



**Conseil Économique
et Social**

Distr.
GÉNÉRALE

TRANS/AC.7/9/Corr.1
5 juin 2002

FRANÇAIS seulement

COMMISSION ÉCONOMIQUE POUR L'EUROPE

COMITÉ DES TRANSPORTS INTÉRIEURS

Groupe spécial multidisciplinaire d'experts
sur la sécurité dans les tunnels

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

RAPPORT FINAL

du 10 décembre 2001

Adresses utiles

1) Nations Unies

M. José Capel Ferrer
Directeur
Division des transports
Commission économique pour l'Europe
Palais des Nations
CH-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)
CH-3003 Berne, Suisse
Téléphone: (+41 31) 323 93 87
Fax: (+41 31) 322 80 76
michel.egger@astra.admin.ch

Vice-président

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
F-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 spécial multidisciplinaire d'experts sur la sécurité dans les tunnels	13
B. PRINCIPES	15
B.1 Développement du trafic routier	15
B.2 Accidents de la route	16
B.3 Ampleur des préjudices	17
B.4 Sécurité dans les tunnels routiers	19
C. MESURES D'AMÉLIORATION DE LA SÉCURITÉ DANS LES TUNNELS ROUTIERS	21
C.1 Le comportement des usagers de la route, en tant que facteur N°1 influant sur la sécurité dans les tunnels routiers	21
C.2 Exploitation En tant que facteur influant sur la sécurité dans les tunnels routiers	26
C.3 Infrastructure En tant que facteur influant sur la sécurité dans les tunnels routiers	32
C.4 Véhicules En tant que facteur influant sur la sécurité dans les tunnels routiers	40
D. CONCLUSION	44
D.1 Sécurité dans les tunnels routiers	44
D.2 Perspectives	45
D.3 Coûts	45
D.4 Prochaines étapes	46
E. ANNEXES	47
Annexe 1 - Signalisation routière pour les tunnels	47
Appendice	49
Annexe 2 - Liste des abréviations	52
Annexe 3 - Nombre de tunnels de plus de 1 000 mètres en Europe	53
Tableau récapitulatif	54

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 de réunir à nouveau le Groupe d'experts en janvier 2002 aux fins d'examiner les possibles retombées sur le rapport de l'enquête officielle menée par les autorités suisses.

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 inquiétudes à propos de la sécurité dans les tunnels, mais le fait est que concepteurs, constructeurs et exploitants s'étaient déjà bien avant 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 actions 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 sur la sécurité dans les tunnels, auquel les États membres de la CEE-ONU et les organisations compétentes ont été invités à participer. Conformément au mandat défini par le CTI, ce groupe a porté en premier lieu ses efforts 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). La continuation des travaux sur les tunnels ferroviaires nécessitera la désignation d'experts en provenance de ce secteur.

Avec la publication du présent rapport final, le mandat du Groupe d'experts se trouve accompli: un catalogue exhaustif des mesures concernant les tunnels routiers a été 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 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 spécial
multidisciplinaire d'experts
sur 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. Parallèlement aux actions entreprises, à la suite de ces accidents, au niveau national et au sein de divers organismes professionnels, a été créé, sous l'égide du Comité des transports intérieurs de la Commission économique pour l'Europe des Nations Unies, un groupe pluridisciplinaire spécial d'experts sur 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 défini par le CTI, 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 des accidents. La probabilité d'accidents est considérablement plus faible sur les autoroutes que sur les routes à circulation bidirectionnelle. Par ailleurs, le nombre d'accidents est souvent plus faible dans les tunnels qu'à l'air libre, surtout sur les parcours assez longs. Il n'en reste pas moins qu'en raison du 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 organisationnel. 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 du contrôle de la circulation et services 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 des 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 préalables pour que:
 - Les personnes directement impliquées assurent leur propre sauvetage;
 - 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 niveau de sécurité dans les tunnels est fonction, à des degrés divers, 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.

Pour chacune de ces catégories, le groupe d'experts a défini un ensemble de mesures visant à renforcer la sécurité dans les tunnels routiers:

- Dix mesures concernent les usagers de la route: information, éducation et formation des conducteurs, contrôles réguliers pour les conducteurs de poids lourds et d'autocars, propositions visant à rationaliser les règlements applicables au transport des marchandises dangereuses.
- Seize mesures concernent 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, harmonisation des directives et réglementations, création d'une base de données sur les accidents et les incendies dans les tunnels, amélioration du matériel des équipes de secours, mise à disposition d'un tunnel réservé à la pratique d'exercices de secours et d'essais; etc.
- Onze mesures concernent les infrastructures: directives applicables aux tunnels à tube unique, courbe température-temps unifiée, harmonisation des systèmes de signalisation, adaptation des équipements de sécurité au potentiel de risque; etc.
- Six mesures concernent les véhicules: limitation de la quantité de carburant transporté par les poids lourds, contrôles techniques annuels de ces véhicules, etc.

Le mandat du groupe d'experts s'achève avec la publication de ce rapport final. Ce document dresse un catalogue exhaustif des mesures recommandées pour les tunnels routiers. Ces mesures doivent maintenant être soumises pour adoption à la soixante-quatrième session du CTI, qui aura lieu du 19 au 21 février 2002. Elles seront ensuite soumises à l'examen des divers groupes de travail compétents, en leur qualité d'organes subsidiaires du CTI, qui auront à déterminer dans quelle mesure elles peuvent être incorporées dans les instruments juridiques de la CEE-ONU.

