



Projet ACTEURS

Améliorer le Couplage Tunnels / Exploitants / Usagers pour Renforcer la Sécurité

Lot 1 Rapport de recherche n°3 :

Les comportements des usagers en situation de crise en tunnel

Version du document : Finale V2.0
Date : 13 janvier 2005
Auteur : A. NOIZET
Personnes à contacter : A. NOIZET, DEDALE SA
F. RICARD, ATMB

Pièces Jointes : Compte rendu du comité d'experts (janvier 2005)
Avis d'experts sur le rapport T1.2 et T1.3



Rédigé par :	Vérifié par :	Approuvé par :
Alain NOIZET (DEDALE) Florence MOUREY (DEDALE)	Frédéric RICARD (ATMB)	Comité de pilotage ACTEURS

Contrôle des versions

Date	Version	Contributions	Principaux changements
09/12/2004	V0	Alain Noizet	Création du document
17/12/2004	V1	Florence Mourey	Modifications
17/12/2004	V1.1	Alain Noizet Florence Mourey	Intégration & validation
22/12/2004	V1.2	Alain Noizet	Finalisation de la V1.1
22/12/2004	V1.3	Florence Mourey Alain Noizet	Relecture et intégration des corrections
13/01/2005	V2.0	Alain Noizet	Modifications suite au comité de relecture

Membres du Comité de pilotage

ATMB	Frédéric Ricard
ATMB	Bernard Port
ATMB	Elisabeth Sawicki
Dedale	Alain Noizet
Dedale	Jean Paries
CETU	Monsieur Tesson
CETU	Madame Laveudrine
SFTRF	Monsieur Bertoli
AREA	Monsieur Picard
GEIE-TMB	Monsieur Guilani
GEIE- TMB	Monsieur Linares

Table des matières

1	Introduction	4
1.1	Le projet ACTEURS	4
1.2	Etudier les comportements des usagers en situation de crise	5
1.3	Plan du rapport	5
2	Caractéristiques des situations de crise en tunnel	6
2.1	Un contexte de risques particulier	6
2.2	Un dispositif de gestion de crise spécifique	7
2.3	Attentes des professionnels des tunnels (concepteurs et exploitants) concernant les comportements des usagers	7
3	Généralités sur la performance humaine	8
3.1	Contrôler une situation et ses risques	8
3.2	Les facteurs influençant ces réglages.....	9
4	Les comportements humains en situation de crise	11
4.1	En finir avec le mythe de la panique.....	11
4.2	La prise de décision en situation de stress.....	12
5	Un modèle psycho-sociologique d'évacuation en tunnel	13
5.1	Phase 0 : Phase d'initiation de l'événement	14
5.2	Phase 1 : Phase de perception et de reconnaissance des signaux d'alerte	15
5.3	Phase 2 : Prendre la décision d'évacuer et évacuer.....	16
5.4	Phase 3 : Phase de mouvement vers les abris ou les issues de secours	19
6	Que dit la réalité ?	20
6.1	Ce que savent et pensent les usagers des tunnels	21
6.2	Ce que font réellement les usagers	22
6.3	Analyse des témoignages recueillis pour le projet ACTEURS	25
7	Bilan et recommandations	28
7.1	Un modèle théorique qui rend bien compte des comportements d'évacuation en tunnel ...	28
7.2	Etat du couplage tunnels-exploitants-usagers	29
7.3	Pistes de recommandations.....	30
8	Conclusion	32
9	Références prises en compte pour la revue de littérature	34

1 Introduction

1.1 Le projet ACTEURS

Le projet **ACTEURS** vise à étudier le thème de la sécurité dans les tunnels routiers, avec l'objectif de **mieux comprendre l'interaction entre le comportement des usagers et les situations qu'ils rencontrent en tunnel**, pour en déduire **des propositions en matière de conception ou d'exploitation** des ouvrages.

Le projet ACTEURS se découpe en deux lots.

1. Le premier lot bénéficie aujourd'hui d'une subvention de la DRAST¹ au titre du PREDIT-GO4². Il vise à étendre la compréhension des comportements des usagers des tunnels et de leurs déterminants. Pour ce faire, plusieurs tâches de recherche sont articulées :
 - *Tâche T11 : Faire le point sur ce que savent les « professionnels » des tunnels (concepteurs et exploitants) des connaissances et des comportements des usagers* à partir d'une revue de la littérature, d'une série d'entretiens avec ces professionnels et d'un questionnaire dont les résultats sont exposés dans le premier rapport de recherche : *« Point sur ce que savent les professionnels des tunnels des connaissances et comportements des usagers des tunnels. »*
 - *Tâche T12 : Mieux comprendre l'activité des usagers en utilisation normale du tunnel* à travers une série d'études portant directement sur les usagers : enquête auprès des usagers, observations analytiques à partir du poste de surveillance, observations embarquées dans le véhicule d'usagers, étude des rapports d'exploitation relatifs à des événements sous tunnel causés directement par les usagers.
 - *Tâche T13 : Mieux comprendre les comportements des usagers en situation de crise* et identifier les grandes lois de comportements en cas de crise en tunnel à travers une revue de littérature, le recueil de témoignages d'usagers ayant vécu une situation de crise en tunnel et l'interview de personnels d'intervention en tunnel. Ce rapport synthétise les résultats de ces différentes démarches.
2. Un second lot vise à déduire des connaissances ainsi acquises des idées, des règles et des principes de conception et/ou d'exploitation des tunnels (et des systèmes techniques qui les équipent) de nature à rendre le comportement des usagers et les hypothèses de conception, au sens large, plus compatibles. Les éléments de compréhension des comportements des usagers obtenus dans les tâches T1.2 et T1.3 sont confrontés au résultat de la première tâche T1.1 sur ce que savent les professionnels, afin de pointer les insuffisances éventuelles des hypothèses sous-jacentes à la conception et à l'exploitation des tunnels.

Le présent document synthétise les données de la tâche T1.3 de ce projet qui vise à mieux comprendre le comportement des usagers confrontés à une situation de crise en tunnel. Il se donne pour objectif de dresser un bilan synthétique des éléments recueillis

¹ Direction de la Recherche et des Affaires Scientifiques et Techniques du Ministère de l'Équipement

² 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

et des premières pistes d'amélioration du couplage Tunnel-Exploitant-Usagers qu'ils permettent de suggérer.

1.2 Etudier les comportements des usagers en situation de crise

Contrairement aux comportements de traversée d'un tunnel en situation normale, les comportements d'usagers confrontés à une situation de crise en tunnel ne sont pas directement observables. Il existe néanmoins une abondante littérature sur les comportements naturels de l'être humain en situation de crise ainsi que des données issues du retour d'expérience et de l'accidentologie tunnel. La tâche T1.3 du projet ACTEURS repose sur ces deux grandes sources d'information sur les comportements en situation de crise.

1/ La **revue de littérature** a consisté à faire le point des connaissances disponibles dans la littérature scientifique sur les effets des situations de crise sur les êtres humains et les comportements qui en découlent. Le peu de références concernant directement les tunnels (Steyvers et al, 1999 ; Muir, 2001 ; Brocquet, 2002), nous a amené à ouvrir la revue de littérature aux situations de crise en environnements confinés (bâtiments, théâtre, parking sous-terrain), la situation la plus proche de ce qui se passe en tunnel en cas d'incendie ou d'épanchement de produits toxiques. La problématique traitée dans ce document concerne donc les comportements d'« occupants » confrontés à une situation nécessitant l'évacuation vers des issues de secours prévues à cet effet. L'exercice a consisté à transférer les données de cette littérature aux spécificités des tunnels afin d'élaborer un modèle psycho-sociologique des comportements des usagers des tunnels.

2/ Afin de confronter ce modèle à la réalité des comportements des usagers et de mieux comprendre les différentes étapes des processus mentaux lors de la survenue d'un événement en tunnel (compréhension ou pas des signaux, recherche ou pas d'information, décision ou pas de quitter son véhicule, vers où...), **une série d'entretiens avec des personnes témoins ou impliquées dans des événements en tunnel** a été organisée. Dix personnes ont ainsi été interviewées en face à face ou par téléphone : 4 personnes qui ont été directement impliquées dans l'événement ; 4 témoins des comportements des autres usagers et 2 en tant que personnel d'intervention (interne à la société exploitante, pompier). Cela est insuffisant pour valider complètement le modèle théorique. Les données sur les comportements des usagers en situation de crise en tunnel ont donc été complétées d'une revue de rapports d'accidents et d'incidents en tunnel. [Nous avons aussi intégré à ce rapport le point de vue des usagers qui ont été questionnés sur les comportements qu'ils adopteraient naturellement en cas de crise dans un tunnel dans le cadre de l'enquête et des observations de la tâche T1.2 du projet ACTEURS.](#)

A noter qu'une expérimentation sur les comportements des usagers des tunnels en situation de crise avait été envisagée et devait faire l'objet d'un avenant au contrat avec la DRAST. Son objectif était de valider les hypothèses émises sur les grandes lois de comportements en cas de crise en tunnel à partir des deux premières approches de la question (étude de la littérature et recueil de témoignages). Les difficultés et le coût d'organisation d'une expérience à grande échelle dans le cadre d'un exercice de sécurité, ainsi que les contraintes liées aux délais de réalisation ont conduit le comité de pilotage du projet ACTEURS à décider de l'abandon de cette étude complémentaire.

