dépend aussi en grande mesure du comportement des usagers et de l'état des véhicules. Il importe donc que les usagers soient constamment sensibilisés aux règles du bon comportement à respecter dans les tunnels routiers, en partie par des campagnes d'information et d'éducation, mais aussi dans le cadre de l'enseignement de la conduite. En cas d'accident, la détection et la capacité des usagers de la route à se sauver eux-mêmes sont de la plus grande importance.

D.2 Perspectives

Outre les mesures citées dans le présent rapport en ce qui concerne l'amélioration du comportement des usagers de la route, l'accroissement du niveau d'efficacité opérationnelle, l'amélioration de l'infrastructure des tunnels et des véhicules eux-mêmes, plusieurs autres questions devront être examinées à l'avenir. Ce travail a déjà été entrepris dans certains cas.

Le comportement des usagers et les caractéristiques de certains matériaux doivent encore être étudiés du point de vue de la sécurité dans les tunnels routiers. Les aspects suivants devraient faire l'objet d'études approfondies (la liste qui suit n'est cependant pas exhaustive):

- Comportement des personnes dans les tunnels (claustrophobie, etc.).

Le comportement des usagers peut changer sensiblement lorsqu'ils conduisent dans un long tunnel (par exemple, à cause de l'ennui, de la claustrophobie, etc.) avec des conséquences négatives sur la sécurité.

- Rôle des exploitants de tunnel.

Les compétences et les responsabilités des exploitants de tunnel devraient être clairement définies sous forme de règlement. Les exploitants devraient fournir aux membres de leur personnel une formation spécialisée complète pour qu'ils puissent faire face efficacement à tous les accidents éventuels.

- Marchandises dangereuses: analyse de risque, efficacité des mesures visant à réduire ou éliminer des risques

À l'initiative conjointe de l'OCDE et de l'AIPCR, un modèle généralement applicable d'analyse quantitative des risques a été mis au point. Il peut être utilisé pour évaluer les risques et le degré d'efficacité des mesures à prendre pour y faire face, afin de permettre une comparaison efficace des risques. Il conviendrait d'encourager l'utilisation à grande échelle de ce modèle, ainsi que son perfectionnement.

- Détermination du niveau de sécurité des divers tunnels

Sur la base des divers paramètres mentionnés sous la mesure 3.8, il conviendrait d'élaborer des méthodes pour évaluer le niveau général de sécurité d'un tunnel, ainsi que sa sensibilité au changement des paramètres.

- Base de données des incendies dans les tunnels

Une base de données internationale pour l'enregistrement des données relatives aux incendies dans les tunnels devrait être créée pour permettre des évaluations détaillées. Cela exige la collaboration concrète de toutes les parties intéressées, y compris les sapeurs-pompiers, sur la base de définitions établies d'un commun accord.

- Dimensionnement des systèmes de ventilation

Le désenfumage est un élément essentiel de la sécurité en cas d'incendie. L'amélioration des systèmes de ventilation et leur exploitation devraient faire l'objet de travaux de recherche permanents. L'AIPCR effectue actuellement des études dans ce domaine.

- Comportement au feu des matériaux

Il conviendrait d'accorder une plus grande attention sur le plan international aux matériaux utilisés pour la construction des véhicules automobiles.

- Détection des incendies

La détection immédiate et fiable des incendies et le repérage de leur emplacement exact sont de la plus haute importance dans la plupart des tunnels. Des systèmes perfectionnés sont actuellement en cours d'élaboration.

- Équipements fixes de lutte contre le feu

Les systèmes d'extinction automatique (sprinkler) n'étant pas recommandés pour le moment, il importe de poursuivre les travaux de recherche sur les techniques de remplacement. Parmi les solutions à l'étude, on peut citer les systèmes émulseurs fixes et les systèmes à pulvérisation d'eau utilisés déjà depuis quelque temps dans des installations industrielles. Il faudra procéder à des essais pour vérifier qu'ils peuvent être utilisés dans les tunnels.