D'autres experts devront être choisis afin de poursuivre les travaux sur la sécurité dans les tunnels ferroviaires. Pour ce qui est des tunnels routiers, le groupe d'experts a estimé souhaitable de tenir, dans l'avenir, des réunions régulières (au moins tous les deux ans, voire plus fréquemment si nécessaire) afin de suivre l'évolution dans ce domaine et être informé du suivi par les organes subsidiaires du CTI de l'incorporation des recommandations dans les divers instruments juridiques.

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, dans le tunnel du Tauern en Autriche, s'est produite une collision entre un camion, quatre voitures et un autre camion, chargé de divers récipients de peinture sous pression, qui était arrêté 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 et rénovés, les installations de sécurité structurelles et techniques doivent être conformes aux recommandations, réglementations ou normes nationales et internationales. Ces installations ne peuvent être pleinement efficaces que si elles sont correctement utilisées et associées à un service de secours efficace et à un comportement adapté des conducteurs. A cet égard, le contrôle et la surveillance de la circulation par la police ou une autre autorité compétente ont un effet préventif. Cependant, même des efforts constants et soutenus des autorités responsables de la construction routière ainsi que 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 mis en lumière les risques encourus dans les tunnels et conduit les responsables politiques à s'impliquer bien que la question n'ait pas été négligée auparavant. En effet, les concepteurs, constructeurs et exploitants de tunnels avaient acquis, au fil des ans, une expérience non négligeable dans ce domaine et plusieurs pays possédaient une réglementation. Au niveau international, le Comité des tunnels routiers de l'Association mondiale de la route (AIPCR), avait formulé un certain nombre de recommandations et établi un rapport sur la maîtrise de l'incendie et des fumées¹. Depuis 1995, l'AIPCR mène, avec l'Organisation de Coopération et de Développement Economiques (OCDE), 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 spécial. Ce dernier avait reçu mission de s'attaquer à la question par l'étude d'une série élargie d'aspects relatifs à la sécurité de tous les tunnels de plus de 600 mètres situés sur le réseau routier national, avec l'objectif de réduire les risques d'accidents de cette nature. Le groupe a travaillé en concertation étroite avec les cantons et avec les pays voisins. Certaines mesures pouvant améliorer la sécurité à court terme ont été immédiatement mises en œuvre, tandis que d'autres le seront ultérieurement.

Les autorités françaises ont très rapidement entrepris un contrôle de la sécurité de tous les tunnels routiers de plus d'un kilomètre de long. En trois mois, un comité national d'évaluation avait examiné 40 tunnels. Un an plus tard, en août 2000, une nouvelle réglementation sur la sécurité dans les tunnels routiers était approuvée. Ce texte comprend des instructions techniques précises, mais ne concerne que les

¹ « Maîtrise de l'incendie et des fumées dans les tunnels routiers », Comité des tunnels routiers (C5) de l'Association mondiale de la route, 1999.

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 aux tragiques incendies, la Commission européenne a convoqué une réunion d'experts en septembre 1999. Cette réunion a montré que toute démarche tendant à assurer un niveau élevé de sécurité dans les tunnels devait nécessairement être précédée d'une investigation détaillée mais qu'il était aussi nécessaire de prendre d'abord en considération le travail effectué dans d'autres instances avant d'élaborer un texte à destination 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 (RTD). Des crédits ont été affectés à un projet de recherche sur la longévité et la durabilité des structures des tunnels (DARTS) et à la constitution d'un réseau thématique sur les incendies dans les tunnels (FIT). Un vaste projet de recherches 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 spécial multidisciplinaire d'experts sur 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 porter ses efforts, dans un premier temps, sur les tunnels routiers. Par la suite, la Commission européenne a appuyé la création de ce groupe spécial multidisciplinaire (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 organisations suivantes y ont participé: Association mondiale de la route (AIPCR), Association internationale des travaux en souterrain (AITES), Fédération routière internationale (IRF), 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 spécial multidisciplinaire d'experts sur la sécurité dans les tunnels

Le groupe d'experts a reçu le mandat suivant:

«Proposition relative à la création d'un groupe multidisciplinaire d'experts chargé d'élaborer des propositions d'amendement à l'AGR et à d'autres instruments juridiques de la CEE traitant de 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 demandé au Groupe de travail des transports routiers (SC.1) de promouvoir la création d'un groupe spécial multidisciplinaire d'experts chargé d'élaborer des propositions appropriées pour renforcer la sécurité dans les tunnels;*

propose, par le présent acte, au Comité des transports intérieurs:

1. *La création d'un groupe spécial multidisciplinaire d'experts 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 multidisciplinaire avec 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 qui seront construits à l'avenir;*
- *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 de longueurs divers, ainsi que sur 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, 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 spécial multidisciplinaire d'experts 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, gouvernementales et non gouvernementales, concernées 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 terminer dans le courant de l'automne 2001 par la soumission des recommandations ci-dessus aux fins d'être 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:

- (i) La protection de notre environnement naturel: protéger et préserver les ressources naturelles nécessaires à la vie (viabilité écologique)
- (ii) 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)
- (iii) La solidarité sociale: garantir à toutes les composantes de la population et à toutes les parties du pays un accès équitable aux besoins fondamentaux et aux besoins des services publics, dans des conditions également équitables, y inclus 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 organisationnel afin de prévenir les incidents autant que possible et d'en minimiser le plus possible les conséquences. Toutes les mesures de sécurité doivent correspondre aux dernières techniques et s'appliquer à 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 dans la réduction des 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 sur les statistiques des accidents du volume moyen de trafic journalier et du type de route considéré. 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 embranchements de routes, sur les routes de raccordement, sur les parcours sinueux ainsi qu'aux abords des entrées des tunnels. Les chiffres publiés par divers pays montrent une situation analogue.

