

ACTEURS, PRENDRE EN COMPTE LES COMPORTEMENTS DES CONDUCTEURS POUR AMELIORER LA SECURITE DES TUNNELS ROUTIERS

ACTEURS: IMPROVING ROAD TUNNELS' SAFETY THROUGH THE INTEGRATION OF DRIVERS' BEHAVIOURS

NOIZET, Alain ; MOUREY, Florence
DEDALE SA
15 place de la Nation, 75011 Paris

RICARD, Frédéric
Autoroutes et Tunnel du Mont Blanc
100 av Suffren, 75015 Paris

Résumé

L'article met en évidence l'intérêt d'une démarche d'intégration des contraintes représentées par les conducteurs pour améliorer la sécurité des tunnels routiers au travers de la présentation du projet ACTEURS (Améliorer le Couplage Tunnels-Exploitants-Usagers pour Renforcer la Sécurité). La sécurité des tunnels est une sécurité extrêmement contrainte qui exige des usagers des comportements très précis mais variables d'un ouvrage à l'autre du fait des différences de géométrie, d'équipements et d'exploitation des ouvrages. Autant de comportements et une capacité d'adaptation que les usagers ne semblent pas en mesure de produire. Les résultats du projet ACTEURS expliquent les raisons de l'écart existant entre les attentes des exploitants et la réalité des comportements des usagers. Les exigences sont trop élevées en regard de la capacité réelle des conducteurs à s'approprier l'environnement tunnel et à réagir en cas d'événement, et en regard des capacités du système à impliquer effectivement les usagers dans la sécurité des tunnels. Suit un exposé des principales actions concrètes mises en œuvre dans le cadre du projet ACTEURS pour améliorer le couplage avec les conducteurs et gagner en sécurité : améliorer le retour d'expérience du système tunnel ; étudier les fondements et les moyens d'application de la réglementation des distances de sécurité en tunnel ; concevoir un document capable de faciliter la mise en œuvre d'une nouvelle consigne d'arrêt dans deux tunnels spécifiques ; former les conducteurs aux spécificités de la sécurité en tunnel (formation initiale à la conduite, formation continue des professionnels de la route) ; et optimiser l'information des usagers sur un itinéraire de 10km comportant 6 tunnels.

Summary

Through a presentation of the ACTEURS project (French acronym for 'improving the tunnels-users-operators coupling to strengthen safety'), this article demonstrates of the interest to integrate drivers constraints in tunnel design and operation. Road-tunnels' safety is highly constrained and requires very precise behaviors from drivers. However, these specified behaviors differ from one tunnel to another due to the physical peculiarities, the technical equipments and/or the operating procedures in place. Users do not seem to be able to produce these expected behaviors, nor to adapt their behavior according to the tunnel's specificities. The results of the ACTEURS project show that this might be the result of an inadequacy between the operators' expectations and the reality of the user's behavior. Expectations seem too important in regard to the actual capacity of the users to comprehend the tunnels settings, and to react in case of event, as well as in regard to the actual capabilities of the system to effectively associate the users in the construction of safety. The article presents the main actions conducted within the ACTEURS project in order to improve the coupling with drivers and thus safety: improving experience feedback; studying the basis and means of compliance of the inter-distance safety rule; designing a documentation to facilitate the application of a new 'stop-rule' in two specific tunnels; training of drivers to the specificities of tunnels' safety; and the optimization of the information flow along a 10km itinerary that comprises 6 tunnels.

Introduction

Depuis 2000, la sécurité dans les tunnels routiers a fait l'objet d'importantes évolutions sur le plan réglementaire (une circulaire interministérielle de 2000, une directive européenne de 2004). De nombreux investissements ont également été engagés pour améliorer la sécurité des usagers dans les tunnels. Ces investissements ont porté à la fois sur la conception des équipements, l'exploitation des infrastructures souterraines, la coordination et le fonctionnement des équipes de secours. Cependant, tous ces efforts ne peuvent occulter l'importance des facteurs liés à l'usager des tunnels. A quoi sert en effet une règle de circulation ou un abri, si leur importance et leur utilité ne sont pas comprises par l'usager ? Les comportements et attitudes des conducteurs de poids lourd, d'autocar, de voiture, de camionnette, de moto, ... sont ainsi déterminants pour le maintien d'une sécurité optimale en tunnel et pour optimiser la survie en cas d'événement. Mais les exploitants des tunnels routiers constatent au quotidien que le comportement des conducteurs ne répond pas toujours à l'optimum souhaité en terme de sécurité : dépassement de vitesse, non respect des distances de sécurité, arrêt dans le tunnel pour besoin physiologique, attente dans ou à côté du véhicule, sortie des issues de secours et retour dans le tunnel...

Le projet ACTEURS (Améliorer le Couplage Tunnel-Exploitant-Usagers pour Renforcer la Sécurité) vise à résoudre cet écart au travers de l'étude et de l'intégration des contraintes représentées par les conducteurs dans les démarches de sécurité des tunnels routiers. Une démarche innovante dont les bénéfices attendus, en terme de sécurité, encouragent depuis quelques années les différents acteurs impliqués dans la sécurité des tunnels (pouvoirs publics, exploitants, concepteurs) à faire évoluer leur approche de la sécurité en y intégrant les comportements des usagers.

Le projet ACTEURS a démarré début 2003. Dans une première phase, il est subventionné par le Ministère français de

l'Équipement et des transports dans le cadre du PREDIT GO4¹. Il réunit alors : les sociétés exploitant les autoroutes alpines (AREA, ATMB, SFTRF) qui à elles trois gèrent 11 tunnels dont ceux du Mont Blanc et du Fréjus ; la société DEDALE spécialisée dans la prise en compte des Facteurs Humains dans la gestion des risques et le CETU (Centre d'Étude des Tunnels).

La première partie du projet (Lot 1) s'est achevée en janvier 2005. Elle a consisté en une série d'études [1], [2], [3] ayant pour objectif à la fois d'étendre la compréhension des comportements des usagers des tunnels et de leurs déterminants et de statuer sur la façon dont ces usagers sont pris en compte aujourd'hui dans la réglementation, la conception et l'exploitation des tunnels routiers.

Les méthodes mobilisées se sont appuyées sur les méthodes propres aux approches des Facteurs Humains et l'étude des comportements humains en situation : revue de littérature scientifique, des réglementations et de documentation opérationnelle, série d'entretiens, enquête par questionnaire, analyse de données vidéo, analyse de données d'exploitation, revue de rapports d'accidents, recueil de témoignages, mise en œuvre d'observations de terrain et de questionnement de l'activité de conduite dans un tunnel et expérimentation de terrain.

Sur la base des résultats obtenus, plusieurs propositions ont été formulées visant à améliorer le couplage tunnels / exploitants / usagers. Prenant alors conscience de l'intérêt de ces résultats pour faire progresser la sécurité des tunnels, les partenaires du projet décident de lancer un deuxième lot d'études (Lot 2), intégrant de nouveaux partenaires autoroutiers comme le GEIE-TMB, APRR et ESCOTA, mais aussi la Direction de la Sécurité et de la Circulation Routière (DSCR) du Ministère de l'Équipement.

¹ Programme national de REcherche et D'Innovation dans les Transports terrestres, à l'initiative des ministères chargés de la recherche. Le Groupe Opérationnel n°4 traite notamment de la sécurité des transports

Ce Lot 2, initié mi 2005, propose et expérimente différentes solutions opérationnelles pour améliorer le couplage entre tunnel, exploitant et usagers.