1.3 Plan du rapport

En dehors de cette introduction, ce document comporte 5 parties :

1. Une première partie précise en préambule, les caractéristiques des situations de crise en tunnel et le modèle comportemental de l'utilisateur classiquement considéré par les concepteurs et exploitants des tunnels.
2. Dans une seconde partie, afin de mieux comprendre ce qui peut intervenir spécifiquement lors des situations de crise en tunnel, il nous est apparu important d'aborder des généralités concernant les comportements humains en situation de crise.
3. La troisième partie évoque les lois génériques de comportements en situation de crise en environnements confinés.
4. La quatrième partie présente les quelques éléments de réalité susceptibles de valider/invalidier la justesse du modèle comportemental théorique.
5. La dernière partie dresse un bilan des comportements que l'on peut s'attendre à voir ou non dans un tunnel. Un second volet évoque les principales recommandations formulées par les auteurs pris en compte dans la revue de littérature pour améliorer le processus d'évacuation afin d'augmenter leurs chances de survie.

2 Caractéristiques des situations de crise en tunnel

Avant d'exposer le modèle comportemental qui a pu être mis en évidence, l'objet de cette partie est de décrire la spécificité des situations de crise en tunnel en détaillant les éléments qui les caractérisent. Cela permet de préciser le contexte dans lequel prennent place les comportements des usagers considérés et de rappeler le modèle comportemental classiquement considéré par les concepteurs et exploitants des tunnels (cf. rapport n°1 du projet ACTEURS pour plus de détails).

2.1 Un contexte de risques particulier

2.1.1 *Un environnement confiné*

Un tunnel est *un environnement confiné* qui comporte une entrée, une sortie et, à compter d'une certaine longueur, un nombre limité d'abris (mise en sécurité) ou d'issues de secours (voies d'évacuation) qui sont autant de solutions offertes pour assurer sa sauvegarde en cas de crise.

2.1.2 *Des risques très spécifiques*

Des menaces et dangers spécifiques : Certains événements tunnels (comme les incendies ou les accidents de Transport de Matière Dangereuse) présentent une menace très localisée dans le tube, mais des conséquences qui peuvent se propager (fumées ou gaz toxiques, chaleur et radiation) à une vitesse plus ou moins importante. En outre, l'accident ou l'incendie à l'origine de l'événement peuvent bloquer des voies de circulation ou des issues de secours.

Une forte dynamique temporelle : Les incendies graves et les exercices effectués en tunnel ont montré que le temps disponible pour échapper aux fumées toxiques est limité. En conséquence, un événement grave en tunnel s'accompagne de fortes contraintes temporelles pour l'évacuation.

On notera par ailleurs que pour un usager donné, la distance qui le sépare du sinistre peut être importante. Un incendie se trouvant à plusieurs centaines de mètres, voire pour certains tunnels, plusieurs kilomètres, ne devient une réalité objective pour un usager qu'à l'apparition des fumées ou lorsque le rayonnement est suffisant pour conduire la chaleur du foyer.

2.2 Un dispositif de gestion de crise spécifique

Chaque tunnel comporte un dispositif de gestion de crise qui lui est propre. Ce dispositif tient compte des choix de conception et d'exploitation, notamment de la présence ou non de moyens de secours à proximité. Il tient compte aussi des risques particuliers liés à la physique du tunnel et des équipements de sécurité installés.

Ainsi, dans les tunnels longs, monotubes et bidirectionnels, défendus par des moyens de secours et d'intervention dédiés (comme ceux du Mont Blanc et du Fréjus), le dispositif de sécurité prévoit que les usagers impliqués s'arrêtent dès les premiers instants du départ de feu. Leur arrêt immédiat permet la mise en œuvre opérationnelle immédiate des moyens de secours et des équipements (ventilation, éclairage, signalisation, abris, vidéo, radio, etc.). Des moyens spécifiques ont ainsi été construits pour la stratégie de ces ouvrages très particuliers. Le tunnel du Mont Blanc a, par exemple, installé des barrières devant les abris (les usagers passent les feux rouges mais s'arrêtent aux barrières). Les exploitants du tunnel du Fréjus ont fait construire une navette d'évacuation destinée à être un abri mobile. Ce véhicule est spécialement équipé pour aller au plus près de l'incendie et évacuer les usagers y compris ceux restés dans leur voiture.

Dans les tunnels courts et unidirectionnels, dans lesquels les usagers peuvent souvent voir la sortie et se situer, il est parfois souhaitable que le véhicule en difficulté sorte du tunnel s'il en a les moyens. L'exploitant ou les services de secours publics procèdent à la fermeture du tunnel et déclenchent, le cas échéant, le désenfumage visant généralement, pour ce type d'ouvrage, à pousser les fumées dans le sens de la circulation. Quand ils sont équipés, des barrières permettent de fermer l'entrée des tunnels et limiter ainsi le nombre d'usagers impliqués.

En fonction du degré d'exploitation, le dispositif de gestion de crise du tunnel peut comporter :

- Un système de surveillance et de gestion des événements (GTC) et des opérateurs ;
- Un système technique d'alerte et de communication avec les usagers engagés dans le tunnel, qui peut être bidirectionnel tunnel ⇔ usagers (borne d'appel d'urgence, téléphone, dispositif de visioconférence) ou unidirectionnel tunnel ⇒ usager (panneau de signalisation, panneaux à messages variables, message radio, haut-parleurs, ...).
- Une signalisation des issues de secours et des chemins d'évacuation, et éventuellement une sursignalétique associée ;
- Eventuellement, un système d'arrêt physique des usagers par barrière avant l'entrée en tunnel.
- Un Plan d'Intervention et de Secours (PIS), dans lequel sont décrites les dispositions organisationnelles de l'exploitation ainsi que les procédures à suivre selon le type d'incident ou d'accident, destiné à faciliter la mission des forces publiques externes d'intervention (GN, pompiers, ...) ;
- Un système de consignes d'exploitation utilisé par les exploitants qui détermine les actions des opérateurs tunnels ;

2.3 Attentes des professionnels des tunnels (concepteurs et exploitants) concernant les comportements des usagers

Selon la *Society of Fire Protection Engineers* (SFPE, 2002), il est important de bien connaître les caractéristiques des occupants d'un environnement confiné pour les prendre

en compte dans les plans de prévention incendie. Or, contrairement à un bâtiment administratif, ce qui caractérise les tunnels est la diversité de la population d'usagers. Il est donc difficile, a priori, d'en intégrer toutes les facettes dans un plan de prévention. Cependant, la conception et l'exploitation des tunnels repose sur l'assertion que les usagers vont comprendre immédiatement les signaux de danger que l'exploitant leur adresse (feux rouges, panneaux à message variable), qu'ils vont alors se comporter efficacement : arrêter immédiatement leur véhicule, le quitter, rejoindre l'abri ou l'issue de secours la plus proche et, globalement, utiliser à bon escient tous les équipements et aménagements de sécurité du tunnel.

3 Généralités sur la performance humaine

Afin de bien comprendre les comportements des usagers en situation de crise dans un tunnel, il est important au préalable d'en cerner les déterminants en situation normale. Ce paragraphe reprend quelques généralités sur le fonctionnement cognitif des êtres humains mises en évidence par de nombreuses recherches rendant compte de la performance en situation³ :

- Les ressources de l'être humain sont limitées en capacité et sont distribuées entre les différentes activités mentales générées par la nécessité d'agir dans un environnement donné ;
- A tout moment, le *système cognitif* filtre les informations provenant de l'environnement pour ne retenir que les plus pertinentes. Il distribue aussi les ressources disponibles entre les différentes activités mentales qui vont servir à atteindre nos objectifs et traiter la situation à laquelle nous sommes confrontés.
- Moins un individu est familier avec un environnement et plus son besoin de comprendre va être important et induire une plus grande consommation de ressources. Inversement, l'expérience, l'entraînement, les habitudes aident à comprendre plus vite et à limiter la consommation des ressources.
- L'être humain gère en priorité les risques immédiatement perceptibles à son niveau en fonction des objectifs poursuivis, de sa compréhension de l'environnement ; des enjeux de la situation et de son expérience.
- La motivation et le but poursuivi sont des paramètres qui affectent fortement les informations qui sont extraites de l'environnement et la manière dont ces informations sont traitées et interprétées.

3.1 Contrôler une situation et ses risques

Pour contrôler une situation, un être humain doit d'abord la comprendre et agir en conséquence tout en contrôlant les risques qui se présentent, notamment ceux inhérents aux décisions qu'il prend. En situation normale, dans le tunnel, ces décisions sont notamment relatives à l'activité de conduite associée à l'utilisation du tunnel (ex. gestion de la vitesse et de l'interdistance).

3.1.1 Prendre une décision

Confrontés à un problème ou un choix à faire, l'être humain a tendance à choisir la première solution qui *émerge* et semble faire sens compte tenu de la situation et des éléments connus de cette situation (Zsombok et Klein, 1997). Conséquemment, la

³ Parmi les plus récents et les plus utilisés dans des domaines opérationnels du transport et du contrôle de processus, on peut citer à titre d'exemple les travaux de Reason (1993), Amalberti (1996), Hutchins (1994), Baars (1997).

qualité des décisions quotidiennes dépend avant tout des connaissances antérieures possédées sur la situation et des informations fournies par l'environnement. Ces décisions ne sont pas forcément des décisions optimales (vues de l'extérieur) mais celles qui répondent, au plus juste, aux exigences de la situation et aux objectifs poursuivis.

3.1.2 Contrôler les risques au niveau individuel

Dans ce contexte, prendre une décision c'est toujours accepter de prendre un risque : celui de choisir une solution inadaptée à la situation ou dont la mise en œuvre s'avère trop coûteuse en ressources mentales.