B.2.2 Tunnels

Dans les tunnels, surtout dans les plus longs, le nombre d'accidents est souvent moins élevé qu'à l'air libre 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, la probabilité d'accidents est sensiblement inférieure dans un tunnel relativement long à celle à ciel ouvert et ce sur des routes comparables. Cette constatation a été confirmée par un rapport des autorités norvégiennes³.

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

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

- dans les tunnels sous-fluviaux en zone urbaine : 1 300;
- dans les tunnels de rase campagne : 300 - 600;
- dans les tunnels de montagne : 900 - 1 900.

La pente longitudinale influe aussi grandement sur la fréquence des pannes: elle est cinq fois plus élevée dans les tunnels présentant une pente supérieure à 2,5 % que dans ceux sans pente.

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

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.

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 incendies les plus graves 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 x 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, Gotthard, 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 soit très longs, soit ayant un volume de trafic très élevé, soit encore présentant simultanément ces deux caractéristiques. Dans l'immense majorité des tunnels, 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 x 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.

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 incidents. 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 marchandises dangereuses) est particulièrement faible. Pour ce qui est des atteintes à l'environnement, ce sont, avant tout, les eaux de ruissellement de la chaussée collectées par le réseau de drainage et les eaux souterraines aux abords immédiats des routes qui sont affectées.

Dans les cas d'accidents de la route sans 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 avec incendie ou impliquant un véhicule transportant des marchandises dangereuses, le

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

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 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 le système de ventilation doit être puissant et efficace, surtout dans les tunnels bidirectionnels. Ces règles s'imposent également pour parer aux conséquences des accidents qui, sans entraîner d'incendie, s'accompagnent néanmoins d'émissions de gaz toxiques.

Outre la mise en danger des usagers de la route, un incendie dans un tunnel cause aussi des dommages aux éléments structurels, aux installations et aux véhicules, qui nécessitent parfois une très longue fermeture.

La puissance d'un incendie, en termes de 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.

Type de véhicule	Charges calorifiques typiques (MJ)	Puissances typiques (MW)	Remarques
Voiture particulière	3 000-3 900	2,5-5	Charges calorifiques utilisées lors d'essais d'incendie en Finlande
Autocar	41 000	20	Charges calorifiques utilisées lors d'essais EUREKA d'incendie Puissances thermiques en l'absence de marchandises très combustibles
Chargement de poids lourds	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

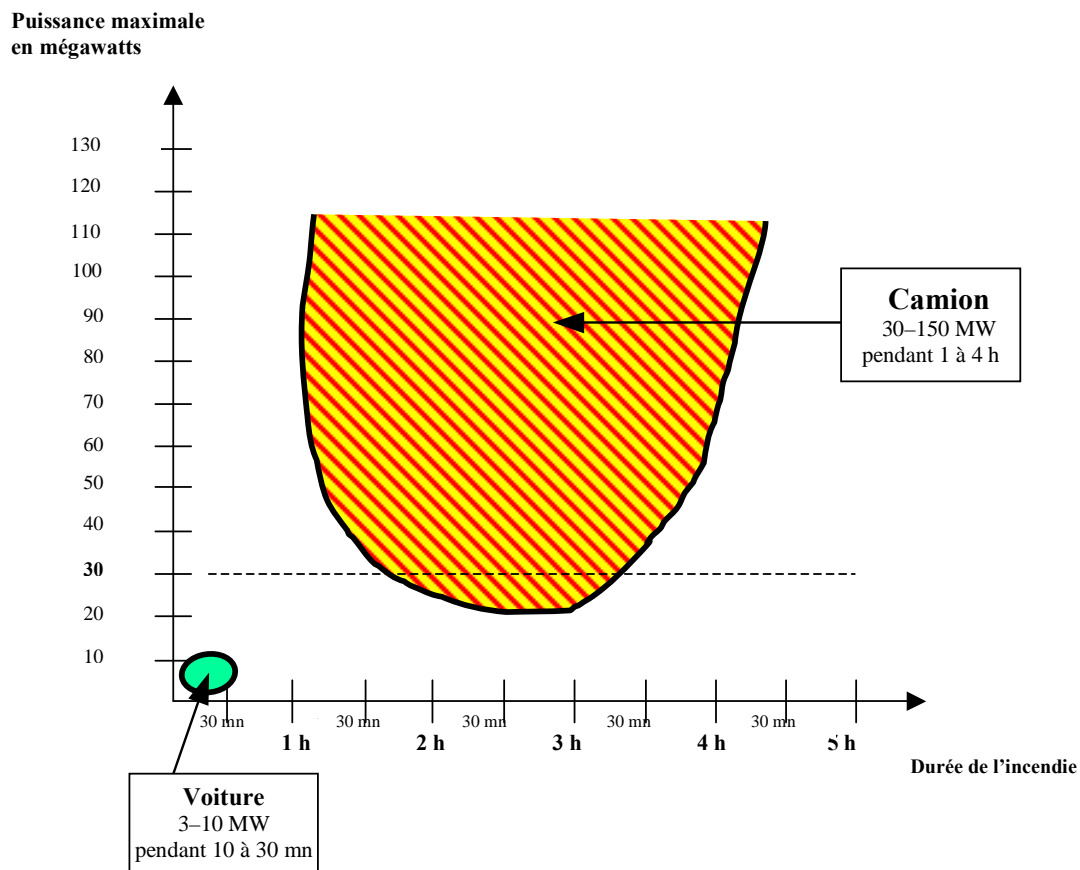
Le graphique ci-après⁶ montre que la charge calorifique est beaucoup plus faible pour une voiture que pour un camion et qu'un camion en feu brûlera beaucoup plus longtemps et en dégageant beaucoup plus d'énergie. Il convient malgré tout de ne pas sous estimer les conséquences de l'incendie d'une voiture,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