A l'issue d'un court exposé sur les tunnels routiers et leur sécurité, l'article résume les principaux résultats du Lot 1 du projet ACTEURS décrivant le décalage entre la réalité des comportements des usagers et ce que l'on attend d'eux pour garantir la sécurité des tunnels. S'en suit une présentation des principales actions mises en œuvre dans le cadre du Lot 2. Opérationnalisation de solutions qui montre l'intérêt de mieux intégrer la composante « usagers » pour améliorer la sécurité des tunnels routiers

Les tunnels routiers, des ouvrages spécifiques aux risques spécifiques

Les risques en tunnel

Les tunnels routiers ne sont pas plus dangereux que le réseau à l'air libre et présente des taux d'accidents corporels proches de ceux rencontrés sur autoroute², avec un taux de tué largement inférieur par rapport au route nationale (1 tué contre 2,4 sur route nationale, [5]). Cependant, un tunnel routier (quelle que soit sa taille, sa longueur), même très bien équipé, peut très rapidement devenir dangereux du fait du confinement induit par les parois et la voûte. Ce confinement est en effet un facteur d'aggravation des conséquences d'événements générateurs de risque comme les pannes, les accrochages, les accidents et les incendies.

L'événement le plus redouté en tunnel est l'incendie de poids lourds. Les principaux risques pour les conducteurs en tunnel sont alors :

- l'opacité qui résulte du dégagement des fumées et qui perturbe la visibilité et le cheminement vers les issues de secours ;
- la toxicité des fumées pouvant conduire à l'asphyxie ;
- et la chaleur dégagée qui peut devenir insupportable pour l'organisme humain.

Un tel événement a pour caractéristique de présenter une menace très localisée dans le tube et des conséquences qui se propagent à une vitesse plus ou moins importante. Les incendies graves de ces dernières années (incendie du tunnel du Mont Blanc, 1999 ; incendie du tunnel de Tauern, 1999 ; incendie du tunnel du St Gothard, 2001 ; incendie du tunnel du Fréjus, 2001) et les exercices effectués en tunnel ont ainsi montré que le temps disponible pour échapper aux fumées n'excédait pas quelques minutes. Cela laisse peu de temps pour que les usagers se mettent en sécurité. Sans compter que l'accident ou l'incendie à l'origine de l'événement peut bloquer potentiellement des voies de circulation ou d'évacuation.

Une sécurité contrainte en grande partie par les choix de construction

On implante un tunnel dans un milieu physique et un lieu géographique qui imposent un certain nombre de contraintes. Celles-ci vont influencer les choix d'ingénierie à l'origine du tunnel. Les contraintes géologiques et d'habitations locales vont ainsi déterminer en partie la géométrie du tunnel (tunnel creusé, tranchée recouverte, diamètre du tube), sa longueur (quelques centaines de mètres pour la plupart des tunnels, plusieurs kilomètres pour les tunnels transfrontaliers) et son tracé (courbes, pentes, débouché du tunnel).

L'intensité du trafic existant ou à venir sur l'itinéraire du tunnel influence aussi les choix de construction. L'adéquation du tunnel au trafic justifie en effet politiquement et socialement le tunnel. On n'installe pas un tunnel bidirectionnel à 1 voie par sens en tissu urbain dense à très fort trafic au risque de bloquer les flux. On ne creuse pas non plus un tunnel à 3 voies par sens de circulation en

plein milieu de Alpes à 2000m d'altitude pour accueillir 2000 véhicules/jours.

Le budget alloué à la construction de l'ouvrage finit de fixer les choix de construction. Le coût représenté par le percement d'un tube de plus de 10km à travers les Alpes justifie ainsi pleinement le choix de la solution « monotube bidirectionnel » pour les longs tunnels transfrontaliers.

Ainsi, chaque ouvrage du réseau routier français se caractérise par sa géométrie (hauteur, largeur de chaussée, présence d'une courbe, pente,...) et ses choix de génie civil (nombre et emplacements des issues de secours, présence d'une bande d'arrêt d'urgence, de garages, ...). Il se caractérise aussi par l'ensemble des équipements spécifiques (alimentation électrique, éclairage, ventilation, système de détection, signalisation des équipements de sécurité, radiocommunication, etc.) qui y sont implantés en conformité avec la réglementation des tunnels³ et les contraintes inhérentes à sa géométrie et sa localisation.

Quand le tunnel est construit et équipé, ces contraintes s'imposent alors à l'exploitant de l'ouvrage comme aux usagers. Ils induisent une bonne part des stratégies de sécurité. La géométrie impose la limite de vitesse, l'existence d'une ou deux voies de circulation autorise ou non les dépassements, l'existence ou pas d'un deuxième tube ou d'une galerie permet, ou non, une évacuation par celui-ci ou celle-ci dans des conditions différentes. Les marges de manœuvres sont alors faibles.

Les moyens alloués à l'exploitation et à la maintenance de l'ouvrage peuvent venir renforcer le dispositif de sécurité, ou l'affaiblir, si le budget d'exploitation et de maintenance est insuffisant et qu'aucune entrée d'argent ne permet de le compenser (cas de nombreux tunnels non concédés et non soumis au péage). De fait, chaque ouvrage se caractérise aussi par un certain degré d'exploitation. Au minimum, le tunnel dispose d'un dispositif d'appel d'urgence qui sera reçu 24h sur 24 par un service de surveillance. Au mieux, le tunnel disposera d'une supervision extrêmement sophistiquée assurant des remontées d'informations rapides et efficaces (détection automatique d'incidents, détecteur d'opacité, détecteur de chaleur, ...) qui permet à l'exploitant d'agir très rapidement : information des usagers, alerte des services de secours (il peut s'agir des pompiers, de la gendarmerie, de compagnies CRS, des forces de police), déclenchement des dispositifs de sécurité (dont ventilation pour le confinement des fumées), déclenchement de l'intervention des éventuels services de secours de l'exploitant,... Autant de moyens humains et techniques qui imposent aux usagers une manière précise de conduire et se conduire dans l'ouvrage.

Le comportement attendu de l'utilisateur, une fois élaboré en fonction des caractéristiques propres du tunnel, est alors consigné dans les différents documents connus des exploitants, des concepteurs et des services publics : règlements de circulation, consignes d'exploitation et plans d'intervention et de secours.

L'ensemble des contraintes physiques et opérationnelles crée pour chaque ouvrage des conditions particulières de gestion de sécurité. Celles-ci se traduisent, pour les usagers, en consignes spécifiques à appliquer dans l'ouvrage traversé. Par conséquent, les usagers deviennent des facteurs considérables de la sécurité des tunnels aussi important que l'infrastructure tunnel, le degré d'exploitation, les véhicules et leurs chargements (plus ou moins inflammable, plus ou moins calorique, plus ou moins explosif, etc.). Leurs comportements sont ainsi déterminants pour la sécurité des tunnels : en prévention des accidents, au travers du respect des consignes et le maintien d'une vigilance accrue en tunnel, comme en réaction aux événements.

Les usagers sont aussi largement présentés comme le facteur principal d'insécurité des tunnels : la composante faillible dont les erreurs produisent les événements en tunnel. Ce qui tend

² Selon les grandes données de l'accidentologie de la sécurité routière, les autoroutes seraient 4 fois moins dangereuses que les routes nationales.