- En ce qui concerne l'élaboration de directives, il convient d'intensifier la coopération et la coordination sur le plan international, pour que les règlements et normes à appliquer assurent dans toute l'Europe un niveau optimal de sécurité.

D.3 Coûts

Vu la nécessité de rénover les tunnels et les nouvelles tâches à entreprendre dans le domaine des services de secours, le budget consacré à l'entretien et à la modernisation du réseau routier devra être accru en Europe au cours des prochaines années.

Des kilomètres supplémentaires de routes/autoroutes traversant des tunnels actuellement en cours de construction vont être ouverts au trafic au cours des prochaines années, et il faudra accroître en conséquence les investissements dans ce domaine pour assurer le niveau optimal de sécurité dans tous les tunnels.

D.4 Mesures ultérieures

Avec la publication du présent rapport final, le Groupe d'experts a achevé son mandat: un catalogue détaillé et complet de mesures concernant les tunnels routiers a été établi, en vue de limiter les risques pour la circulation dans les tunnels européens et de réduire au minimum les conséquences des accidents éventuels. Cependant l'amélioration des niveaux de sécurité dans les tunnels routiers reste un objectif permanent, qui ne saurait être atteint par la seule publication d'un rapport final.

Le rapport du Groupe d'experts sera présenté en anglais, en français et en russe en vue de son examen par le Comité des transports intérieurs à sa soixante-quatrième session, qui se tiendra du 18 au 21 février 2002. Le Président du Groupe d'experts présentera les recommandations au Comité lors de sa session. Par la suite, le rapport sera communiqué aux organes subsidiaires compétents du Comité des transports intérieurs, qui examineront les recommandations à inclure dans les instruments juridiques qu'ils administrent.

Le Groupe d'experts recommande que de nouveaux experts soient désignés pour poursuivre les travaux consacrés à l'étude de la sécurité dans les tunnels ferroviaires. En ce qui concerne les tunnels routiers, le Groupe d'experts est convenu qu'il serait dans l'avenir souhaitable d'organiser des réunions régulières (éventuellement tous les deux ans) pour étudier les faits nouveaux survenus dans le domaine de la sécurité dans les tunnels et évaluer les progrès accomplis par les organes subsidiaires du Comité des transports intérieurs au sujet de l'inclusion des recommandations dans les divers instruments juridiques.

E. ANNEXES

ANNEXE 1 – Signalisation routière pour les tunnels

La signalisation devrait être conforme aux règles spécifiques suivantes, pour le choix des signaux comme pour les matériaux utilisés.

Signalisation verticale

- La signalisation verticale obligatoire dans la zone de présignalisation d'un tunnel devrait inclure:
 - Le signal «Tunnel» tel que décrit dans la Convention de Vienne sur la signalisation routière (signal E, 11a); ce signal devrait indiquer l'utilisation des feux de croisement et comporter également un panneau supplémentaire indiquant la longueur et le nom du tunnel, en particulier pour les tunnels de plus de 1 000 mètres;
 - La vitesse maximale limitée au chiffre indiqué (signal C, 14) à respecter dans le tunnel;
 - Le signal «interdiction de dépasser» (C, 13a /C, 13aa/ C, 13 ab pour tous les véhicules ou C, 13b/C, 13ba/C, 13bb pour les véhicules affectés au transport de marchandises) le cas échéant;
 - Si nécessaire, d'autres signaux additionnels tels que le signal interdisant l'entrée aux véhicules transportant des marchandises dangereuses (C, 3h) ou certaines marchandises dangereuses (C, 3m ou C, 3n; voir aussi mesure 1.7).
- La signalisation verticale obligatoire dans le tunnel devrait inclure:
 - Le signal «Vitesse maximale limitée au chiffre indiqué» (C, 14) tous les 500 mètres, dans le cas des tunnels de plus de 1 000 mètres;
 - Le cas échéant, le signal «Interdiction de dépasser» (C, 13a/ C, 13aa/ C, 13ab pour tous les véhicules ou C, 13b/ C, 13 ba/ C, 13bb pour les véhicules affectés au transport de marchandises) tous les 500 mètres dans le cas des tunnels de plus de 1 000 mètres.
- La signalisation verticale obligatoire au-delà du tunnel devrait inclure:
 - Le signal (E, 11b «Fin de tunnel») et les signaux appropriés annonçant la fin de la limitation de vitesse (C, 17b) ou des interdictions (C, 17c «Fin de l'interdiction de dépasser» ou C, 17d «Fin de l'interdiction de dépasser pour les véhicules affectés au transport de marchandises»).
- Il conviendrait d'utiliser dans la signalisation verticale des matériaux rétro réfléchissants de qualité supérieure assurant une perceptibilité optimale:

- Les signaux à l'intérieur des tunnels devraient être réalisés en matériaux assurant une rétro réflexion maximale et ils devraient être éclairés en permanence intérieurement ou extérieurement pour assurer une perceptibilité optimale de jour comme de nuit;
- Les matériaux utilisés dans les tunnels et dans la zone de présignalisation devraient offrir le niveau le plus élevé de performance pour la réflectivité, spécifié dans les normes nationales de chaque pays, en utilisant une feuille rétro réfléchive à haute performance basée sur la technologie des microcubes, assurant la visibilité de nuit en cas de panne électrique.

Signalisation horizontale (marques routières)

- Une délimitation horizontale devrait être mise en place au bord de la chaussée (ligne de bord) à une distance comprise entre 10 et 20 centimètres de la limite de la chaussée. Cette ligne devrait avoir une largeur de 30 centimètres. La largeur des lignes centrales devrait être au minimum de 15 centimètres (*référence: Action COST 331 «performance du marquage routier»*).
- Dans le cas des tunnels bidirectionnels, des délinéateurs rétro réflécheurs («yeux de chat») devraient être mis en place de part et d'autre de la ligne médiane (simple ou double) séparant les deux sens de circulation à une distance comprise entre 10 et 15 centimètres du bord extérieur de chaque ligne.
- Des délinéateurs rétro réflécheurs devraient être mis en place tous les 20 mètres au maximum conformément à la législation nationale concernant leur hauteur et dimension maximale. Si le tunnel est en courbe, cette distance devrait être ramenée à 8 mètres pour les 10 premiers réflécheurs à partir de l'entrée du tunnel.
- Des matériaux rétro réflécheurs de qualité supérieure assurant une perceptibilité optimale devraient être utilisés dans la signalisation horizontale:
 - Les marques routières doivent être de la plus haute qualité pour garantir une visibilité de jour et de nuit 24 heures sur 24;
 - Les marques routières doivent offrir le degré de perceptibilité le plus élevé sur route mouillée;
 - Les délinéateurs rétro réflécheurs doivent être de la plus haute qualité pour assurer la meilleure visibilité de nuit.

Signaux, panneaux, pictogrammes pour la signalisation des installations

La partie A de l'appendice suivant offre une liste des divers signaux, panneaux et pictogrammes éventuels à utiliser pour la signalisation des installations.

Panneaux à messages variables

- Dans les tunnels sous surveillance, les panneaux à messages variables (PMV) devraient être utilisés à l'entrée du tunnel et si possible avant l'entrée pour afficher des messages précis en cas d'accident dans le tunnel ou pour arrêter la circulation avant l'entrée en cas d'accident.
- Dans les larges tunnels, ces panneaux devraient être également répétés à l'intérieur.
- Les signaux et pictogrammes utilisés sur les panneaux à messages variables dans les tunnels devraient être harmonisés. Une liste des signaux et pictogrammes éventuels à utiliser sur les PMV figure dans la partie B de l'appendice ci-après.

Appendice

La liste ci-après de signaux, panneaux et pictogrammes est présentée uniquement à titre d'information.