⁵ «Maîtrise de l'incendie et des fumées dans les tunnels routiers», Comité des tunnels routiers (C5) de l'AIPCR, 1999.

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

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 la puissance thermique dégagée par un incendie.

Pour ce qui est des incidences sur l'environnement, les conditions dans un tunnel sont en général plus favorables qu'à l'air libre, en dépit 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 têtes.



B.4 Sécurité dans les tunnels routiers

B.4.1 Objectifs

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

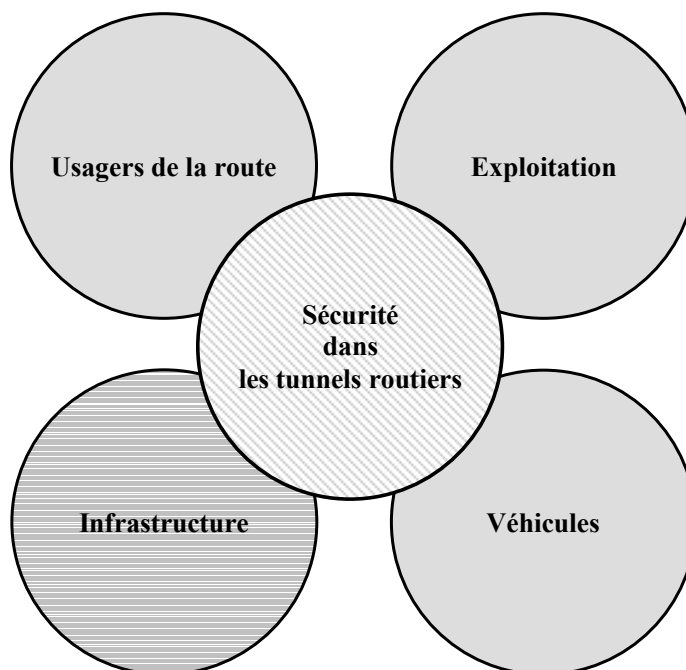
- Premier objectif: la prévention
Prévenir les situations critiques constituant une menace pour la vie humaine, l'environnement et les installations du tunnel.
- Deuxième objectif: limiter les conséquences des accidents et des incendies; créer les meilleures conditions pour que:

- les personnes impliquées dans l'incident assurent leur propre sauvegarde;
- 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 de se déclarer, mais 10 minutes plus tard il sera transformé en un véritable brasier;
- l'intervention des services de secours soit efficace;
- 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 sont de nature préventive.

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

Le niveau 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 en tant que facteur n° 1 influant sur la sécurité dans les tunnels routiers

C.1.1 Principes

Des analyses approfondies des incidents survenant sur le réseau routier montrent 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.

Le principal facteur est, cependant, 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 humaine. 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 sans nul doute plus facile de corriger une défaillance technique que d'influer sur le comportement humain. Un certain nombre de moyens permettent néanmoins de le faire, directement ou indirectement: l'éducation, la formation des conducteurs, l'information, la réglementation, l'action des forces de l'ordre et 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 l'air libre: 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. En outre, plus encore que sur une route à l'air libre, il est recommandé aux conducteurs de rester, dans un tunnel, 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 spécialement 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 les feux de croisement
- Ôter les 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
- Ecouter les messages qui peuvent 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 les feux de détresse
- Arrêter le moteur
- Quitter le véhicule
- Au besoin et si possible, porter les premiers secours aux blessés
- Appeler à l'aide depuis un poste d'appel d'urgence.

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

- Si possible, rouler jusqu'à la sortie du tunnel. Si cela n'est pas possible:
 - Ranger le véhicule sur le côté et arrêter le moteur
 - Quitter immédiatement le véhicule
 - 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
 - Appeler à l'aide depuis un poste d'appel d'urgence.

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

- Allumer les feux de détresse
- Ranger le véhicule sur le côté et arrêter 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 embouteillage, d'un accident ou d'un incendie (voir C.1.1 ci-dessus).

Une information sur les équipements de sécurité disponibles 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 arrêtée (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.