³ En France, la sécurité des tunnels routiers est réglementée par la Circulaire Interministérielle n°2000-63 pour tunnel du réseau national de plus de 300m, la loi SIST et son décret 2005-701 pour tous les ouvrages supérieurs à 300m (incluent les ouvrages des collectivités locales) et la transposition de la Directive Européenne réglementant la sécurité des tunnels routiers de plus de 500m situés sur le réseau transeuropéen.

malheureusement à confirmer l'accidentologie en tunnel ils sont souvent à l'origine des événements générateurs de risque et certains usagers décèdent de ne pas avoir adopté les comportements adaptés en cas d'événement en tunnel. C'est d'ailleurs le constat du décalage entre le rôle attendu des usagers et la réalité de leurs comportements qui a motivé le projet ACTEURS.

Les raisons pour lesquelles les usagers ne font pas ce que l'on attend d'eux

Les démarches mises en œuvre dans le cadre du Lot 1 du projet permettent d'apporter quelques éclairages.

Parce que les exigences comportementales à leur égard sont trop importantes

Trente entretiens ont été réalisés auprès de professionnels de la conception et de l'exploitation des tunnels [5].

Il en ressort que chaque exploitant communique à ses usagers les règles de circulation et de comportements attendus dans son ouvrage. Une telle communication s'effectue alors généralement dans le bref laps de temps précédant l'entrée dans le tunnel par voie de signalisation (pour la partie des consignes pouvant faire l'objet de signalisation), via la distribution de brochure dans le cas des ouvrages à péage ou via la diffusion de consignes par radio selon les partenariats passés entre l'exploitant et les radios locales ou nationales (cela suppose encore que les usagers se conforment à l'injonction éventuelle d'écouter la radio).

En situation normale, l'utilisateur doit appliquer strictement les consignes propres aux tunnels qu'il traverse. Il doit aussi s'adapter aux différents ouvrages implantés sur son itinéraire, c'est-à-dire, s'approprier et appliquer les consignes spécifiques de chacun des ouvrages traversés. La répression est utilisée chaque fois que possible pour sanctionner tout écart constaté (contrôles automatiques, présence renforcée des forces de police).

Dès le début d'un événement en tunnel, l'utilisateur doit immédiatement :

- reconnaître que la situation dans laquelle il se trouve est devenue dangereuse, quelle que soit sa distance à la source de danger ;
- appliquer strictement les consignes d'alerte et de mise en sécurité dans le tunnel ;
- et utiliser à bon escient les équipements et aménagements de sécurité spécifiques au tunnel dans lequel il se trouve.

Plusieurs difficultés sont à relever concernant ces attentes comportementales :

- L'idée que toute information délivrée sur itinéraire routier est forcément vue, lue, entendue, et comprise de tous les usagers dans les temps impartis constitue un postulat important. Un second postulat est que ces informations peuvent être détachées du contexte tunnel tout en étant suffisantes pour déclencher les réponses adaptées à chaque tunnel.
- Le passage du mode d'obéissance passif aux injonctions réglementaires, quand la situation est normale, à celui du mode actif d'analyse et de compréhension de situations incidentelles rares est extrêmement difficile à obtenir. La détection du changement de statut de la situation implique, en effet, une analyse active de la situation et des critères de basculement.
- Si la répression permet de s'assurer que les règles les plus simples (vitesse maximale par exemple) sont suivies, elle peut aussi avoir un effet pervers : induire un comportement des usagers fondé sur l'obéissance aveugle à la règle et uniquement sur celle-ci. On perd alors le rôle actif que l'on veut faire jouer aux usagers en cas d'événement en tunnel.

Parce que les usagers connaissent mal l'environnement tunnel

Une enquête [6] a été réalisée auprès de 620 personnes administrée en région Rhône Alpes en mai 2004 à la sortie des

tunnels du Mont Blanc (74), du Vuache (74, autoroute A40), de Dullin et de l'Epine (73, autoroute A43) et du Fréjus (73).

Les résultats indiquent que les équipements en tunnel, y compris les issues de secours et les abris sécurisés, sont diversement connus des usagers interrogés.

- Les répondants ne peuvent citer que 3 à 4 équipements du tunnel au maximum ;
- 12,5% des répondants ignorent l'existence d'issues de secours dans les tunnels traversés ;
- Environ un tiers des répondants ignorent où elles aboutissent, certaines réponses suggérant de gros défauts de représentation du tunnel (ex. issue de secours qui aboutissent à l'extérieur du tunnel du Mont Blanc) ;
- 30% pensent qu'ils n'y seraient pas en sécurité

Ils montrent aussi que si les règles de circulation spécifiques sont globalement bien connues, les usagers présentent aussi des défauts de connaissances :

- 6,6% des répondants ignorent l'existence d'une limitation de vitesse maximale et 38% des usagers du tunnel du Mont Blanc la surestime dans ce tunnel ;
- 46% ignorent l'existence d'une vitesse minimale en tunnel ;
- 8,2% des usagers ignorent l'existence d'une règle d'interdistance en mouvement et 48% ignorent l'existence d'une distance à respecter à l'arrêt tout en étant capables d'en donner une justification plausible (éviter la propagation de l'incendie, faciliter l'accès des secours).

A noter aussi que les conducteurs professionnels (transport de marchandise ou de personnes) ont globalement une meilleure connaissance des tunnels, de leurs équipements et des comportements à adopter dans les ouvrages traversés. Cela est notamment dû à leur programme de formation continu et leur fréquence d'utilisation des différents ouvrages se trouvant sur leur itinéraire.

Parce que les usagers compensent leur manque de connaissances

De la même enquête et de plusieurs entretiens réalisés auprès d'usagers abonnés des tunnels [2], il ressort que certains usagers pensent : qu'il est tout à fait possible de faire demi-tour sur les voies de garage ; que l'arrêt est toléré en tunnel ; que le dépassement est autorisé dans les tunnels bi-directionnels (10% des répondants qui utilisent ces tunnels).

De la même manière, il a été noté au travers des entretiens réalisés (une soixantaine depuis le début du projet) que certains comportements acquis sur la route ouverte se transfèrent naturellement aux tunnels.

- Ainsi, les usagers éprouvent des difficultés à appliquer des valeurs de distance de sécurité plus élevée que sur le reste de la route quand la limitation de vitesse est moins importante. On notera au passage qu'en tunnel, on exige des usagers des distances de sécurité, alors que sur le reste du réseau routier la consigne porte sur un intervalle de temps de sécurité (règle des 2 secondes avec le véhicule qui précède).
- Pour gérer leur interdistance, les usagers recherchent des chevrons ou des bandes blanches latérales alors qu'ils sont inexistantes dans la plupart des tunnels et que d'autres dispositifs sont mis à leur disposition (ex. plots lumineux sur le piédroit du tunnel).
- On note aussi des transferts d'attitudes : un aménagement accessible (ex. une bande d'arrêt d'urgence, un garage) et pouvant répondre à la satisfaction d'un besoin immédiat (ex. un besoin physiologique) sera utilisé dans le tunnel comme il est utilisé sur le reste du réseau.

C'est donc tout un répertoire de croyances et des transferts de comportements acquis sur le reste du réseau routier qui viennent compenser le manque de connaissances des usagers et déterminer en partie leurs réponses dans cet environnement.

Parce que les usagers ne s'informent pas systématiquement sur les règles spécifiques à appliquer dans les tunnels traversés

Parmi les 620 personnes interrogées lors de l'enquête, seulement 40% des répondants ont écouté la ou les radios diffusées dans le tunnel qu'ils venaient de traverser. Près de 45% ne l'ont pas fait en sachant pertinemment que cela était possible.