En fait, nous attribuons continuellement plus au moins de ressources à la gestion cognitive de deux types de risques :

1. *Les risques externes (ou « objectifs »)* correspondent aux risques d'accident associés à la situation qui résultent des lois de la physique et s'imposent à nous de l'extérieur (par exemple, à une situation de conduite sur autoroute à 130km/h correspondent des risques externes comme : l'éclatement d'un pneu, le comportement aberrant d'un autre conducteur,...).
2. *Les risques internes (ou « subjectifs »)* correspondent au fait de ne pas posséder les connaissances ou savoir-faire pour répondre aux exigences de la situation ou de ne pas avoir les ressources nécessaires pour traiter la situation. Le risque interne correspond ainsi à l'accroissement du risque de perdre le contrôle de la situation, faute de moyens (de compréhension ou d'action) ou de ressources.

Les deux types de risques s'additionnent et sont gérés simultanément. Cependant, lorsque la situation devient délicate à traiter, dans la plupart des cas, la préférence est donnée à la gestion des risques internes. Ainsi, l'être humain préfère souvent se mettre dans une situation difficile qu'il pense maîtriser, plutôt que dans une situation qu'il craint ne pas savoir maîtriser.

3.2 Les facteurs influençant ces réglages

Plusieurs facteurs interviennent dans les réglages associés au contrôle de la situation, la prise de décision et la gestion des risques. Trois catégories de facteurs sont distingués : les « *facteurs internes* » sont ceux qui s'expriment au niveau de chaque individu ; les « *facteurs sociologiques* » renvoient à l'ensemble des facteurs intervenant dans une situation dès lors que plusieurs personnes entrent en interaction ; et les « *facteurs environnementaux* » correspondent à l'ensemble des facteurs issus de l'environnement dans lequel nous nous trouvons.

3.2.1 Les facteurs internes qui s'expriment au niveau de chaque individu :

Les biais cognitifs : Les décisions prises intègrent le réglage de compromis entre gestion des risques internes et gestion des risques externes. Toutefois, dans la perception et l'évaluation de ces risques interviennent un certain nombre d'heuristiques de pensée, de « court-circuit » d'analyse et de raisonnement, qui sont appelés *biais cognitifs* et auxquels tout un chacun est soumis. Les biais cognitifs permettent la plupart du temps de prendre des décisions plus rapidement, mais peuvent nous occulter certains éléments importants à prendre en compte dans l'évaluation et notre gestion des risques.

Parmi les plus influents, nous pouvons retenir :

- Le *biais d'habitude* : tendance à favoriser des solutions habituelles et à les mettre en œuvre de manière automatique ;

- Le *biais de disponibilité* : tendance à considérer avec plus d'importance les éléments d'analyse qui arrivent facilement et rapidement à l'esprit ;
- Le *biais de confirmation à la fois biais de sélection et d'interprétation* : tendance à ne sélectionner dans l'environnement que les seules informations confirmant les décisions prises (filtrage) ou interpréter toutes les informations reçues comme une confirmation de la pertinence des choix réalisés (même si les informations en question contredisent la pertinence de ces choix) ;

La possession de **connaissances initiales** et d'une **expérience de l'environnement et de la situation** facilite et accélère le processus de compréhension mais aussi le choix de la solution à mettre en œuvre.

Les **émotions** comme la **peur** et l'**anxiété** génèrent des préoccupations mentales qui consomment des ressources supplémentaires et peuvent impacter négativement les activités de compréhension et d'action. En outre, confronté à ces émotions, l'objectif prioritaire devient de réduire la tension occasionnée. Cela peut conduire à prendre des décisions allant dans ce sens, mais qui ne sont pas forcément adaptées à la situation.

3.2.2 Quelques facteurs sociologiques déterminants

La présence ou non d'autres personnes influence les décisions et les comportements dans le sens de l'inhibition ou du déclenchement de certaines actions.

Le **biais de conformité au groupe** est un *biais* cognitif qui consiste à modifier son comportement pour s'aligner sur le comportement des autres personnes. S'il permet parfois d'optimiser les processus de décision au niveau individuel en les accélérant, il peut aussi induire des comportements collectifs inadaptés, souvent appelés *erreurs collectives*.

Le phénomène de **filiation** renvoie au fort engagement affectif existant entre membres d'une même famille ou groupe social (ex. groupe de motards). Les membres d'un tel groupe ont tendance à agir dans le même sens selon une norme qui est propre au groupe.

L'**influence du leadership** est particulièrement importante. La notion de leadership renvoie à la capacité d'un individu à influencer sans contrainte les comportements des membres d'un groupe pour les faire converger vers un objectif commun (ex. : décider du sens d'une évacuation). Le leadership peut être *statutaire* (ex. colonel des forces de l'ordre), suggéré ou non par l'uniforme, ou émerger chez une personne en fonction des circonstances précises de la situation (ex. posséder les compétences ou l'expérience requises ou de l'autorité naturelle).

3.2.3 Un facteur environnemental de poids : la qualité de l'information disponible

Prendre une décision et agir à bon escient dépendent de la capacité à **élaborer une bonne représentation mentale et dynamique de cette situation**. Or, pour construire cette représentation, il est évidemment nécessaire de posséder des connaissances sur cette situation, mais il faut aussi que les informations reçues de l'extérieur soient en nombre suffisant, facilement perceptibles et compréhensibles pour renseigner sur les événements en cours et leurs risques. En d'autres termes, la capacité d'un environnement à informer ses usagers va être déterminante.

La capacité d'information est entendue ici au sens large. Par exemple, pour les tunnels, elle renvoie à : l'information fournie par les panneaux de signalisation, la signalétique, les messages radio, les échanges verbaux, la manière dont est conçu le tunnel pour qu'il

suggère naturellement les actions possibles et celles qui ne le sont pas, etc. Cette capacité à informer est donc qualitative et non pas quantitative. Elle n'implique pas uniquement de multiplier les sources d'information pour obtenir le comportement attendu (d'ailleurs, l'excès d'information peut nuire à la compréhension). Seule la **pertinence et la lisibilité des informations** fournies sont importantes. Ainsi, un environnement répondant à ces critères facilitera l'ensemble des processus décrits ci-dessus alors qu'un environnement pauvre en information ou fournissant des informations ambiguës peut conduire à des choix mettant en péril le contrôle de la situation, sinon la vie des personnes.

4 Les comportements humains en situation de crise

4.1 En finir avec le mythe de la panique

Chez la plupart des « exploitants » d'espaces publics, la crainte de la panique généralisée est très prégnante. La croyance veut que les occupants d'un bâtiment (ou d'un tunnel en feu) aient tendance à paniquer s'ils savent qu'ils sont véritablement en danger. La « panique » peut alors se définir comme un ensemble de comportements irrationnels apparemment dénués de toute finalité et qui s'accompagne d'épisodes de violence à l'égard d'autrui. L'image de la foule qui cherche à échapper coûte que coûte au danger, au mépris de la vie des autres, est l'image même de la « panique ». Celle-ci est très souvent relayée par les médias, le cinéma et le public en général pour son fort impact émotionnel.

Mais depuis les années 70, plusieurs chercheurs rejettent le concept de « panique » (Quarantelli, Proulx, Chertkoff & Kushigian, Clarke, Keating, Sime, etc.). Leurs conclusions se fondent sur une étude approfondie de plusieurs dizaines de cas d'incendie ou de situations de crise dont certains tristement célèbres pour leurs conséquences dramatiques (incendie de l'Iroquois Theatre, 1903 ; incendie du Coconut Grove Night Club, 1942 ; incendie du Beverly Hills Supper Club, 1977 ; concert des Who à Stampede, 1979 ; incendie de la station de métro de King's Cross, 1987 ; naufrage de l'Estonia, 1994) ou pour le succès de leur évacuation (crash du Trans World Airline, 1992 ; attentat du WTC, 1993).

Pour résumer l'essentiel des constats réalisés par les différents auteurs :

- Les épisodes de panique généralisée sont extrêmement rares.
- La réponse habituelle des occupants aux alarmes incendie, aux instructions orales ou même aux premiers signaux d'un incendie peut être caractérisée de « léthargique ».
- La majorité des personnes impliquées garde son self-control et évacue de manière civique. Les comportements altruistes d'aide constituent la règle générale.
- Les impliqués ressentent effectivement de la peur et de l'anxiété mais ces sentiments ne sont pas assimilables à de la panique (Quarantelli, 1981).
- Vu de la perspective des acteurs impliqués, le comportement est sensé et loin d'être irrationnel (Johnson, 1985) compte tenu de la situation, des connaissances initiales et des informations disponibles.
- Les comportements de fuite paniquée sont très rares et impliquent généralement peu de personnes, pour des distances et des durées très limitées.

Une panique avec affrontements physiques violents est un événement très conjoncturel et très rare. Elle peut toutefois être générée dans des cas très précis de

situations de crise impliquant une foule très dense. D'après Chertkoff et Kushigian (1999) elle résultera de la coexistence de plusieurs facteurs :

1. Il y a peu d'espace pour l'évacuation et un nombre limité d'issues de secours
2. Les occupants sont en très grand nombre et la densité de population est si importante qu'il devient difficile de se conduire indépendamment de la foule
3. La plupart des occupants ne connaissent ni les voies à suivre pour évacuer, ni la localisation des issues de secours ;
4. Le plan d'urgence est inadapté ou les personnels n'ont pas été suffisamment entraînés à le mettre en œuvre ;
5. Crainte largement partagée par les occupants d'être dans l'incapacité de sortir
6. Crainte largement partagée du peu de temps disponible pour évacuer
7. Incapacité d'un leader potentiel à exercer son influence
8. Difficulté à dégager les issues de secours par les personnes déjà évacuées.