Un enseignement particulier sur une conduite vigilante et responsable devrait faire partie intégrante des cours de conduite obligatoires. Il devrait inclure le comportement à suivre dans les situations particulières, par exemple en cas d'encombrement, de panne d'un véhicule, d'accident ou 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'embouteillage, de panne d'un véhicule, d'accident ou d'incendie dans un tunnel. Cependant, il est possible et même souhaitable d'inclure des questions sur ces situations particulières 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 vivement recommandé au conducteur dont le véhicule vient de prendre feu de sortir du tunnel avec son véhicule dans toute la mesure du 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 en bord de route

Les contrôles inopinés en bord de route des poids lourds devraient être intensifiés et la procédure devrait en être harmonisée au niveau international. Le financement d'une telle mesure devrait être mis à la disposition des 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 de transport intelligents, 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 on la fait effectivement respecter.

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 en ce qui concerne la sécurité des véhicules et des équipements.

Tous les conducteurs de camions, d'autocars et d'autobus sont tenus d'avoir les connaissances requises ayant trait à la sécurité des véhicules et de leurs équipements afin d'être en mesure de les mettre en pratique lorsque c'est nécessaire. 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 des véhicules transportant des marchandises dangereuses devrait comprendre des aspects spécifiques du comportement en tunnel.

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 cette attestation. La formation initiale des nouveaux conducteurs, de même que les cours de remise à niveau destinés aux conducteurs expérimentés, devraient inclure un enseignement sur la sécurité dans les tunnels.

Mesure 1.07 Prescriptions relatives au transport des marchandises dangereuses

Les réglementations relatives au transport des 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 groupements de chargements de marchandises dangereuses reconnus au niveau international, lesquels devraient être utilisés pour réglementer l'autorisation de transport de ces marchandises dans les tunnels routiers.
2. Proposer une analyse quantitative des risques et mettre en œuvre un modèle d'aide à la décision prenant en compte l'itinéraire incluant le tunnel et les autres itinéraires possibles, avant de prendre la décision d'autoriser ou non tout ou partie du transport de marchandises dangereuses dans un tunnel.

Il est recommandé:

- a) D'incorporer les cinq groupements de chargements de marchandises dangereuses proposés par l'OCDE et l'AIPCR dans les instruments juridiques appropriés de l'ONU et/ou de la CEE-ONU, afin que leur usage devienne obligatoire dans les réglementations des tunnels concernant le transport de marchandises dangereuses;
- b) De créer une nouvelle signalisation à installer à l'entrée des tunnels pour indiquer les groupements de marchandises dangereuses autorisés et ceux qui sont interdits, en se référant aux cinq groupements proposés;
- c) De procéder à l'analyse quantitative des risques proposée par l'OCDE et l'AIPCR avant de décider de la réglementation à appliquer au transport de marchandises dangereuses dans un tunnel;
- d) D'étudier la possibilité de classer comme 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 certaines mesures d'exploitation destinées à réduire les risques inhérents au transport de marchandises dangereuses dans les tunnels (déclaration avant l'entrée, escorte, etc.). Il peut 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 amont du tunnel et des moyens d'exploitation 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 une pente longitudinale supérieure à 3 %. Cette restriction devrait être matérialisée par la mise en place d'une signalisation adéquate et, éventuellement, de panneaux 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.

La faisabilité d'imposer une distance minimale obligatoire entre les véhicules, et l'efficacité de cette mesure, devraient être examinées 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 n'est ni nécessaire ni souhaitable. Cependant, il devrait être possible de prescrire dans certains cas une distance minimale entre les camions (des tests sont d'ores et déjà en cours 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 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 tâches essentielles:

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

En cas d'incident, l'exploitant du tunnel doit 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;
- Prépare le traitement des incidents et procède à des exercices de simulation;
- Surveille et contrôle les installations en tant que de besoin.

La police de la circulation:

- Gère les systèmes de régulation de la circulation et surveille et contrôle la circulation;
- Prépare le traitement des incidents et procède aux exercices correspondants;
- En cas d'incident, avertit les usagers de l'embouteillage, déclenche l'intervention des services compétents et tient les usagers informés.

Les services d'intervention (pompiers, services de dépannage, enlèvement des répandages d'hydrocarbures et autres produits chimiques, protection contre les rayonnements ionisants, services ambulanciers):

- Préparent le traitement des incidents et procèdent aux exercices correspondants;
- 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 de contrôle-commande

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 de contrôle-commande, d'où peuvent être commandés les systèmes de régulation de la circulation et d'autres systèmes tels que la ventilation et l'éclairage. Tous les messages en provenance du tunnel sont reçus et traités dans ce poste, et les messages destinés aux usagers du tunnel sont émis à partir de ce poste.

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

Fonctionnement normal

Surveillance de la circulation dans les tunnels et à leurs abords (surveillance vidéo, état des encombrements, véhicule arrêté 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 l'intervention 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, équipe en charge 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 de préparation incluent:

- 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 visant à influencer sur le 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 d'intervention 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 d'exercices de sécurité.

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

Mesure 2.01 Organe de coordination et de supervision

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

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 réglementations régissant les inspections de sécurité dans les tunnels;
- Supervision des schémas d'organisation et d'exploitation (y compris des plans d'intervention d'urgence), de la formation et de l'équipement des services de secours, en concertation avec les responsables de la sécurité;
- Définition des devoirs des responsables en charge 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 de l'exploitation devraient être contrôlés à intervalles de quelques années; ces intervalles seraient plus espacés en ce qui concerne le contrôle du niveau général de sécurité. Ces contrôles devraient être 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, au 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 des schémas d'exploitation;
- 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 d'ouvrages existants);
- 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, la sécurité des usagers.