Dans le cadre d'une activité du Lot 2 d'ACTEURS, 46 conducteurs rencontrés dans leur entreprise, dans leur organisme de formation et sur des aires de repos ont avoué ne pas tenir compte des documents présentant les consignes distribuées à l'entrée des tunnels du Mont Blanc et du Fréjus. Les raisons avancées sont le manque de temps pour en prendre connaissance et l'impression de recevoir toujours le même document.

Parce que les usagers ne s'approprient l'environnement tunnel que progressivement et selon leur besoin

Des observations embarquées de 16 usagers traversant le tunnel d'Orelle ou le tunnel de Fréjus (A43) ont été réalisées dans le cadre du Lot 1 d'ACTEURS [2]. Pour chaque conducteur, la traversée du tunnel a été filmée par un observateur installé à l'arrière du véhicule. Le conducteur est ensuite confronté au film de sa traversée qu'il doit débriefer et commenter. Les données issues de ces observations embarquées permettent d'accéder à la compréhension du tunnel de façon directe, locale, en contexte et sur la base de ce que les usagers font réellement et en interaction avec leur environnement et avec les autres usagers.

Ces observations ont mis en évidence que la perception des dispositifs d'information (panneaux de signalisation, PMV, radio) est fonction des ressources mentales disponibles et des conditions associées à leur perception. Les attentes sont les plus fortes en entrée de tunnel. A ce moment là, les ressources sont accaparées par l'entrée dans un environnement nouveau, l'insertion dans le trafic, le calage des paramètres principaux de conduite en tunnel (vitesse, allumage des feux, fermeture fenêtres et ventilation recyclée). Les informations que les usagers sont censés avoir intégrées dès l'entrée du tunnel ne sont en fait prises en compte que plus tardivement lors de la traversée du tunnel.

Les signaux du tunnel ne sont pas toujours perçus. Quand ils le sont ils ne sont pas nécessairement compris. Citons à titre d'exemple le balisage lumineux pour l'interdistance présent dans le tunnel du Fréjus, les niches de sécurité qui sont prises pour des issues de secours ou les issues de secours qui ne sont pas identifiées comme telles.

En fait, l'apprentissage et l'assimilation de l'environnement tunnel se font de manière progressive, au fur et à mesure de la traversée, en fonction des ressources disponibles et par un système de filtrage fonction de la pertinence estimée dans une situation donnée, à un moment précis et pour une activité en cours.

Les règles considérées une à une ne sont pas forcément respectées. Dans son comportement, l'utilisateur exprime plutôt l'idée d'une conduite "satisfaisante et confortable" en termes de sécurité, résultat d'un compromis entre plusieurs règles en vigueur (du moins celles perçues). Les usagers semblent plus rechercher une "moyenne acceptable" compte tenu des paramètres (évolutifs) de la situation, qu'un respect strict des règles. Par exemple, l'interdistance sera ajustée en fonction de la vitesse de circulation.

On note ainsi une interprétation fortement subjective des règles de conduite et de comportement, faisant dévier la notion de sécurité vers celle de confort. Par ailleurs, la règle n'est pas considérée et appliquée de manière absolue et constante mais plutôt réévaluée périodiquement au cours de la traversée du tunnel par l'utilisateur et ajustée en fonction de ses priorités immédiates et des paramètres d'environnement (densité, nature et vitesse du trafic notamment).

Parce que leurs capacités de réponse à la crise diffèrent de celles attendues

Les réponses des usagers à un événement en tunnel ont été abordées indirectement au travers de deux démarches complémentaires.

Une revue de littérature étendue à tous les environnements confinés [7] [8] [9] [10] pour compenser le manque de références concernant les tunnels a permis l'émergence d'un modèle psychologique de comportement des usagers en situation de crise [3] [11] [12]. Ce modèle a été ensuite confronté aux résultats de l'enquête réalisée auprès de 620 usagers concernant les comportements qu'ils adopteraient en cas d'événement en tunnel, les comportements constatés lors des grands événements en tunnel, les résultats des expérimentations grandeurs réelles de la division Facteurs Humains du TNO [13] et le résultat du recueil de 10 témoignages de personnes ayant été témoins ou impliqués dans des événements en tunnel.

Les principaux résultats de ces démarches suggèrent que les usagers sont loin d'être en mesure de produire les comportements immédiatement efficaces que l'on attend d'eux :

- Beaucoup méconnaissent initialement les équipements et aménagements de sécurité qui peuvent être utilisés dans ces situations. Certains confondent les fonctions des équipements de sécurité : les niches d'appel d'urgence sont prises pour des issues de secours et toute cavité, porte et recoin peut être perçue comme une issue de secours.
- Les usagers tardent à réagir aux premiers signaux d'alerte du fait de leur difficulté à les percevoir et reconnaître. En fait, hormis certains tunnels disposant d'équipements d'information, il n'existe pas de dispositif d'alerte des usagers se trouvant dans le tunnel. Dans certains cas, seuls les usagers en mesure de voir directement l'incendie peuvent prendre conscience de la situation. Les autres ne seront confrontés qu'à une congestion en tunnel.
- Lorsque les usagers se trouvent en situation d'alerte, ils ont du mal à comprendre les risques de la situation et les comportements à adopter. Ils recherchent activement des informations sur les causes de l'événement, les dangers effectifs, les indications à suivre, mais aussi sur le déroulement de la gestion de l'événement par les services d'intervention. Ils ont alors tendance à discuter entre eux de la situation et des comportements à adopter. Des effets de dynamiques de groupe (influence du leadership) sont notables.
- Dans certains cas, les dispositifs de signalisation en place dans les tunnels se sont avérés insuffisants pour guider et renseigner les usagers à la fois sur la situation et les solutions de mise en sécurité. Par exemple, la signalétique des issues de secours est jugée trop petite et pas assez éclairée pour localiser clairement les issues de secours.
- Le dilemme de l'abandon du véhicule est une réalité psychologique à laquelle sont confrontés la plupart des usagers. Il faut qu'ils acceptent et soient entièrement convaincus que les risques de rester dans leur véhicule sont plus importants que ceux liés aux risques de vol ou de dégradation de celui-ci. Ces dilemmes sont récurrents dans les processus de gestion des risques et de la décision au niveau individuel. D'après les témoignages reçus, les usagers effectueraient un compromis par lequel ils acceptent d'abandonner leur véhicule à condition de récupérer des affaires personnelles transportables considérées comme précieuses. Ces comportements sont compulsifs.
- La présence d'une personne capable d'organiser et de déclencher localement le mouvement vers les issues de secours optimise le temps d'évacuation.
- Une fois à l'abri, les usagers ont tendance à re-sortir des issues de secours pour suivre l'évolution de la situation dans le tunnel. Les risques encourus seraient perçus comme moins importants que le besoin d'être informé sur l'événement compte tenu de l'inquiétude concernant des biens laissés dans le tunnel et/ou le retard encouru. Ils peuvent aussi éprouver le besoin de vérifier que leur comportement d'évacuation est toujours adapté à la situation.

- Tous les usagers vivent un stress sans que celui-ci ne conduise à des états de panique ou à des bousculades.

Parce que finalement, il est difficile de les impliquer activement dans la sécurité des tunnels

Dans des domaines où les contraintes opérationnelles et comportementales sont très importantes (comme l'aviation ou le nucléaire), la clef de la performance et de la sécurité des systèmes est liée aux compétences des opérateurs de première ligne et leurs capacités à maîtriser la plupart des situations. Dans ces domaines, l'amélioration continue du couplage entre les opérateurs et les systèmes est primordiale, de même que l'importance accordée à la sélection, la formation et l'entraînement des opérateurs humains pour éviter toute contradiction majeure entre la performance et la sécurité du système.