A) Signaux, panneaux, pictogrammes pour la signalisation des installations

Niches de sécurité

Les niches de sécurité offrent divers équipements de sécurité, notamment des postes d'appel d'urgence et les extincteurs, mais elles ne sont pas destinées à protéger les usagers de la route des effets d'un incendie. Les signaux devraient indiquer l'équipement mis à la disposition des usagers de la route, par exemple:

Poste d'appel d'urgence

Les couleurs sont celles définies dans la norme CEN de décembre 2000



Extincteur

Le pictogramme est celui que définit la norme ISO 6309

Dans les niches de sécurité, un texte très lisible écrit en plusieurs langues devrait indiquer que la niche de sécurité n'assure aucune protection en cas d'incendie. Le texte ci-après en offre un exemple:

**CET ESPACE N'ASSURE AUCUNE
PROTECTION
EN CAS D'INCENDIE**

**Veillez rejoindre une issue de secours
en suivant les signaux indiqués sur les murs**

Garages

Les garages sont des élargissements destinés à permettre l'arrêt d'urgence. Ils sont signalés comme indiqué ci-dessus; on pourra aussi utiliser un fond de couleur verte; la présence d'un téléphone et d'un extincteur est indispensable dans les garages et elle devra être indiquée par un panneau supplémentaire. Ces renseignements peuvent aussi être inclus dans le signal lui-même.



Issues de secours

Les signaux destinés à indiquer les «issues de secours» devraient être conformes au pictogramme proposé par la norme ISO 6309 ou la norme CEN de décembre 2000. Le fond doit être de couleur verte. Des exemples en sont présentés ci-après:



Il est également nécessaire de signaler les deux issues les plus proches sur les parois latérales, tous les 50 mètres environ, à une hauteur de 1–1,5 mètre. Des exemples sont présentés ci-dessous:

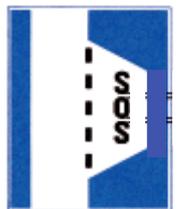


Fréquence radio

Réglez votre récepteur radio sur la fréquence indiquée.



Essayez d'amener votre véhicule sur une bande d'arrêt d'urgence, un garage ou au moins l'accotement ou le bord de la chaussée:



B) Pictogrammes pour la signalisation par PMV

Les signaux et pictogrammes présentés ici n'existent pas encore dans des instruments juridiques internationaux.

*Observez les feux et signaux de circulation
(Les signaux peuvent être modifiés dans le tunnel)*



Panne



Accident



Incendie dans un véhicule



Allumez vos feux de détresse



Arrêtez votre moteur si l'encombrement persiste



ANNEXE 2 – Liste des abréviations

AGR	Accord européen sur les grandes routes de trafic international
AIPCR	Association mondiale de la route
AIT/FIA	Alliance internationale de tourisme/Fédération internationale de l'automobile
CE	Communauté européenne
CEE-ONU	Commission économique des Nations Unies pour l'Europe
CTI	Comité des transports intérieurs
DARTS	Structures de tunnel durables et fiables
FRI	Fédération routière internationale
IRU	Union internationale des transports routiers
ITA	International Tunnelling Association
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OFROU	Office fédéral suisse des routes
UE	Union européenne
WERD	Conférence des directeurs des routes d'Europe de l'Ouest
WP	Groupe de travail du CTI

ANNEXE 3 – Nombre de tunnels de plus de 1 000 mètres en Europe

À la demande du Groupe pluridisciplinaire spécial d'experts de la sécurité dans les tunnels, un questionnaire a été adressé à tous les pays membres.

Dans la partie A du questionnaire, il a été demandé des renseignements sur la législation et les réglementations nationales relatives à la sécurité dans les tunnels.

Dans la partie B, il a été demandé des données concernant chaque tunnel et ses tubes (par exemple, longueur, galerie en déblai ou couverte, type de ventilation, etc.).