Mesure 2.03 Exercices périodiques pour les équipes d'incendie et de secours

Il conviendrait d'élaborer des réglementations régissant les exercices périodiques en tunnel destinés aux équipes d'incendie et de secours et aux exploitants de tunnel, dans des conditions aussi réalistes 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;
- Des simulations d'exercices sur ordinateur peuvent aussi être utilisées pour 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 et 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

Les responsables de la sécurité ainsi que l'organe national de coordination devraient répertorier et analyser les informations détaillées sur tous les incendies dans les tunnels.

Des bases de données tant sur les accidents que 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 équipements et dispositions de sécurité. Il serait souhaitable, pour permettre l'introduction de mesures préventives, que ces informations soient coordonnées et échangées par les professionnels concernés au niveau international.

Mesure 2.06 Ventilateurs mobiles à haut débit

Il conviendrait d'étudier avec soin la pertinence d'une utilisation de ventilateurs mobiles à haut débit par les services d'intervention.

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 de ventilation mécanique et, dans une certaine mesure, pour la protection des structures.

Mesure 2.07 Caméras de détection de chaleur

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

L'utilisation de ce type de caméra est recommandée pour la protection des équipes de pompiers 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 au traitement des incidents.

La fermeture totale ou partielle de voies dans les tunnels doit chaque fois que possible être évitée. La signalisation correspondante et la fermeture de voies de circulation devraient être installées avant l'entrée du tunnel. Des panneaux à messages variables, des feux de circulation et 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). Cela devrait être réalisé par la mise en place simultanée de tous les dispositifs sus-mentionnés en amont de la tête mais aussi des panneaux à messages variables, des feux de circulation et éventuellement des barrières mécaniques présents 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 peut 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 poste de commande

Pour les tunnels commençant et finissant dans des pays différents ou relevant des autorités de différentes régions d'un même pays, un seul et unique poste de commande doit être désigné comme responsable à tout moment.

Pour éviter tout malentendu dans la prise de décisions et garantir une réaction aussi rapide que possible, il est vivement recommandé de désigner un poste 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 uniforme du trafic et une plus grande sécurité.

Mesure 2.12 Systèmes de gestion du trafic

Les tunnels à fort trafic devraient être équipés de systèmes de gestion du trafic, qui peuvent contribuer à éviter les embouteillages 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 (courte ou prolongée) d'un tunnel, les meilleurs itinéraires de remplacement possibles doivent être signalés aux points de déviation et rendus publics par les 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, des itinéraires de déviation devraient être prévus au stade de la conception, par exemple en concevant les tunnels à deux tubes de telle sorte que chaque tube puisse supporter temporairement une circulation bidirectionnelle.

Mesure 2.14 Mise en œuvre des systèmes de ventilation

Il conviendrait de parvenir à une plus grande harmonisation dans la mise en œuvre des systèmes de ventilation dans les tunnels.

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

Mesure 2.15 Directives concernant les essais pratiques d'incendie

Des directives concernant la préparation, l'exécution et l'évaluation d'essais pratiques d'incendie dans les tunnels devraient être établies au niveau international. En attendant, tous les essais pratiques 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 services d'incendie.

Les obligations des personnes chargées de préparer, exécuter et évaluer des exercices pratiques impliquant 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 élevés, comme l'est le risque d'interprétations erronées. Il n'en reste pas moins que cette démarche permet de recueillir des informations importantes 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, au moins pour 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 et/ou à fort 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 directives ou règlements nationaux doivent être révisés et coordonnés au plan international.

L'infrastructure comprend tous les éléments structurels, la 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 en long, les itinéraires d'évacuation, les moyens d'accès au lieu d'un incident, les garages, le drainage de la route et toutes les installations structurelles nécessaires aux équipements (stations de ventilations, niches de sécurité, 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 laissé la place aux 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 mesure du courant d'air longitudinal et, dans certains cas, la détection des incendies.

Les systèmes de ventilation comprennent:

- Des éléments **structurels** (gaine en voûte, gaines d'amenée et d'extraction, stations de ventilation, registres);
- 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 mono- ou bidirectionnelle et du trafic:

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

Elle est utilisée dans les tunnels de faible longueur; la longueur acceptable dépend 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 d'accélérateurs (ou 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 têtes 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 têtes de tunnel, en exploitation normale comme en cas d'incendie.

Dans tous les systèmes semi-transversaux, les ouvertures pour l'extraction de l'air qui relie le tube et la gaine d'extraction peuvent être ouvertes ou fermées 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 propagation de la fumée le long du tunnel.

- **Ventilation transversale**

À la différence des systèmes semi-transversaux, on procède en exploitation normale simultanément à l'insufflation 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.

Une puissance d'incendie 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 débit de fumée atteint environ $80 \text{ m}^3/\text{s}$, 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 itinéraires 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. Afin d'accroître le niveau de sécurité dans les tunnels, des efforts doivent être entrepris pour normaliser ces signaux dans toute l'Europe et assurer que ces derniers 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 itinéraires 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 trafic prévu et la sécurité.