Le problème majoritaire des tunnels est, qu'à l'exception des restrictions d'accès à certains véhicules, il s'agit d'un lieu ouvert à (presque) tous les publics. Il n'est donc pas envisageable de filtrer les usagers selon leurs compétences et aptitudes à maîtriser le système tunnel et ses contraintes.

La prise en compte de certains comportements d'usagers est une réalité pour certains choix d'exploitation (ex. envoi d'une navette d'évacuation chargée d'aller chercher les usagers qui restent dans leur véhicule au tunnel du Fréjus ; installation des barrières à proximité des issues de secours puisque les usagers "s'agglutinent" les uns derrière les autres dans le tunnel du Mont Blanc). Mais globalement, la participation directe et active des usagers aux choix de conception ou d'exploitation est une pratique marginale dans le monde des tunnels.

Enfin, la formation même des usagers est difficile à mettre en œuvre. Les usagers étant le seul mode commun des différents ouvrages, il devient difficile de communiquer des comportements typiques valables pour tous les tunnels. On recense bien quelques opérations de formation aux spécificités de la sécurité en tunnel (ex. l'opération « Sécurité un réflexe de pros ! » initiée par la société SFTRF). Mais jusqu'à aujourd'hui, elles ne ciblent que la population d'usagers la plus atteignable, les professionnels de la route (qui sont aussi ceux qui en connaissent le plus), et ne concernent que le tunnel à l'origine de l'opération.

Pistes d'améliorations et expérimentations en cours

Les données du premier lot d'études du projet d'ACTEURS apportent des explications à l'écart constaté entre les attentes des exploitants et la réalité des capacités des conducteurs. Confrontés à ces résultats, la première réaction des différents acteurs impliqués dans la sécurité des tunnels (pouvoirs publics, exploitants, concepteurs) a été une certaine méfiance, faite d'incrédulité et d'une forme de rejet de certains des paradoxes énoncés (ex. « l'utilisateur est l'objectif au cœur de la sécurité des tunnels mais n'en est pas l'interlocuteur »). Cette première réaction a été progressivement surmontée quand ces professionnels des tunnels se sont rendus compte que certaines actions concrètes pouvaient être menées pour diminuer certains problèmes mis en évidence. L'un des résultats majeurs de ces actions a été de démontrer la nécessité de faire évoluer la sécurité des tunnels en intégrant la donnée comportementale. La prise de conscience de cette nécessité a encouragé les partenaires initiaux au projet (ATMB, AREA, SFTRF et le CETU) et ceux qui s'y sont joints (APRR, COFIROUTE, ESCOTA, GEIE-TMB et la DSCR) vers un changement progressif de paradigme de sécurité des tunnels.

Vers un changement de paradigme de sécurité des tunnels

Dans un système aussi contraint que les tunnels routiers qui se trouve dans l'incapacité de sélectionner, former et entraîner ses "opérateurs humains de première ligne" (les conducteurs), les solutions effectives pour garantir la sécurité sont peu nombreuses.

L'une des solutions consiste à abaisser la performance globale du système. Pour les tunnels routiers, cela passe notamment par : l'acceptation d'un nombre moins important de véhicules, le renfort

de la réglementation d'accès à l'entrée du tunnel, la réduction de la vitesse de circulation, l'augmentation des distances de sécurité à adopter dans les ouvrages,... Mais ces choix entrent en conflit avec la raison d'être fondamentale des tunnels routiers : faciliter les déplacements et absorber les flux de trafic. Ils ne sont donc pas envisageables tels quels. Le choix peut alors consister à réduire les exigences du système à l'égard de sa performance. Par exemple : élaborer et réglementer des stratégies de sécurité plus réalistes concernant les comportements des usagers ; ou s'attacher à simplifier et homogénéiser une partie des consignes applicables en tunnel, ainsi que les dispositifs de communication de ces consignes aux usagers (harmonisation du dispositif d'information).

Une autre solution consiste à rendre le système suffisamment intuitif pour qu'il déclenche naturellement les comportements requis pour la sécurité. Le programme d'action est vaste, il s'agit entre autres de :

- Repenser le dispositif et les modalités d'information des usagers aux abords et dans les tunnels pour à la fois favoriser la perception des consignes et faire en sorte que leurs justifications soient plus fortes que les objections naturelles mises en œuvre par les conducteurs ;
- Positionner et diffuser l'information en fonction des besoins des conducteurs afin de solliciter leurs ressources mentales lorsqu'elles sont disponibles pour générer les comportements adéquats ou des apprentissages
- Signifier clairement la situation de crise en tunnel, en multipliant les modalités d'alarme à destination des conducteurs se trouvant dans le tunnel ;
- Rendre plus intuitive la localisation et l'utilisation des moyens d'évacuation ;
- Contraindre tous les comportements indispensables à la sécurité des tunnels (sans introduire d'autres contraintes, comme celles de la gestion de trafic) et sanctionner systématiquement tous les écarts en s'assurant que le contrôle sanctionne à la fois pour les usagers sanctionnés et ceux qui ne le sont pas ;

Les efforts de formation des usagers des tunnels ne doivent pas être abandonnés pour autant, mais être au contraire renforcés. Il est clair qu'aujourd'hui, tout est loin d'avoir été entrepris et les marges de manœuvre sont importantes.

Enfin, tout ceci ne pourra être conduit et fournir les résultats attendus que si le point de vue des usagers, la réalité de leurs limites et de leurs capacités, sont intégrés aux différentes démarches entreprises. Cela passe par l'intégration des usagers aux démarches d'amélioration les concernant, mais aussi et surtout par :

- La mise en place d'un véritable processus de validation et d'expérimentation des équipements/dispositions à destination des usagers ;
- La capacité à se donner les moyens de vérifier l'adéquation du couplage tunnel/exploitant/usager au travers d'un retour d'expérience capable de capitaliser sur les comportements des usagers et les écarts produits, ou des bilans d'utilisation des tunnels comme ceux initiés dans le Lot 1 du projet ACTEURS.

Fort de ces perspectives, les partenaires du projet ACTEURS se sont investis dans plusieurs démarches de concrétisation de ces axes d'amélioration.

Intégration des comportements des usagers dans le retour d'expérience tunnel

Le système de retour d'expérience actuel ne permet pas d'approfondir les déterminants du comportement des usagers en tunnel. Aujourd'hui, seuls les accidents majeurs donnent lieu à des enquêtes approfondies capables d'éclairer sur le comportement des usagers. Or, le système tunnel est régulièrement confronté à des séquences porteuses de risques et pour lesquelles le rôle des usagers est déterminant. Le travail réalisé vise à exploiter cette source d'apprentissage en organisant et valorisant le retour d'expérience des exercices et des événements dans les tunnels pour intégrer l'utilisateur et ses comportements. Il s'agit principalement de proposer des

instruments d'exploitation et de capitalisation des connaissances pour mieux appréhender les représentations mentales des usagers face à des situations imprévues.

Un travail de thèse de 3 ans mis en place dans le cadre d'un partenariat entre le CETU, SFTRF et le pôle cyndinique de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris (ENSM) a été engagé pour atteindre ces objectifs.

Dans le cadre projet ACTEURS, la première étape a consisté à identifier les limites juridiques à la connaissance des déterminants du comportement humain en cas d'événement en tunnel [14].