Toutes les données disponibles tendent à prouver que le concept de panique rend compte d'un phénomène inexistant ou extrêmement rare. Pourtant chacun de nous a en tête des images de scène de panique, vues aux informations, au cinéma ou même expérimentées directement. En fait, d'après Gröner (2001), lorsque les médias ou les services de secours annoncent que les pertes de vie sont le résultat de la panique, ils ne se réfèrent en fait qu'aux erreurs faites par les victimes faute de connaissances adéquates sur les possibilités d'évacuation et/ou d'avoir pu se représenter correctement la situation. En effet, dans la réalité, **une personne en situation de crise agit sur le moment dans le sens qui lui semble optimiser ses chances de survie** et ce n'est que rétrospectivement qu'on sera en mesure de savoir si ses décisions étaient les bonnes ou non (Chertkoff & Kushigian, 1999).

4.2 La prise de décision en situation de stress

Si la panique peut apparaître aujourd'hui comme un mythe qu'il faudrait abandonner au risque de se protéger d'un phénomène inexistant, il reste qu'en situation de crise le processus de décision et de gestion des risques diffère des situations « normales ». Ce processus est en effet influencé par l'état émotionnel de la personne qui est confrontée à un risque avéré (la brûlure, l'intoxication par la fumée, la mort, etc.) et soumis à de fortes contraintes temporelles (Ozel, 2001 ; Lazarus et Folkman, 1984). Ainsi, en conditions de crise, **toute personne impliquée ressentira du stress et de l'anxiété** quel que soit son âge, son sexe, son expérience passée, son entraînement ou son « background » culturel. Ce stress est une réponse naturelle de l'organisme à un danger immédiat dont la fonction est de mobiliser les ressources mentales et physiques, et d'adapter le comportement à la présence de la source du stress (ex. un incendie). Le stress vécu dans une telle situation n'est pas une réaction anormale ou négative. Il est un état nécessaire pour motiver la réaction et l'action mais il s'accompagne d'une modification des processus cognitifs qui peut expliquer un certain nombre de comportements jugés irrationnels en situation de crise.

• Réduction du nombre d'informations considérées

Dans un contexte de situation d'urgence, **l'excitation émotionnelle réduit fortement le nombre d'informations prises en compte pour s'orienter** ou pour répondre aux exigences de la situation (Easterbrook, 1959). Concrètement, il s'avère qu'en situation d'incendie, seulement 7-8% des personnes disent avoir noté l'existence de signalisation des issues de secours (Bryan, 1981).

- **Optimisation et accélération du processus de prise de décision**

Ces mécanismes déterminent la quantité d'informations qui vont être traitées et prises en compte lors de la prise de décision. Ces mécanismes que l'on peut rapprocher de *biais cognitifs* ont été décrits par Miller (1960) et par Janis et Mann (1977) :

1. *Accélération* de la vitesse de traitement de l'information ;
2. *Évitement de la décision* : Les choix sont faits aléatoirement ou en fonction de la saillance momentanée de certaines alternatives ;
3. *Filtrage des informations* : stratégie de compromis par laquelle **seules les données jugées importantes sont considérées** compte tenu du temps disponible et des conditions vécues ;

- **Mécanismes d'auto-confirmer de la justesse des décisions prises**

Dans ces conditions, il existe une **tendance naturelle à s'auto-confirmer que les décisions prises sont les bonnes** pour éviter de les remettre en cause et de perdre du temps (Miller, 1960).

- **Mécanismes de réduction du risque**

Sous fortes contraintes temporelles, les décisions prises tendent à minimiser les risques. Ainsi, **en conditions d'incendie, les gens préfèrent utiliser les parcours connus (familiers)** : ce sont les solutions les plus immédiatement accessibles à la conscience et elles sont d'emblées perçues comme le choix le moins risqué puisque toute autre solution s'accompagne du risque de se perdre et de ne pas localiser correctement la sortie (Sime, 1983, 1985).

D'autre part, confrontés à une situation incertaine, les êtres humains ont **tendance à évacuer très rapidement les choix connotés négativement**. Par exemple, en étudiant en détail un incendie dans une clinique Bickman et al. (1977) ont constaté que 3 issues de secours sur 4 comportaient l'indication de ne pas les utiliser sauf en cas d'urgence. Les infirmières avaient l'habitude de sanctionner toute utilisation intempestive de ces issues par les malades. Lors de l'incendie de la clinique, seulement 6 des 100 occupants utilisèrent effectivement ces 3 issues. Les autres occupants indiquèrent lors d'interviews qu'ils connaissaient l'existence de ces issues mais que leur utilisation était interdite. Seule la formation et l'entraînement peuvent limiter l'attention portée aux dimensions négatives d'une situation d'évacuation et augmenter la capacité des individus à prendre en compte les indices pertinents pour leurs décisions en situation. Sixsmith et al. (1988) suggèrent par ailleurs de rendre les issues de secours clairement discernables des autres issues et identifiables en tant que telles.

Quand le niveau de stress atteint est trop important, il peut aussi occasionner des épisodes de confusion mentale (blocage de la pensée, fixation sur un comportement, ...) pouvant aller jusqu'à l'abandon total de toute décision d'action.

5 Un modèle psycho-sociologique d'évacuation en tunnel

Comment les tendances à se comporter naturellement en situation de crise se concrétisent-elles dans les tunnels lorsqu'il s'agit pour les usagers de quitter leur véhicule et se mettre en sécurité ?

Le modèle psycho-sociologique de comportements des usagers confrontés à une situation de crise sous tunnel décrit ci-dessous s'appuie pour une grande part sur le guide rédigé

par le groupe d'experts du SFPE (Society of Fire Protection Engineers) pour aider la conception des systèmes de sécurité incendie qui tiennent compte des comportements humains (SFPE, 2002). Il a été complété par les travaux de nombreux autres chercheurs du domaine (Canter, Murosaki, Muyr, Ozel, Proulx, Sime, Wood). Ce modèle est un modèle général qui ne prend pas en compte les spécificités des différentes catégories d'utilisateurs (professionnelles/privées). Il est, par ailleurs, plutôt adapté à la problématique d'évacuation dans les tunnels longs.

Selon ces travaux, une évacuation en tunnel peut être décrite en termes de succession d'étapes correspondant aux interactions particulières des usagers avec leur environnement. Ce processus se structure toutefois autour de quatre phases distinctes selon le niveau de prise de conscience par l'utilisateur de l'existence d'un danger, le type de décisions qu'il prend, les actions qu'il effectue et le niveau de pression temporelle auquel il est soumis. Chacune de ces phases est décrite dans les paragraphes suivants et fait l'objet d'une réflexion sur les facteurs susceptibles d'optimiser ou de rallonger le processus d'évacuation et de mise en sécurité des usagers.

Chaque phase décrite ci-dessous s'accompagne d'un tableau dressant le bilan des facteurs susceptibles d'optimiser ou de ralentir une évacuation dans les tunnels.

5.1 Phase 0 : Phase d'initiation de l'événement

L'incendie ou l'accident se déclare. A ce stade, l'utilisateur est avant toute chose entièrement impliqué dans son activité principale : conduire son véhicule et traverser le tunnel. A cette activité, consommant une partie des ressources mentales disponibles, s'ajoute le traitement des préoccupations de chaque conducteur qui peuvent être d'ordre professionnel (ex. ne pas accrocher le piédroit avec le chargement, livrer à temps) ou privé, ainsi que les éventuelles autres activités engagées simultanément à l'activité de conduite (ex. discussion avec passager(s), écoute attentive de la radio, téléphone, cigarette, etc.).

Bilan concernant les comportements d'évacuation à ce stade :

Activités des usagers	Facteurs susceptibles d'optimiser l'évacuation	Facteurs susceptibles de ralentir l'évacuation
Activités principales liées à la conduite dans le tunnel + Activités parallèles (écoute de la radio, échanges avec passager, etc.) + Préoccupations personnelles Pas de stress autre qu'éventuellement celui de traverser un tunnel	<u>Usagers :</u> - Connaissance du tunnel et de ses équipements - Connaissance des solutions d'évacuation en tunnel - Connaissance des comportements à observer - Expérience initiale des situations de crise (ex. ancien pompier)	<u>Usagers :</u> - Importance des préoccupations ou des activités parallèles - Vigilance réduite - Mobilité réduite - Sous influence : médicaments, alcool, drogue - Fort attachement (affectif, responsabilité) au véhicule et/ou à son chargement
	<u>Tunnel :</u> - Système de surveillance et de détection des événements - Existence d'un plan d'intervention - Qualité des modes opératoires - Entraînement des personnels	<u>Tunnel :</u> - Absence de dispositifs d'évacuation ou de mise en sécurité - Défaillances techniques
	<u>Contexte :</u> - Proximité avec l'événement - Présence de personnels d'exploitation formés	<u>Contexte :</u> - Distance à l'événement - Gravité immédiate de l'événement - Dynamique d'expansion des conséquences de l'événement

5.2 Phase 1 : Phase de perception et de reconnaissance des signaux d'alerte

Dans cette phase l'incendie ou les conséquences de l'événement se développent. Les signaux directs (feu, fumée, chaleur, odeurs) et indirects (alarmes, comportements des autres usagers, passage de véhicules d'intervention) se multiplient. Pourtant, ils n'induisent pas forcément un début d'évacuation (Proulx, 1993). **La plupart du temps, les usagers tardent à réagir.** Ce délai est imputable aux mécanismes impliqués dans la réception, la reconnaissance et la validation des signaux d'alerte et dans les mécanismes de décision qui en découlent.