On pourra trouver un récapitulatif complet des réponses reçues au questionnaire sur le site Web de la Division des transports de la CEE-ONU à l'adresse suivante:

<http://www.unece.org/trans/main/itc/ac7.html>

**TABLEAU RÉCAPITULATIF: NOMBRE ET LONGUEUR DES TUNNELS DANS LES PAYS
MEMBRES DE LA CEE-ONU**

Pays	Code ISO	Nombre de tunnels > 1 000 m	Dont ≥ 1 000 m et < 2 000 m	Dont ≥ 2 000 m et < 3 000 m	Dont ≥ 3 000 m et < 4 000 m	Dont ≥ 4 000 m et < 5 000 m	Dont ≥ 5 000 m et < 6 000 m	Dont ≥ 6 000 m et < 7 000 m	Dont ≥ 7 000 m et < 8 000 m	Dont ≥ 8 000 m et < 10 000 m	Dont ≥ 10 000 m
Andorre	AD	1	1								
Arménie	AM	1	1								
Autriche	AT	55	22 (9*)	16 (10*)	3 (1*)	1*	6 (4*)	3 (2*)	1*	2*	1* (13 972 m)
Belgique	BE	7	6 (1*)	1							
Bosnie-Herzégovine	BA	2	2*								
Chypre	CY	0 (1 = 864 m)									
Croatie	HR	9	5 (4*)	1*			3 (2*)				
Danemark	DK	1				1					
Finlande	FI	0									
France	FR	46	27 (9*)	4 (1*)	8 (4*)	2 (1*)		1		1*	3 (12 901 m*) (11 600 m*) (10 000 m)
Allemagne	DE	38	28 (5*)	7 (3*)	2*				1		
Hongrie	HU	0									
Islande	IS	3			1		1			1	
Israël	IL	0									
Italie	IT	177	131	27	9	6	1				1
Lettonie	LV	0									
Lichtenstein	LI	0									
Lituanie	LT	0									
Malte	MT	0									
Moldova	MD	0									

Pays	Code ISO	Nombre de tunnels > 1 000 m	Dont ≥ 1 000 m et < 2 000 m	Dont ≥ 2 000 m et < 3 000 m	Dont ≥ 3 000 m et < 4 000 m	Dont ≥ 4 000 m et < 5 000 m	Dont ≥ 5 000 m et < 6 000 m	Dont ≥ 6 000 m et < 7 000 m	Dont ≥ 7 000 m et < 8 000 m	Dont ≥ 8 000 m et < 10 000 m	Dont ≥ 10 000 m
Monaco	MC	1	1								
Pays-Bas	NL	4	2	1				1			
Norvège	NO	203	107 (32*)	45 (12*)	21 (4*)	9 (6*)	9 (2*)	6 (2*)	3	1	2 (24 509 m*) (11 428 m)
Pologne	PL	0									
Portugal	PT	3 (2 à Madère)	3								
Roumanie	RO	0									
Fédération de Russie	RU	5	2	1	1	1					
République slovaque	SK	1				1					
Espagne	ES	25	16 (5*)	3	2	1*	2 (1*)			1*	
Suède	SE	3	1	2							
Suisse	CH	67	41 (30*)	12 (7*)	8 (6*)	1	2	1*		1*	1* (16 918 m)
Turquie	TR	8	5	1	2						
Royaume-Uni	GB	7	5	1	1						
Yougoslavie	YU	0									
34 réponses		666 (183*)	407 (97*)	124 (35*)	58 (17*)	21 (9*)	24 (9*)	12 (5*)	5 (1*)	7 (5*)	8 (5*)
TOTAL (1)		661 (181*)	404 (96*)	124 (35*)	58 (17*)	21 (9*)	24 (9*)	12 (5*)	5 (1*)	6 (4*)	8 (5*)

Les totaux peuvent inclure des tunnels en construction ou en phase de planification.

(*) Nombre de tunnels sur les routes E, mais ce nombre est inexact, certains pays n'ayant pas fourni ce type de renseignement.

(1) Chiffre obtenu après correction pour les tunnels internationaux mentionnés deux fois.