- La loi de 1995 sur la vidéosurveillance n'autorise pas les exploitants à garder les enregistrements vidéo au-delà des délais prescrits par arrêté préfectoral ;
- L'identification des usagers présents sur les enregistrements vidéo est aussi strictement interdite.

Dans la mesure où, pour appréhender les déterminants des comportements observés, il est nécessaire d'être en mesure juridique d'identifier des usagers pour pouvoir recueillir leur témoignage, il est prévu dans la suite de la démarche de saisir la CNIL pour obtenir d'elle une clarification des modalités à suivre.

Le travail se poursuivra par un état de l'art des pratiques des exploitants en matière de retour d'expérience et l'identification les premiers éléments de typologie de comportements porteurs de risques dans les tunnels.

La réglementation de l'interdistance dans les tunnels considérée sous l'angle des usagers

Le respect des règles d'interdistance en tunnel (distances de sécurité en marche et à l'arrêt) est fondamental pour la sécurité des tunnels routiers comme ceux du Tunnel du Mont Blanc et du Fréjus. Ces règles servent, entre autres, à limiter le risque de collision entre deux véhicules qui se suivent, limiter le nombre de véhicules impliqués dans un accident, éloigner les usagers du lieu d'un incendie éventuel et réduire le risque de propagation du feu d'un véhicule à l'autre. Le Lot 1 du projet ACTEURS a clairement mis en évidence l'inadéquation de ces règles avec le comportement naturel de beaucoup de conducteurs. D'un autre côté, les démarches actuelles d'amélioration de la sécurité des tunnels comptent beaucoup sur l'introduction de dispositifs de contrôle-sanction automatisés pour garantir l'application des distances de sécurité en tunnel.

La première étape du travail réalisé s'est attachée à recenser les règles et dispositifs de mesures et de contrôle dans les tunnels français et européens. Partant d'une importante revue de littérature technique et réglementaire, d'entretiens et de questionnaires envoyés à de nombreux exploitants nationaux et internationaux, plusieurs points ont été mis en évidence [15] :

- La quantification des interdistances entre véhicules apparaît comme une exception française, la plupart des pays d'Europe se limitant à exiger une distance de sécurité suffisante.
- Lorsqu'elles sont réglementées, les distances de sécurité varient d'un ouvrage à l'autre. Leurs définitions ne s'appuient que sur une partie seulement des justifications techniques de l'interdistance en tunnel. Elles sont rarement explicitées.
- La prise en compte du débit de trafic est déterminante dans l'établissement de la valeur à appliquer. En situation de trafic dense, la règle n'est pas tenable, ni souhaitée par les exploitants.
- Les distances de sécurité exigées dans certains tunnels ne sont pas réalistes : elles sont contraires à la logique de relation entre distance à respecter et vitesse de progression, elles sont trop importantes par rapport à la gestion naturelle de la distance de sécurité par les usagers et elles ne prennent en compte que le véhicule qui précède
- Si le non-respect des distances de sécurité entre dans le cadre légal des infractions pouvant faire l'objet de mesures automatiques, les dispositifs actuels de contrôle, pas encore homologués, ne peuvent être utilisés à des fins de sanction.

Dans une seconde étape, le LICIT (Laboratoire d'Ingénierie Circulation Transports, unité mixte de recherche ENTPE/INRETS)

s'est chargé de construire un modèle mathématique modélisant de façon sommaire le comportement des usagers du tunnel du Mont Blanc en matière d'interdistances. Le modèle intègre aussi de manière simplifiée les lois de comportements mises en évidence dans le Lot1 du projet ACTEURS. Le modèle sera utilisé pour tester l'influence de plusieurs règles d'interdistance sur l'écoulement du trafic dans le tunnel, en fonction : d'un plus ou moins grand respect des règles d'interdistance, de la localisation des dispositifs de contrôle sanction et de l'application de différentes règles de régulation des flux à l'entrée du tunnel censés garantir la faisabilité physique de leur application.

Concernant l'introduction des dispositifs de contrôle sanction automatisé, compte tenu des facteurs relevant des usagers (difficultés d'application des distances de sécurité, absence de moyens de mesure embarqués dans les véhicules, freinage au droit du dispositif), l'équipe préconise de favoriser un apprentissage chez les conducteurs en implantant les dispositifs selon une logique de 4 zones :

- Zone 1 – premier contrôle : rappel et indication sur le respect de la règle d'interdistance en vigueur
- Zone 2 – zone d'ajustement de la distance de sécurité suite au premier retour obtenu
- Zone 3 – second contrôle, vérification et une correction éventuelle par l'utilisateur de son interdistance
- Zone 4 – troisième contrôle : sanction de l'infraction

Au-delà de la création de cet apprentissage, il a été également suggéré de dérouler une logique de contrôle régulier avec position aléatoire, sous réserve d'une technologie légère et mobile, ainsi qu'une campagne d'information sur les principes du dispositif.

Mise en oeuvre de la consigne d'arrêt obligatoire en cas de problème sur le véhicule dans les longs tunnels

L'incendie du 4 juin 2005 dans le tunnel du Fréjus a été suivi d'une évolution de la réglementation de circulation dans les tunnels du Fréjus et du Mont Blanc. Le système de sécurité des deux tunnels ne pouvant traiter efficacement les incendies mobiles en tunnel, les conducteurs constatant une fumée sur leur véhicule à plus d'un kilomètre de la sortie des tunnels doivent s'arrêter immédiatement. L'enjeu du travail réalisé porte alors sur la transmission de cette obligation à tous les conducteurs traversant les tunnels du Fréjus et du Mont Blanc, quelle que soit leur nationalité.

Un total de 46 conducteurs de poids lourd ont été rencontrés et interviewés dans leur entreprise, dans leur organisme de formation et sur des aires de repos des autoroutes A40 et A43. Le bilan des entretiens est sans équivoque : les conducteurs connaissent parfaitement les consignes et les modalités d'arrêt en tunnel, malgré cela, en cas de problème, ils tenteraient de sortir du tunnel et n'appliqueraient les consignes d'arrêt que contraints et forcés pour des raisons mécaniques. Les résistances qu'ils mentionnent pour justifier ce comportement sont :

- la peur d'être tenu responsable (effet Mont Blanc) ;
- la croyance profondément ancrée que tant qu'ils roulent, le feu ne risque pas de se déclarer (effet bougie) ;
- la perspective des coûts occasionnés par le remorquage dans le tunnel (ignorance de la gratuité du remorquage)
- l'impression d'être seul face aux problèmes (ignorance de la réalité de l'exploitation et de l'organisation des secours).

Afin de lever ces résistances et encourager l'arrêt en tunnel, le choix a été fait de concevoir un document de présentation des consignes, résistant à la banalisation et susceptible d'optimiser la prise d'information et la compréhension.

Des agences de création ont travaillé à l'élaboration d'un concept graphique capable de signifier la nécessité de s'arrêter immédiatement en tunnel quel que soit le problème rencontré dans ces deux tunnels. Les créatifs devaient aussi suggérer la présence permanente de personnels d'exploitation et la rapidité d'intervention des secours, la gratuité du dépannage et les modalités d'arrêt et d'évacuation vers les abris des ouvrages.

Plusieurs propositions font aujourd'hui l'objet d'une évaluation auprès de la population ciblée. Elles seront recadrées en fonction

des résultats de cette évaluation. Par ailleurs, il est évident que la seule distribution de fiches consignes ne suffira pas à faire s'arrêter les conducteurs de poids lourd en cas de problème. Il est donc prévu de définir les déclinaisons possibles du concept graphique en s'appuyant sur les dispositifs d'information des usagers existants : formation des conducteurs poids lourd, campagne radio, signalisation statique, signalisation dynamique, personnels exploitants,...