5.2.1 Percevoir les signaux d'alerte

En cas d'événement dans le tunnel, **deux types de signaux** d'alerte seront potentiellement pris en compte par les usagers de tunnels :

- Les signaux d'alerte **directs** témoignent de la présence de l'incendie ou de l'événement : fumées visibles, chaleur, flammes, bruits d'explosions, bruits de craquements, etc. Au début d'un événement, seuls les usagers qui se trouvent à proximité du sinistre seront en mesure de les recevoir ;
- Les signaux d'alerte **indirects** sont aussi bien d'origine technique qu'humaine. Ils proviennent du dispositif technique d'alerte du tunnel (alarmes, signalétique dynamique, barrières), des dysfonctionnements éventuellement induits par l'événement (ex. perte de l'alimentation électrique), des comportements des autres usagers du tunnel, des messages d'alerte à la radio et des instructions du personnel exploitant éventuellement présents ou envoyés dans le tunnel.

L'utilisateur doit être disponible pour **recevoir** ces signaux d'alerte, or, il peut être fortement impliqué dans son activité de conduite dans le tunnel. **Les signaux utilisés et leur intensité peuvent être des facteurs décisifs.** Les alarmes ne seront pas perçues

à moins que leur intensité ou leur qualité changent suffisamment le contexte de l'utilisateur pour qu'il perçoive une « différence » de situation.

5.2.2 Reconnaître et interpréter les signaux d'alerte

A ce stade, l'utilisateur cherche à déterminer si les signaux qu'il perçoit signalent effectivement la présence d'un danger qui nécessite pour lui de changer d'activité. En fait, la première réaction des usagers consiste à **douter du sens**, voire d'être complètement sceptiques vis-à-vis des alarmes reçues. Ils vont chercher à **réduire**, à leur niveau, **l'ambiguïté générée par les alarmes** avant d'entreprendre d'autres actions, **qui nécessiteront du temps et des efforts pour être mises en œuvre**, avec en sus le risque interne d'avoir mal interprété la situation (Sime, 2001).

Dans cette phase, la question de **la crédibilité du système d'alerte aux yeux des usagers est capitale**. Surtout quand le comportement des autres usagers contredit la notion d'alerte et consiste à poursuivre sa route. Et quoi qu'il en soit, **la transition entre la situation de conduite et la situation d'évacuation n'est jamais immédiate**.

Bilan concernant les comportements d'évacuation à ce stade :

Activités des usagers	Facteurs susceptibles d'optimiser l'évacuation	Facteurs susceptibles de ralentir l'évacuation
Activités principales liées à la conduite dans le tunnel + Activités parallèles (écoute de la radio, échanges avec passager, etc.) + Préoccupations personnelles + Perception des signaux d'alerte générés directement ou indirectement par l'événement + Réduction de l'ambiguïté générée par l'arrivée des signaux (attribution du sens d'alerte par reconnaissance des signaux comme des signaux de danger) Niveau de stress important (pic)	<u>Usager :</u> <ul style="list-style-type: none"> - Connaissance du tunnel et du système d'alerte - Expérience initiale des situations de crise (ex. ancien pompier) - Anxiété associée à la traversée du tunnel - Biais de conformité au groupe - Niveau de stress 	<u>Usager :</u> <ul style="list-style-type: none"> - Importance des préoccupations - Engagement dans l'activité principale ou les activités parallèles (<i>biais de confirmation</i>) - Vigilance réduite - Handicap perceptif (visuel et/ou auditif) - Habitude des fausses alarmes - Biais de conformité au groupe - Niveau de stress
	<u>Tunnel :</u> <ul style="list-style-type: none"> - Intensité des systèmes d'alerte - Multiplication des modalités d'alarme - Messages clairs et explicites concernant les dangers encourus 	<u>Tunnel :</u> <ul style="list-style-type: none"> - Niveau d'intensité des systèmes d'alerte insuffisante - Absence de contenu informatif
	<u>Contexte :</u> <ul style="list-style-type: none"> - Perception des signaux directs (feu, fumée, chaleur,...) - Initiation d'un mouvement collectif cohérent avec l'idée d'alerte 	<u>Contexte :</u> <ul style="list-style-type: none"> - Radio du tunnel non écoutée ou niveau sonore insuffisant ou absence d'autoradio - Distance aux dispositifs d'information (ex. PMV)

5.3 Phase 2 : Prendre la décision d'évacuer et évacuer

Une fois que la situation d'urgence a été reconnue, les usagers impliqués dans l'événement vont abandonner leur activité initiale, non pas pour évacuer directement, mais pour se mettre en état d'alerte par rapport à l'événement inhabituel et imprévu. Ils vont alors s'engager dans deux types d'activités.

5.3.1 Décider de la réalité des dangers et de la nécessité d'évacuer

Avant toute décision d'action, les usagers vont évaluer la réalité du danger signalé et la nécessité d'évacuer le véhicule et le tunnel. Ils vont s'engager dans un processus d'analyse de la situation à partir des informations disponibles et de leurs éventuelles connaissances préalables des risques d'une situation de crise en tunnel.

En premier lieu, ils vont s'engager dans une recherche d'informations complémentaires qui vont venir confirmer ou infirmer la gravité de l'événement.

Dans un second temps, ils vont évaluer la situation et évaluer le risque qu'ils encourent. La qualité de cette évaluation dépend des connaissances qu'ils ont du tunnel et de l'événement auquel ils sont confrontés (ex. effets de la fumée sur la capacité respiratoire, etc.) et des informations collectées provenant de sources diverses (signalisation dynamique, comportement des autres usagers). Certains *biais cognitifs* peuvent intervenir à ce stade et conduire les usagers à **nier la réalité des dangers** afin de se protéger (réduire l'incertitude et l'anxiété). On parle alors de *comportements d'évitement* et de *négation du risque*. Leur méconnaissance des risques auxquels ils sont confrontés peut aussi les conduire à ne pas mesurer l'importance de se mettre rapidement en sécurité.

Deux cas de figure sont alors possibles :

1. Les informations disponibles ne suffisent pas pour convaincre l'utilisateur de l'existence d'un danger ou ce dernier a été minimisé en regard de l'importance de leurs premiers objectifs (ex. traverser le tunnel en assurant la sécurité du chargement et/ou des occupants du véhicule). Dans ces conditions, les usagers tendront à poursuivre leur traversée du tunnel quitte à passer au droit de l'incendie. Tout au moins, jusqu'à ce qu'il leur devienne évident à la réception d'autres informations que ce choix n'est pas le plus adapté à la situation.
2. L'utilisateur se convainc de la réalité du danger. Dans ce cas de figure, tout devient mineur en regard des activités nécessaires à sa mise en sécurité.

Bilan concernant les comportements d'évacuation à ce stade :

Activités des usagers	Facteurs susceptibles d'optimiser l'évacuation	Facteurs susceptibles de ralentir l'évacuation
Rechercher des informations complémentaires + Définir le degré de danger encouru + Décider d'évacuer ou de poursuivre les activités principales et secondaires (choix de l'option qui offre le meilleur compromis subjectif entre les coûts et bénéfices perçus)	<u>Usager :</u> <ul style="list-style-type: none"> - Connaissance du tunnel et du système d'alerte - Expérience initiale des situations de crise (ex. ancien pompier) - Anxiété associée à la traversée du tunnel - Biais de conformité au groupe - Niveau de stress 	<u>Usager :</u> <ul style="list-style-type: none"> - Mauvaise représentation de la situation - Négation du danger - Syndrome du feu amical⁴ - Biais de conformité au groupe - Niveau de stress trop élevé
Niveau de stress en progression	<u>Tunnel :</u> <ul style="list-style-type: none"> - Informations claires et précises sur la nature du danger encouru, l'urgence de la situation et les comportements à adopter - Cohérence des informations 	<u>Tunnel :</u> <ul style="list-style-type: none"> - Absence d'information claire et précise sur la nature du danger encouru et l'urgence de la situation

⁴ Syndrome du « feu amical » tendance largement partagée à considérer le feu comme un événement captivant plus que directement dangereux.

Activités des usagers	Facteurs susceptibles d'optimiser l'évacuation	Facteurs susceptibles de ralentir l'évacuation
	<u>Contexte :</u> - Perception des signaux directs (feu, fumée, chaleur,...) - Initiation d'un mouvement collectif cohérent avec l'idée d'alerte	<u>Contexte :</u> - Radio du tunnel non écoutée ou niveau sonore insuffisant ou absence d'autoradio - Distance aux dispositifs d'information (ex. PMV)

5.3.2 S'engager dans des actions préalables à l'évacuation

Ce n'est qu'à ce stade que les usagers s'engageront effectivement dans des activités qui les conduiront, à terme, à se mettre en sécurité. Ces activités sont extrêmement variables d'un individu à l'autre : appeler les secours, lutter contre le feu, rassembler sa famille, alerter les autres occupants, déclencher l'alarme, gérer l'évacuation, rechercher des informations complémentaires, enquêter sur la source du feu, rechercher la voie d'évacuation la plus appropriée, ... Ce n'est qu'une fois ces actions préalables réalisées et lorsqu'une solution d'évacuation aura été retenue par les usagers (quelle qu'elle soit) qu'ils commenceront véritablement à se mettre en sécurité.