Dans toute la mesure possible, le nombre de voies devrait être le même à l'intérieur et à l'extérieur du tunnel. Si le trafic prévu est faible, un tunnel à un seul tube peut être construit; s'il est élevé, il faudra construire un tunnel bitube.

La détermination du nombre requis de tubes en fonction du 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 bi- et unidirectionnelle), les directives devraient préciser les cas dans lesquels des itinéraires d'évacuation sont nécessaires.

a) Généralités

Dans les tunnels à tube unique, l'aménagement d'itinéraires d'évacuation ou de galeries de sécurité spéciaux 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 trafic, la longueur du tunnel, la pente longitudinale, 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 facteurs 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 à ventilation transversale ou semi-transversale, pour lesquels la longueur et/ou le volume de trafic le justifient, les mesures minimales suivantes concernant la ventilation devraient être prises:

- On devrait installer des trappes d'extraction de l'air et des fumées pouvant être commandées séparément.
- La vitesse longitudinale de l'air et des fumées devrait être vérifiée en permanence et le processus de commande automatique du système de ventilation (registres, ventilateurs, etc.) ajusté en conséquence.
- Des systèmes améliorés 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 l'air libre, si la topographie le permet, ou une galerie de sécurité parallèle. 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 itinéraires d'évacuation, les analyses de scénario d'incendie doivent démontrer que la sécurité de l'utilisateur de la route est assurée même sans itinéraire d'évacuation. Dans ce cas, le tube du tunnel est lui-même utilisé comme voie d'évacuation. Sinon il est nécessaire de construire des itinéraires d'évacuation.

La construction d'une galerie d'exploration ou 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 à un itinéraire d'évacuation vers l'extérieur présentent un risque inacceptable; ce type d'abri en cul-de-sac 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 conviendrait de modifier en conséquence les itinéraires 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 tube 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 les communications transversales entre les deux tubes d'un tunnel comme itinéraires d'évacuation et de secours en cas d'accident dans l'un des tubes a été examinée et 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 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 par l'incident puisse servir de voie d'évacuation et de secours;
- Des moyens appropriés (par exemple des portes dans tous les cas et des sas chaque fois que possible) devraient empêcher la propagation de la fumée ou des gaz d'un tube à l'autre.

Mesure 3.04 Traversée du terre plein central à l'entrée des tunnels

Partout où cela est possible, il conviendrait de prévoir une traversée du terre plein central à l'entrée des tunnels.

Cette mesure permet 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 en prenant en compte le 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'introduction de nouvelles technologies ou la publication de résultats concernant la sécurité.

Il est jugé nécessaire de réviser les directives antérieures suite 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 avec une installation radio utilisable par les pompiers (fréquence des services d'urgence)
- Équipement des tunnels sous surveillance humaine avec des 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 avec des systèmes de vidéosurveillance comprenant des dispositifs automatiques de détection d'incident;
- Alimentation sûre des câbles de haute et basse tension (électricité, radio, etc.). Conception de circuits électriques, de mesure et de contrôle de telle sorte 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 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 les autres services d'urgence participent davantage à la phase de planification lorsqu'il s'agit de questions concernant la sécurité. Dans le cas d'un incident (et en particulier d'un incendie), les 10 premières minutes sont décisives pour la sécurité des usagers de la route. La détection rapide est donc d'une extrême importance.

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

- a) Harmonisation des types d'équipements de sécurité à la disposition des usagers (extincteurs, téléphones, radiocommunications);
- b) Mise en place de dispositifs (signalisation, signaux, 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 itinéraires d'évacuation 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 différentes langues (par exemple l'appel à évacuation immédiate) par radiodiffusion ou au moyen de 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 avancée 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 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, une résistance suffisante au feu devrait être assurée 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 dommages considérables puissent être évités.

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 le niveau de résistance au feu sera plus ou moins élevé selon son rôle spécifique pour la sécurité et l'intégrité des tunnels.

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 uni- ou bidirectionnelle, volume de trafic (trafic journalier moyen annuel et risques d'embouteillage), composition du trafic (par exemple pourcentage de poids lourds), longueur du tunnel, tracé en plan, profil en travers, pente longitudinale, type de construction, etc.)

Les pentes longitudinales supérieures à 5 % devraient être évitées dans toute la mesure possible.

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

Mesure 3.09 Systèmes de signalisation routière

Les réglementations relatives aux systèmes de signalisation routière dans les tunnels et dans les zones en amont des tunnels devraient être améliorées et harmonisées 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 et de la circulation routières (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 réglementations régissant la signalisation des sorties de secours et des installations de sécurité dans les tunnels devraient être améliorées et harmonisées 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 et de la circulation routières (WP.1) en vue d'assurer une plus grande harmonisation au niveau international et d'améliorer ainsi la sécurité. Des panneaux spécifiques devraient être utilisés pour indiquer les sorties de secours et les installations de sécurité suivantes dans les tunnels :

- Sorties de secours: le même panneau devrait être utilisé à l'entrée des sorties directes vers l'extérieur, des communications transversales avec l'autre tube ou avec une galerie de sécurité;
- Itinéraires d'évacuation vers les sorties de secours: les deux sorties de secours les plus proches devraient être indiquées par des panneaux disposés environ tous les 50 mètres sur les parois du tunnel à une hauteur de 1 à 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 panneau devrait être placé avant les tunnels, à leur entrée et tous les 1 000 mètres dans les tunnels longs.