Formation des conducteurs de poids lourds à la sécurité en tunnel

En 2004, la société SFTRF exploitant le tunnel du Fréjus a mis en place une opération d'éducation des conducteurs de poids lourd aux spécificités de la sécurité du tunnel du Fréjus. L'opération, nommée « Sécurité, un réflexe de pros ! » vise à la fois à améliorer les connaissances des chauffeurs routiers pour leur propre sécurité dans le tunnel et à en faire de véritables acteurs de la sécurité en les transformant en relais capables de conseiller les autres usagers.

L'opération repose sur un double dispositif :

- Une démarche d'information et de sensibilisation à destination des organisations professionnelles, des chefs d'entreprise, des conducteurs et de la presse professionnelle qui s'appuie sur un kit de supports graphiques (plaquette de présentation, affiches, fiches consignes, bandes dessinées et autocollants),
- Une démarche de formation à destination des organismes de formation et des formateurs d'entreprise à diffuser aux conducteurs dans le cadre de leurs formations obligatoires, s'appuyant sur un module intégrant des séquences vidéo réelles et un film pédagogique.

Ce dispositif fait aujourd'hui l'objet d'un projet d'adaptation aux spécificités du tunnel du Mont Blanc et d'intégration des résultats du projet ACTEURS. L'opération est notamment repensée afin de favoriser le comportement d'arrêt immédiat en tunnel quel que soit le problème rencontré sur son véhicule. Le discours est ainsi orienté pour démontrer que les fondements de la décision de continuer de rouler avec un problème mécanique n'ont pas de sens dans ces deux tunnels.

Formation initiale à la conduite dans les tunnels routiers

L'objet de l'activité est de remédier à la méconnaissance de l'environnement tunnel en introduisant dans la formation initiale des conducteurs des éléments sur la conduite dans les tunnels.

Un document de cadrage a été distribué aux éditeurs pédagogiques pour la production de leur propre support pédagogique ainsi que des questions se rattachant aux tunnels routiers. Le document traite des règles de comportements valables pour tous les tunnels routiers. Il expose : les éléments de contexte à intégrer pour adapter son comportement à l'environnement tunnel ; les objectifs spécifiques que le conducteur doit atteindre selon la situation ; des éléments de connaissances plus génériques sur les tunnels, leur exploitation, leurs équipements, les comportements naturels des conducteurs, etc.

Le document est organisé en 6 parties : une présentation de la spécificité des tunnels en tant qu'environnement routier et les risques spécifiques ; l'approche d'un tunnel routier la nécessité pour le conducteur d'appréhender les règles spécifiques de l'ouvrage ; l'entrée en tunnel traitée comme une rupture d'environnement routier auquel il faut s'adapter ; la spécificité de la conduite dans le tunnel ; les comportements à adopter en cas d'événements mineurs en tunnels (congestion, crevaisson, pannes, accrochage léger en tunnel) ; et la situation d'incendie en tunnel en précisant les risques de celui-ci et la nécessité, pour le conducteur, de réagir dès les premiers signaux d'alerte.

Cinq éditeurs pédagogiques ont été consultés afin de produire les questions et leurs illustrations qui seront introduites dans l'épreuve théorique générale du code de la route à l'été 2006.

Optimisation du dispositif d'information des usagers à l'échelle d'un itinéraire comprenant plusieurs tunnels

L'objectif poursuivi dans ce travail est d'intégrer les contraintes associées aux usagers dans la (re)conception du plan de signalisation et d'information des usagers sur l'itinéraire du contournement de Nice (A8, ESCOTA) dans le cadre de son projet de rénovation.

Le contournement de Nice sur l'A8 a pour principales caractéristiques de réunir 6 tunnels bitubes monodirectionnels à 2 ou 3 voies dont 2 tunnels limités à 90km/h. Il s'agit en outre d'un itinéraire en périurbain à trafic dense et pendulaire qui est soumis à de fortes contraintes topographiques qui se manifestent par des rétrécissements de voies, des fortes pentes, de nombreux virages, l'absence de bandes d'arrêt d'urgence...

Une série d'observations embarquées dans les véhicules de 24 usagers empruntant l'itinéraire ont été organisées au début du mois de juillet 2005 [16]. Ces observations ont mis en évidence plusieurs points à traiter :

- La nécessité de travailler sur l'image qu'ont les usagers de l'itinéraire pour obtenir des attitudes et des comportements plus adaptés à ses spécificités (autoroute en milieu urbain, tracé, tunnels) ;
- Des difficultés clairement mises en évidence sur l'itinéraire sont à "résoudre" dans le cadre du projet de rénovation : problème de gestion de l'interdistance, confusions de sorties, complexités locales (entrée n°55 sur l'autoroute sens NORD, sortie du tunnel de Las Planas sens SUD), ...
- Quelques axes de travail relatifs aux tunnels de l'itinéraire : gestion de l'effet trou noir en entrée, limitation des éblouissements en sortie, utilisation des piédroits comme moyen d'information, localisation et identification des tunnels et de leurs équipements de sécurité ;
- Globalement, la nécessité d'améliorer la connaissance des usagers en termes de sécurité, règles de circulation et comportements à adopter en situation normale ou en cas d'événement sur l'itinéraire et notamment dans les tunnels.

S'en est suivie une mobilisation sans précédent au sein de la société ESCOTA pour identifier et mettre en œuvre des actions concrètes susceptibles d'améliorer et d'optimiser des informations délivrées aux usagers sur l'itinéraire du contournement de Nice. Plusieurs groupes de travail se sont constitués et ont mobilisé des représentants de la plupart des départements/services de la société : service viabilité sécurité, exploitation et ingénierie trafic, mission tunnels (chargée de la rénovation), direction technique, direction de la communication, radio trafic FM et service commercial. Leurs réflexions portent aujourd'hui sur :

1. La mise en place et la mesure d'efficacité d'un dispositif d'aide au maintien de l'interdistance de 50 m dans les tunnels du contournement de Nice. Le choix s'est porté sur l'installation d'un dispositif naturellement recherché par les usagers : des chevrons au sol aidant le calage de la distance de sécurité. Un protocole d'expérimentation est en cours de rédaction et devrait être mis en œuvre cet automne.
2. Un projet de simplification de l'implantation des signaux verticaux de l'itinéraire et d'optimisation de l'information en fonction des besoins des usagers et des comportements attendus. Le projet s'établit sur la base d'un projet technique se limitant au strict nécessaire du point de vue réglementaire et est complété par les données d'observation.
3. L'information délivrée en temps réel aux usagers à partir des politiques d'information de la société ESCOTA et des dispositifs d'information en place (PMV, Radio trafic). Un groupe de travail définit, entre autres : des principes de crédibilisation de l'information et, des principes de retour sur événement. Un travail sur la prosodie des messages radio est envisagé pour renforcer la valeur d'alerte des messages.
4. La définition d'actions de communication générique sur la sécurité, adaptées à l'itinéraire et sa population.
5. Un projet d'utilisation des piédroits des tunnels comme dispositif d'information des usagers, en termes de sécurité, de localisation des aménagements, de différenciation des tunnels et d'aide aux anticipations, ... Le projet donnera lieu à des spécifications rapides et au lancement d'un concours d'idées.