Parmi les principaux facteurs connus pour intervenir dans la détermination de ces activités préalables, il faut citer :

- L'expérience préalable des usagers, leur connaissance éventuelle des risques représentés par un incendie en environnement confiné, leur connaissance des issues de secours et le degré de familiarité avec le tunnel acquis par expérience ou par formation.
- La compréhension que les usagers ont de la situation dans laquelle ils se trouvent sur la base des informations disponibles. Cette compréhension détermine la perception qu'ils auront du degré de gravité et d'urgence de la situation. La **localisation de l'utilisateur dans le tunnel et la proximité immédiate à la source de danger** peuvent alors être déterminantes.
- Le statut ou la fonction des usagers (pompiers, professionnels des soins, mais aussi directeur de société, ...) peut les pousser à initier et organiser l'évacuation, l'appel des secours ou l'attaque de la source de danger.
- La filiation des usagers impliqués peut conduire à retarder le moment où ils commenceront effectivement à se mettre en sécurité le temps de réunir les personnes auxquelles ils sont affiliés (famille, amis, collègues).
- L'attachement aux objets dont la valeur subjective est très élevée pour l'utilisateur qui les possède ou en a la responsabilité peut cacher les enjeux de l'évacuation (dilemme de l'abandon du véhicule).
- Les femmes donnent plus facilement l'alerte que les hommes avant d'essayer de s'enfuir avec les personnes avec lesquelles elles sont affiliées (Wood, 1990 ; Proulx, 2001) alors que les hommes combattent plus facilement la source de danger (Jin, 1997 ; Proulx, 2001).
- Le reste revient aux **attributs de l'environnement du tunnel** : visibilité des issues de secours, contenu et forme des informations transmises pour l'évacuation,...

Bilan concernant les comportements d'évacuation à ce stade :

Activités des usagers	Facteurs susceptibles d'optimiser l'évacuation	Facteurs susceptibles de ralentir l'évacuation
Activités observables : - Appeler les secours - Lutter contre le feu - Rassembler sa famille - Alerter les autres occupants - Déclencher l'alarme - Gérer l'évacuation - Rechercher de l'information - Rechercher la voie d'évacuation la plus appropriée - ...	<u>Usager :</u> - Connaissance du tunnel et des équipements de sécurité - Expérience initiale des situations de crise - Anxiété associée à la traversée du tunnel - Fonction favorisant la prise en charge locale de l'évacuation - Leadership naturel - Biais de conformité au groupe - Genre, age - Niveau de stress	<u>Usager :</u> - Mauvaise représentation de la situation - Biais de conformité au groupe - Phénomènes de filiation - Genre, age - Niveau de stress - Leadership naturel (cas d'une mauvaise décision) - Conflit de leaderships entre usagers
+ L'usager agit en fonction des décisions qu'il prend et ne remet en cause son plan d'action que si des indices forts lui démontrent le besoin de réorienter ses actions. Niveau de stress important	<u>Tunnel :</u> - Informations claires et précises sur la nature du danger encouru et l'urgence de la situation - Informations locales et directionnelles - Visibilité des issues de secours, de tous les dispositifs de sécurité et de toute la signalétique de secours	<u>Tunnel :</u> - Absence d'information claire et précise sur la nature du danger encouru et l'urgence de la situation - Absence d'information claire et précise sur les solutions d'évacuation - Absence d'information locale et directionnelle - Faible visibilité ou lisibilité des abris / issues de secours - Faible visibilité ou lisibilité de la signalétique de secours
	<u>Contexte :</u> - Proximité avec l'événement - Présence de personnels d'exploitation formés - Initiation d'un mouvement collectif cohérent avec l'idée d'alerte - Gravité de l'événement	<u>Contexte :</u> - Distance à l'événement - Véhicule à forte valeur objective et subjective - Chargement à forte valeur objective et subjective

5.4 Phase 3 : Phase de mouvement vers les abris ou les issues de secours

Ce n'est que lorsque les activités précitées dans la phase précédente sont accomplies que les usagers cherchent à atteindre les issues de secours (ou une autre sortie). Avant d'évacuer, les usagers doivent choisir une solution d'évacuation et un trajet permettant de l'atteindre. Ces choix dépendent du degré de familiarisation de l'usager avec le tunnel, de la disponibilité des issues de secours, de leur visibilité à distance, de leur signalement et des difficultés anticipées par les usagers pour parcourir le chemin. Ces choix sont constamment réévalués au regard des nouvelles informations reçues sur l'évolution de la situation (signaux directs et indirects).

Le temps nécessaire pour atteindre le lieu d'évacuation dépend alors de la vitesse de déplacement (fonction des caractéristiques des usagers, du tunnel et de la situation) et de la distance à parcourir.

Plusieurs comportements jugés inadaptés ont pu être observés dans le cadre d'incendies d'immeubles voire d'incendies en tunnel :

- Les instructions fournies aux usagers de tunnel ne sont pas toujours suivies.

- On constate régulièrement des déplacements au travers de la fumée (Jin, 1997), même si la densité et les propriétés irritantes de la fumée peuvent avoir un impact sur la vitesse de déplacement.
- Wood (1990) a observé qu'il n'était pas rare que des personnes qui s'étaient mises en sécurité pénétrèrent de nouveau dans le bâtiment en feu pour des raisons qui leur sont propres.

Ces comportements sont généralement considérés comme irrationnels, a posteriori, à la vue de leur résultat négatif (mort de l'utilisateur). Mais du point de vue de l'utilisateur confronté à des événements inconnus et présentant un réel danger pour sa survie dans un environnement qu'il connaît mal, **se mettre en sécurité n'est pas une activité évidente et encore moins réflexe**. Plusieurs facteurs vont intervenir et influencer les informations prises en compte et les décisions prises alors que les contraintes temporelles augmentent ainsi que le niveau de stress et d'anxiété des usagers.

On rajoutera que les limitations de mobilité d'un usager peuvent compliquer le mouvement vers les issues de secours/abris. La capacité physiologique d'un individu pour résister à la chaleur du feu, à la fumée et aux gaz toxiques dépend de son âge, de sa constitution physique, de ses conditions physiques ou de santé, des médicaments, drogues ou quantité d'alcool éventuellement ingérés.

Bilan concernant les comportements d'évacuation à ce stade :

Activités des usagers	Facteurs susceptibles d'optimiser l'évacuation	Facteurs susceptibles de ralentir l'évacuation
Choisir une solution d'évacuation + Se déplacer dans le tunnel + Analyser les nouveaux signaux, rechercher de l'information + Décider de continuer dans le sens de la solution d'évacuation choisie ou la remettre en cause	<p><u>Usager :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Connaissance du tunnel et des équipements de sécurité - Expérience préalable d'évacuation - Niveau de stress - Résistance physique - Conformité au groupe 	<p><u>Usager :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Mauvaise représentation de la situation - Biais de familiarité - Mobilité réduite - Handicap perceptif - Niveau de stress - Conformité au groupe
Niveau de stress élevé	<p><u>Tunnel :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Contrôle des fumées - Bonne visibilité ou lisibilité des issues de secours - Bonne visibilité ou lisibilité de la signalétique de secours - Informations locales et directionnelles 	<p><u>Tunnel :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Faible visibilité ou lisibilité des abris / issues de secours - Faible visibilité ou lisibilité de la signalétique de secours
	<p><u>Contexte :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Niveau d'éclairage - Qualité des sols et des murs - Nombre d'abris/issues de secours - Dimensionnement des abris/issues de secours 	<p><u>Contexte :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Fumées, gaz toxiques - Encombrement des voies - Densité de la foule

6 Que dit la réalité ?

Le modèle psycho-sociologique d'évacuation en 3 phases, présenté ci-dessus, et les différents comportements qu'il décrit est un modèle comportemental théorique qui doit être confronté aux comportements réellement mis en œuvre dans les tunnels par les usagers.

Trois sources de données ont été prises en compte et analysées pour cette confrontation :

1. Les données issues des entretiens et de l'enquête réalisés auprès de 620 usagers dans le cadre de la T1.2 du rapport ACTEURS (voire le rapport de recherche n°2 pour plus de détails) ;
2. Les données issues de l'accidentologie tunnel de ces dernières années, complétées par les résultats des expérimentations du TNO (mises en situation d'évacuation dans un tunnel réel) ;
3. Les témoignages recueillis auprès d'usagers et de personnels impliqués ou témoins de situation de crise en tunnel.

6.1 Ce que savent et pensent les usagers des tunnels

Cette partie expose les données issues de l'enquête grande échelle réalisée auprès de 620 usagers des tunnels de Dullin, de L'Epine, du Mont Blanc et du Fréjus. L'enquête a été réalisée courant avril 2004 par la société Puissance N. Après avoir procédé à un pré-test du questionnaire auprès de plusieurs conducteurs de VL et de chauffeurs de PL, les questionnaires, traduits en anglais et en italien, ont été administrés sur les aires de autoport de Cluses, aire de Bonneville, aire de Vuache (pour ATMB) ; aire du Guiers (pour AREA) ; aire de St Julien Mont Denis (pour SFTRF). Se référer au rapport d'étude associé distribué avec le rapport de recherche n°2 du projet ACTEURS.

6.1.1 Des défauts de connaissances

En règle générale, les usagers des tunnels connaissent mal les équipements de sécurité. Soit ils ne connaissent pas leur existence, soit ils ne comprennent pas leur fonction. En outre, lorsqu'on demande aux usagers s'ils ont une idée d'où aboutissent les issues de secours, pour la majorité, ils répondent qu'ils ne savent pas ou donnent des réponses erronées (ex. directement à l'extérieur, pour le tunnel du Mont Blanc).

Par ailleurs, un peu plus de 30% des usagers questionnés ne connaissent pas l'existence de la règle d'interdistance à l'arrêt, pourtant très importante pour l'intervention des secours et la limitation des conséquences d'un incendie éventuel dans les tunnels du Mont Blanc et du Fréjus.