Tous ces panneaux 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 quant à la nécessité d'une surveillance humaine dans certains tunnels (par exemple tunnels longs, trafics élevés).

Si dans une région on doit prévoir plusieurs postes de commande de tunnels, 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 poste de commande 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 à la localisation des réservoirs de carburant qui y est associée). 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 la fausse impression d'une sécurité accrue, et ne respectent plus les lois et limites physiques existantes (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 conduire à 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.

Un des objectifs de cet Accord, complété par plus de 110 règlements techniques, est de 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. Alors que les extincteurs sont peu coûteux, l'installation de systèmes automatiques d'extinction d'incendie dans les véhicules est, par contre, 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 d'extinction d'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. Ces véhicules représentent 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 des 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. Des 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 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, ces normes impliquent l'utilisation de méthodes complexes de lutte antibruit telles que l'encapsulation des moteurs. Le matériau isolant utilisé à cette fin est ignifuge, mais il peut cependant prendre feu dans certains cas 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 d'incendie

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 de nouvelles 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 véhicules.

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'incident 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 de 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'incident, 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 entamé pour certaines d'entre elles.

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 tunnels.

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 incidents 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 de chaque tunnel unidirectionnel

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 à la variation 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 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 de 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 des 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 comportant des tunnels sont actuellement en cours de construction et vont être ouverts au trafic au cours des prochaines années. Il faudra accroître en conséquence les investissements dans ce domaine afin d'assurer le niveau optimal de sécurité dans tous les tunnels.

D.4 Prochaines étapes

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. L'amélioration des niveaux de sécurité dans les tunnels routiers reste cependant 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 quelles recommandations pourraient être incluses 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 a convenu qu'il serait à 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 panneau «Tunnel» tel que décrit dans la Convention de Vienne sur la signalisation routière (signal E, 11a); ce panneau devrait impliquer 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;
 - Le panneau de vitesse maximale autorisée (signal C, 14) dans le tunnel;
 - Le panneau «interdiction de dépasser» (C, 13a /C, 13aa/ C, 13 ab pour tous les véhicules ou le cas échéant C, 13b/C, 13ba/C, 13bb pour les véhicules affectés au transport de marchandises);
 - Si nécessaire, d'autres panneaux additionnels tels que le panneau 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 panneau «Vitesse maximale autorisée» (C, 14) tous les 500 mètres, dans le cas des tunnels de plus de 1 000 mètres;
 - Le cas échéant, le panneau «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 panneau (E, 11b «Fin de tunnel») et les panneaux 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 haute qualité assurant une perceptibilité optimale:
 - Les panneaux à l'intérieur des tunnels devraient être réalisés en matériaux assurant une rétro-réflexion maximale et 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 en matière de réflectivité, tel que spécifié dans les normes nationales de chaque pays, en utilisant une feuille rétro-réfléchissante 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 latérale) 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-réfléchissants («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-réfléchissants devraient, en fonction de la législation nationale concernant leur hauteur et dimension maximale, être mis en place tous les 20 mètres au maximum. Si le tunnel est en courbe, cette distance devrait être ramenée à 8 mètres pour les 10 premiers réflecteurs du côté de l'entrée du tunnel.

- Des matériaux rétro-réfléchissants de haute qualité 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-réfléchissants 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 de divers signaux, panneaux et pictogrammes 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'incident dans le tunnel ou pour arrêter la circulation avant l'entrée dans un cas d'urgence.
- Dans les longs 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 sont conçues pour offrir divers équipements de sécurité, notamment des téléphones d'urgence et des 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:

Téléphones d'urgence

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



Extincteur

Le pictogramme est celui défini dans la norme ISO 6309

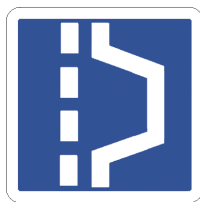
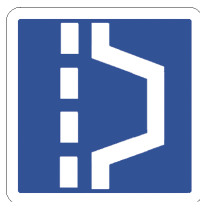
Dans les niches de sécurité, un texte très lisible écrit en plusieurs langues devrait indiquer que la niche de sécurité n'assure aucune protection en cas d'incendie. Le texte ci-après en offre un exemple:

**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-dessous; un fond de couleur verte peut aussi être utilisé; la présence d'un téléphone et d'un extincteur est indispensable dans les garages et devra être indiquée par un panneau additionnel. Ces renseignements peuvent aussi être inclus dans le panneau lui-même.



Issues de secours

Les panneaux 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 à 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 contre le trottoir 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'embouteillage 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 pour l'Europe des Nations Unies
CTI	Comité des transports intérieurs
DARTS	Structures de tunnel durables et fiables
DREO	Conférence des directeurs des routes d'Europe de l'Ouest
IRF	Fédération routière internationale
IRU	Union internationale des transports routiers
AITES	International Tunnelling Association
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OFROU	Office fédéral suisse des routes
UE	Union européenne
WP	Groupes de travail du CTI

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

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

La partie A du questionnaire demandait des renseignements sur la législation et les réglementations nationales relatives à la sécurité dans les tunnels.

La partie B demandait des données concernant chaque tunnel et ses tubes (par exemple, longueur, creusé ou réalisé à partir de la surface, type de ventilation, etc.).

Un relevé complet des réponses reçues au questionnaire peut être consulté 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>

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.