Au travers de ces actions et des modalités de leur définition, l'utilisateur devient un paramètre pris en compte à part entière dans l'élaboration du plan de rénovation, dont la coordination "jongle" déjà avec un champ de contraintes multiples d'exploitation et de sécurité (topographiques, réglementaires, budgétaires, calendaires, etc.). Challenge marquant une forte évolution méthodologique et pratique, il s'agira d'ailleurs à la fin de ce projet de décrire la méthode d'intégration de l'utilisateur à un programme de rénovation autoroutier.

Conclusion

Le projet ACTEURS investit depuis quatre ans un champ peu exploré de la sécurité des tunnels routiers : celui de l'étude des comportements des usagers et de l'intégration effective de la composante « usager » dans les réflexions de sécurité.

Les premiers résultats obtenus et les premières actions mises en œuvre en faveur de l'amélioration de la sécurité des tunnels et du couplage tunnels/exploitants/usagers justifient aujourd'hui l'intérêt de la démarche. Les différents acteurs impliqués dans la sécurité des tunnels (pouvoirs publics, exploitants, concepteurs) ont désormais acquis que changer la manière d'aborder le rapport avec les usagers peut permettre d'améliorer concrètement la sécurité en donnant la capacité à mieux faire coïncider les exigences du système tunnel et la réalité de ce que peuvent (ou pas) produire les utilisateurs du système. On assiste ainsi depuis le début du projet ACTEURS à un véritable changement de mentalités, annonçant un changement effectif de paradigme de sécurité comparable à ceux constatés dans l'aéronautique ou dans le nucléaire lors de l'introduction des facteurs humains. Les exploitants de tunnels partenaires du projet en sont aujourd'hui convaincus. Le mouvement est lancé et gageons qu'il perdurera dans les années à venir.

Quelles sont aujourd'hui les pistes encore à explorer ?

- Approfondir l'étude de certains comportements des usagers comme ceux observés en cas d'événement tunnel. Le projet ACTEURS a permis d'apprendre l'essentiel de ce qui pouvait être appris par revue de littérature et recueil de données sur le terrain. La seule façon de poursuivre est de continuer est de passer à l'expérimentation, c'est-à-dire à des exercices de simulation pleine échelle, à l'image des équipes de recherche du TNO [13].
- Poursuivre la démonstration de l'intérêt de la démarche, notamment au travers de la mise en œuvre de solutions concrètes, fondées sur les connaissances nouvellement acquises et dont l'efficacité devra être mesurée en terme de sécurité.
- Adresser plus directement la question de la gouvernance des tunnels et de son impact sur le couplage tunnels/exploitants/usagers. Les institutions chargées de la réglementation des tunnels routiers (CETU, DSCR) jouent un rôle fondamental vis-à-vis du niveau d'exigence comportemental à l'égard des usagers. Catégoriser les tunnels selon des modèles de sécurité types (ex. tunnels urbains, autoroutiers, longs tunnels bi-directionnels) et harmoniser les pratiques entre tunnels de même type peut, par exemple, faciliter l'appropriation des ouvrages par les conducteurs. Ces institutions sont aussi les seules à pouvoir engager une communication générale sur les spécificités de la sécurité des tunnels touchant un large public, ou promouvoir la genèse de règles plus réalistes, du point de vue de leur compréhension et de leur application.
- Améliorer la capacité d'apprentissage du système tunnel, notamment en facilitant l'utilisation des enregistrements vidéo, l'accès aux témoignages aujourd'hui pratiquement réservés aux seules forces de l'ordre et le partage d'expérience entre tous les exploitants.

Autant de perspectives à suivre et susceptibles de favoriser la mise en place d'un cercle vertueux d'amélioration de la sécurité en tunnel avec des usagers en mesure de devenir de acteurs effectifs de cette sécurité.

Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble des sociétés et des institutions partenaires du projet ACTEURS : Autoroute Paris Rhin Rhône, AREA, ATMB, COFIROUTE, Dédale SA, ESCOTA, GEIE-TMB, SFTRF, la Direction de la Sécurité et de la Circulation Routière du Ministère de l'Équipement et des Transports, le Centre d'Étude des Tunnels. Ils remercient toutes les sociétés prestataires qui ont contribué et continuent encore à la production des résultats du projet : Puissance N, Bonnard et Gardel, INRETS/LICIT, Jacquie Liurette, Véronique Fabre Darcourt, Béatrice Lescarcelle.

Références

- [1] Noizet, A. et Paries, J. (2004), *Point sur ce que savent les professionnels des tunnels des connaissances et comportements des usagers des tunnels*, Projet ACTEURS Lot 1, Rapport de recherche n°1.
- [2] Noizet, A. et Mourey, F. (2005), *Les comportements des usagers en situation de traversée normale des tunnels*, Projet ACTEURS Lot 1, Rapport de recherche n°2.
- [3] Noizet, A. et Mourey, F. (2005), *Les comportements des usagers en situation de crise en tunnel*. Projet ACTEURS Lot 1, Rapport de recherche n°3.
- [4] Lingelser, S. (1998) Pannes, accidents et incendies dans les tunnels routiers français. Rapport CETU, Bron, mai 1998.
- [5] Noizet, A. et Ricard, F. (2003), « A.C.T.E.U.R.S.: improving understanding of road tunnel users with a view of enhancing safety », *Safety in Road and Rail Tunnel*, Fifth International Conference & One Day Seminar, 6-9 October 2003, TMI, Marseille, France.
- [6] Noizet, A. et Ricard, F. (2004) The ACTEURS project: Results from the survey of drivers using the tunnels operated by the French alpine motorway companies. *Fifth International Conference in Tunnel Fires*, 25-27 October 2004, London
- [7] Chertkoff, J.M. & Kushigian, R.H. (1999). *Don't Panic, the psychology of Emergency Egress and Ingress*, Praeger, Westport, Connecticut.
- [8] SFPE (2002), *SFPE Engineering Guide to Human Behavior in Fire*. National Fire Protection Association, Quincy, MA.
- [9] Muyr, H. (2001) Human factors in escape from fire. *Safety in Road and Rail Tunnels Conference*, 5 avril 2001, Madrid, Spain.
- [10] Ozel, F., (1994). Cognitive factors that affect emergency egress in hotel/casino occupancies. In: *Proceeding of Environments for Tourism Conference*, Las Vegas, NV.
- [11] Steyvers, F., de Waard, D. et Brookhuis K. (1999) - Aspect of human behaviour in tunnel fires - a literature review. *International Tunnel Fire and Safety Conference* - Rotterdam, 2-3 dec 1999
- [12] Noizet, A. and Mourey, F (2005), Crisis situation in tunnels: what kind of behaviours can we expect from drivers? Some results from the French ACTEURS project. *3rd International Conference – Traffic and Safety in Road Tunnels* – 18-20 May 2005 in Hamburg.
- [13] Boer, L.C. (2002). *Behaviour by motorists on evacuation of a tunnel*. TNO report. TNO Human Factors.
- [14] Auboyer, A. (2006), *Faire évoluer le retour d'expérience vers un outil de connaissance du comportement humain - Etude des limites juridiques à la connaissance du fondement du comportement humain en cas de crise en tunnel*, Projet ACTEURS Lot 2, Note de synthèse.
- [15] Ricard, F., Pons, P., Stegmann, L. et Pérard, M. (2006), Survey dedicated to interdistance regulations in road tunnels, *6th International Conference in Tunnel Fires*, TMI
- [16] Noizet, A. et Mourey, F. (2006), *Restructurer l'information des usagers sur le contournement de Nice – Bilan de compréhension et d'utilisation de l'itinéraire par les usagers*, Projet ACTEURS Lot 2, Note de synthèse