6.1.2 Les comportements déclarés par les usagers

Questionnés dans le cadre de l'enquête à propos des comportements qu'ils adopteraient en cas d'événement en tunnel, la plupart des usagés sollicités ont déclaré qu'ils s'arrêteraient :

- pour 72% des usagers en moyenne, en cas d'incendie sur leur véhicule,
- pour 65% en cas d'incendie sur le véhicule qui précède,
- et **seulement pour 56% des usagers en cas d'alerte incendie** dans le tunnel sans visibilité du sinistre.

Tableau 1 : Répartition des comportements déclarés par les usagers selon la situation questionnée

	Feu sur son propre véhicule	Feu sur le véhicule qui précède	Alerte incendie
Arrêt et comportements actifs	66,05%	65,20%	50,40%
Arrêts et comportements passifs	6,50%	1,50%	19,05%
Comportement de fuite/poursuite	27,45%	33,30%	30,55%
Total	100,00%	100,00%	100,00%

Les usagers qui disent s'arrêter, sont susceptibles d'adopter deux types de comportements :

- Les arrêts suivis de comportements actifs (« *pour éteindre le feu* », « *pour me mettre en sécurité* », « *pour mettre mes passagers en sécurité* », « *pour alerter les secours* », « *pour porter assistance* ») sont les plus nombreux, comme l'indique le tableau ci-dessus. Ces comportements vont dans le sens des comportements attendus des usagers en situation de crise.
- Les arrêts suivis de comportements passifs (« *J'attends les instructions de l'exploitant* », « *J'attends l'intervention des secours* », « *Je regarde ce que les autres usagers font* ») sont globalement moins nombreux. Ils représentent toutefois près de 20% des réponses en situation d'alerte incendie sans visibilité du sinistre. Si ce comportement peut être sans conséquence dans le cas où l'évacuation des usagers se fait par les services d'intervention du tunnel, il peut être mortel dans d'autres tunnels.

Les autres usagers (près d'1/3 des usagers questionnés !) annoncent soit des comportements de fuite (« Je fais demi-tour ») ou des comportements de poursuite de leur traversée pour sortir du tunnel ou aller voir ce qu'il se passe (lorsqu'ils sont questionnés à propos d'une alerte incendie en tunnel sans visibilité du sinistre). Ces comportements peuvent être directement dangereux pour les usagers et mettre en péril le plan d'intervention des secours dans certains tunnels. Ces comportements de fuite sont plus fréquemment cités par les conducteurs de VL que par les chauffeurs professionnels questionnés.

Les autres résultats intéressants de l'enquête et des entretiens réalisés auprès d'usagers, sont les suivants :

- En cas d'évacuation obligatoire, près de 90% des usagers questionnés imaginent se diriger vers les issues de secours. Le reste des usagers évoque une évacuation à pied par le tunnel ou avec le véhicule d'un autre usager.
- Pour prévenir les secours, **30% des usagers utiliseraient leur téléphone portable.**
- Près de **1/5^{ème} des usagers questionnés auraient des difficultés à abandonner leur véhicule.** En outre, 17,2% des usagers ayant répondu qu'il fallait laisser ses clés sur le tableau de bord avant d'abandonner leur véhicule répondent malgré tout "non" à la question « *le feriez-vous vraiment ?* ».
- **Près de 40% des usagers questionnés considèrent comme adapté le comportement qui consiste à récupérer ses affaires personnelles.**

6.2 Ce que font réellement les usagers

Les comportements qu'imaginent avoir les usagers confrontés à une situation de crise en tunnel témoignent à la fois de connaissance des équipements de sécurité et du niveau de conscience des risques spécifiques à cet environnement. Cependant, le fait que les usagers projettent certains comportements en cas de situation de crise ne dit rien sur la mise en œuvre effective des comportements évoqués si ces mêmes usagers étaient réellement confrontés à une situation de crise en tunnel. Cela a été particulièrement bien mis en évidence dans l'étude sur les comportements d'évacuation dans les tunnels réalisée par le TNO (TNO, 2002) et évoquée plus bas.

6.2.1 Apports des observations embarquées de la traversée des tunnels d'Orelle et du Fréjus par 16 usagers

Effectivement, lors des observations réalisées dans le cadre de la tâche T12 du projet ACTEURS, 11 des 16 usagers observés (8 dans le tunnel d'Orelle et 8 dans le tunnel du Fréjus) se posent spontanément la question de savoir ce qu'il faudrait faire en cas de problème lorsqu'ils observent les issues de secours et les voies de garage (ou tout du moins ce qu'ils pensent être des issues de secours et des garages). Neuf de ces usagers témoignent d'un **constat d'ignorance** sur les comportements et actions à mettre en œuvre si jamais ils étaient confrontés à un événement dans le tunnel.

Mais le principal résultat des observations d'usagers en situation réelle de traversée de ces deux tunnels est que **les usagers ont tendance à confondre les issues de secours avec les niches d'appel d'urgence (niche RAU)**. En outre, **toute cavité est identifiée comme un moyen d'évacuation et de mise en sécurité**.

6.2.2 Les comportements constatés en cas d'événements en tunnel

Quand un événement grave en tunnel survient, les enquêtes sont suffisamment poussées pour renseigner dans le détail les comportements adoptés par les usagers. Heureusement, les événements graves en tunnels sont des événements rares. Conséquemment, les données concernant les comportements réels des usagers ne sont pas nombreuses.

Dans le cadre d'un travail de fin d'étude réalisé au CETU, G. Broquet (2002) a analysé plusieurs rapports d'incendie n'ayant pas eu de conséquences graves (incendie du tunnel du Mont Blanc de 1990, incendie du tunnel du Vuache de 1991, incendie du tunnel de Chamoise de 1992 et incendie du tunnel du Vernier de 2000) ainsi que les rapports des dernières grandes catastrophes en tunnel (l'incendie du tunnel de Nihonzaka de 1979, l'incendie du tunnel du Mont Blanc de 1999, l'incendie du tunnel du Tauern de 1999, l'incendie du tunnel du St Gothard de 2001).

Les comportements caractéristiques qui ont pu être observés au cours de ces événements sont les suivants :

- certains usagers ont donné l'alarme ;
- de nombreux usagers ne respectent pas les feux d'arrêt ;
- la plupart des usagers ne respectent pas les limites d'interdistance à l'arrêt ;
- certains tentent de faire demi-tour ;
- certains dépassent ou croisent des véhicules en flamme ;
- les comportements d'évacuation ne sont pas immédiats ;
- certains usagers restent dans leur véhicule ;
- certains usagers sortent de leur véhicule et restent dans le tunnel sans chercher à atteindre les issues de secours ;
- quelques usagers tentent d'évacuer le tunnel à pied ;
- certains usagers sortent des abris ;
- les issues de secours sont rapportées comme difficiles à percevoir ;
- les messages radio ont un pouvoir limité.

6.2.3 Les comportements constatés lors de l'expérimentation du TNO

La division Facteurs Humains du TNO⁵ (un équivalent Hollandais du CNRS) a réalisé en 2002 une étude sur les comportements d'évacuation des conducteurs dans les tunnels (L.C. Boer, TNO, 2002). L'objectif était de déterminer si les dispositifs d'issues de secours étaient suffisamment adaptés aux comportements d'évacuation naturels des usagers des tunnels.

Ils ont ainsi mis en œuvre quatre études de terrain auprès d'usagers du « 2nd Benelux tunnel » de Rotterdam :

1. Une enquête sur les comportements qu'imagineraient avoir les usagers en cas de crise en tunnel qui a servi d'exemple pour l'enquête du projet ACTEURS.
2. Une mise en situation d'évacuation individuelle dans le tunnel au cours de laquelle 69 participants devaient, dans le tunnel, démontrer ce qu'ils feraient en cas d'alerte dans le tunnel ;
3. Une série d'exercices au cours desquels 9 groupes de conducteurs étaient mis en situation d'évacuation réelle dans le tunnel avec un PL arrêté sur la voie et par lequel sortait de la fumée.
4. Un exercice au cours duquel 99 personnes ont été placées en situation d'évacuation réelle dans le tunnel dans des conditions de fumées très denses.

On encouragera le lecteur à prendre connaissance du rapport d'étude très accessible rédigé par L.C. Boer⁶. On ne retiendra dans le cadre de ce rapport que les principaux enseignements tirés des trois études de mise en situation réelle d'évacuation sur les comportements :

- Lors de la mise en situation d'évacuation individuelle :
 - Les usagers arrêtés à proximité d'une issue de secours ont évacué plus rapidement ;
 - 25% des participants ont évacué par le tunnel en l'absence d'instruction sur la manière d'évacuer. Ce chiffre tombe à 5% lorsque les usagers ont pour instruction d'évacuer par les issues de secours ;
 - Dans la galerie d'évacuation, ¼ sont partis dans la mauvaise direction malgré un panneau leur indiquant le sens à prendre pour s'éloigner du danger ;
 - Seulement 1/5 des participants ont clairement perçu la signalisation des issues de secours ;
 - Peu de personnes ont vu les panneaux de jalonnement indiquant la direction et la distance des issues de secours et ¼ de ceux qui les ont vu sont partis dans la mauvaise direction.
- Lors de la mise en situation d'évacuation réelle avec un PL arrêté et fumées froides :
 - Une certaine passivité des usagers au début de l'événement avec des temps de réaction aux signaux directs d'environ 5 minutes
 - o Certains usagers sont restés dans leur véhicule alors que les fumées atteignaient leur véhicule ;

⁵ TNO – Dutch Organisation for Research of Applied Science

⁶ Le rapport « Behaviour by motorists on evacuation of a tunnel » du TNO peut être téléchargé à l'adresse suivante : http://www.minvenw.nl/rws/bwd/home/pdf/tunnel/tno/tno_rep.pdf

- L'annonce par haut-parleur⁷ de la nécessité d'évacuer pour cause de danger d'explosion permet de réduire sensiblement le délai d'apparition des premiers mouvements d'évacuation.
- Le fait que certains usagers commencent à évacuer vers les issues de secours tend à entraîner des comportements d'évacuation chez les autres
- Certains usagers sont retournés vers leur véhicule à contre-sens du mouvement d'évacuation ;
- La plupart des usagers ont adopté des comportements de recherche active d'informations sur l'événement : au milieu de la chaussée pour certains, au niveau des issues de secours pour d'autres, en discutant entre eux, ...
- Dans l'un des groupes, un usager a tenté de dépasser le PL en difficulté et d'autres ont tenté de faire demi-tour. Ces tentatives ont été interrompues uniquement par la présence d'usagers sur la chaussée.
- Lors de la mise en situation d'évacuation en condition de fumées très denses :
 - La stratégie de déplacement consiste à suivre à tâtons le piédroit du tunnel ou les marquages au sol (ligne blanche)
 - 80% des usagers n'ont pas trouvé les issues de secours
 - Avec une indication sonore, seulement 30% n'ont pas réussi à atteindre une issue de secours.

6.3 Analyse des témoignages recueillis pour le projet ACTEURS

Les témoignages recueillis dans le cadre du projet complètent les données issues du retour d'expérience tunnel et de l'étude réalisée par le TNO. Ils portent sur 10 événements tunnels répartis comme suit :

- casse turbo dans un tunnel autoroutier monodirectionnel ;
- incendie PL dans un long tunnel bi-directionnel ;
- incendie en sortie de tunnel monodirectionnel sur voie rapide urbaine ;
- incendie de car dans un tunnel autoroutier monodirectionnel ;
- 5 accidents sous tunnel autoroutier ;
- panne sous tunnel autoroutier ;

Le seul objectif de ce recueil de témoignages étant de mieux comprendre les comportements des usagers confrontés à une situation de crise sous tunnel, il ne sera pas fait de description précise de ces événements pour garantir l'anonymat des usagers et des tunnels concernés.

Parmi les principaux enseignements tirés de ces témoignages sur les comportements des usagers, nous retiendrons :

- D'une manière générale, les témoignages recueillis confirment une certaine passivité de **la plupart des usagers** qui **tardent à réagir aux premiers signes d'alerte** dans le tunnel. Il existe d'ailleurs un certain délai entre le déclenchement du dispositif d'alerte en tunnel et sa perception et compréhension par les usagers (ex. 3 feux rouges avant de s'arrêter en tunnel).

⁷ Colonne d'enceintes de 250W montée sur trépied à une hauteur de 1,7m et située à 25m de l'issue de secours la plus proche de l'événement, audible de la part des premiers usagers arrêtés.

- Globalement, **les usagers éprouvent des difficultés à comprendre la situation et à déterminer les comportements à adopter**. La plupart des témoignages recueillis auprès d'usagers directement impliqués évoquent une certaine confusion de leur part : ils ne savent pas vraiment quoi faire (où aller, quel comportement adopter,...). Leur incompréhension des premiers signes d'alerte les conduit à chercher à identifier les causes de l'événement, à **collecter des informations complémentaires**, à **se questionner mutuellement**. Plusieurs témoignages font ainsi état de discussions collectives concernant l'analyse de la situation et la recherche de solutions. **Ce besoin d'informations continue à être ressenti lorsque les usagers sont en sécurité dans les issues de secours. Plusieurs témoins ont ainsi évoqué que des usagers n'hésitaient pas à sortir des issues pour recueillir des informations complémentaires sur le déroulement de l'événement.**
- Finalement, **certains des usagers interviewés ont perçu assez tardivement les risques qu'ils encouraient** réellement. Il a fallu pour certains qu'ils perçoivent directement des fumées noires. Pour d'autres, c'est la vision des équipements des pompiers venus les aider à évacuer qui leur ont fait prendre conscience du danger de la situation. Lorsque la dangerosité de la situation est reconnue, **ils ressentent les effets d'un stress important sans que celui-ci ne conduise à des états de panique ou à des bousculades**.
- Certains témoignages mettent aussi en évidence des **dysfonctionnements du couplage tunnel/exploitant/usager** :
 - des difficultés à comprendre les messages fournis qui les conduisent à des interprétations personnelles susceptibles de réduire les ambiguïtés perçues. **Un usager a ainsi rapporté de réelles difficultés pour entendre et comprendre les messages qui lui ont été fournis par dictaphone dans le tunnel (environnement sonore bruyant, effet Doppler et stress).** ;
 - des difficultés pour percevoir et localiser les issues de secours (notamment lié à la faible visibilité et lisibilité des dispositifs de usagers ont évoqué des insuffisances de la signalisation des issues de secours) ;
 - à noter, les difficultés évoquées par un usager pour comprendre la manière d'utiliser le poste d'appel d'urgence, une difficulté qu'il a attribué à son niveau de stress.
- Deux témoignages suggèrent que **la présence de personnels** de la société exploitant le tunnel ou de personnels d'intervention dans le tunnel (pompier) **accélère le mouvement d'évacuation vers les issues de secours** et rassure les usagers. En leur absence, le fait qu'un ou plusieurs usagers accepte de prendre en charge les autres usagers pour leur donner des instructions conduit assez naturellement ces derniers à s'évacuer vers les issues de secours. Plusieurs témoignages mettent clairement en évidence **l'importance de ce leadership local**.
- Les usagers qui ont effectivement laissé leur véhicule pour s'évacuer vers une issue de secours ont témoigné de véritables difficultés pour prendre cette décision. Le **dilemme de l'abandon de son véhicule** peut se résumer à la question suivante : les risques liés à l'abandon du véhicule est-il moins important que celui de l'événement ? Lorsque la décision est finalement prise, les usagers interviewés ont évoqué deux comportements compulsifs (incontrôlables) :
 - le **comportement compulsif de fermeture du véhicule** pour éviter les vols ;
 - le **comportement compulsif de récupération des biens perçus**, sur le moment, **comme les plus précieux** (sac à main, ordinateurs, « doudous » des enfants, ...).

- Certains témoignages recueillis montrent bien **l'importance de l'expérience préalable des usagers**. Cela a été particulièrement vrai pour le chauffeur de car dont le moteur avait pris feu et qui s'est appuyé sur son expérience de pompier pour évaluer la dangerosité de l'incendie pour ses clients et décidé de sortir le véhicule du tunnel. Dans ce cas, son expérience lui a permis d'anticiper les évolutions de l'incendie et d'estimer les délais avant de perdre le contrôle de la situation. Son analyse de la situation l'a conduit à sortir avec le véhicule pour éviter la propagation de l'incendie et éviter l'incendie en tunnel. Sa gestion du stress lui a permis de communiquer clairement avec ses clients et d'obtenir les comportements adaptés de leur part (venir à l'avant du car sans panique). Par ailleurs, avoir l'habitude de prendre la responsabilité d'un groupe a facilité pour l'un des interviewés la gestion des usagers bloqués en tunnel avec lui.
- D'autres enseignements peuvent être tirés de certains témoignages :
 - Les chauffeurs professionnels questionnés ont fait part d'**une tendance naturelle à tenter de sortir du tunnel en cas de problème sur leur véhicule**. Ils déclarent ne pas vouloir être impliqués dans une situation équivalente à celle de l'accident du tunnel du Mont Blanc.
 - Beaucoup de **décisions** et de **comportements** semblent **fondés sur les croyances** des usagers concernant la réalité des dangers en tunnel, le fonctionnement du dispositif de sécurité et les comportements les plus adaptés dans ces situations. La tentation de faire demi-tour est, par exemple, rattachée à la croyance que plus aucun véhicule ne circule dans le tunnel quand celui-ci est en état d'alerte et qu'il vaut mieux évacuer en roulant que de sortir de son véhicule et atteindre les issues de secours.
 - D'autres **décisions et comportements découlent immédiatement des préoccupations et des responsabilités individuelles**. Par exemple : en cas de nécessité, arrêter le car en travers du tunnel pour faciliter la descente des clients vers les issues de secours ; récupérer son ordinateur portable dans le coffre de la voiture.
 - **La présence et les interactions humaines avec le personnel d'intervention ou les pompiers ont un impact positif sur le stress ressenti par les usagers.**
- Finalement, et d'une manière générale, **les usagers rencontrés ont tous appris quelque chose de l'événement auquel ils ont été confrontés**. Cette expérience les a amenés à reconsidérer leurs comportements en tunnel dans le sens :
 - d'une meilleure anticipation (ralentir bien avant l'entrée du tunnel et non pas juste à l'entrée, prendre connaissance des consignes du tunnel)
 - d'une prise de conscience et d'une meilleure compréhension de l'utilité d'une règle de conduite, d'une application plus rigoureuse (distances de sécurité et limitation de vitesse principalement) et d'une attention renforcée en conduite sous tunnel.

7 Bilan et recommandations

7.1 Un modèle théorique qui rend bien compte des comportements d'évacuation en tunnel

Les données réunies sur la réalité des comportements d'usagers confrontés à une situation de crise en tunnel semblent valider, dans ses grandes lignes, le modèle comportemental élaboré à partir de la littérature scientifique sur les comportements en situation de crise en environnement confiné.

On retrouve en effet des points de convergence entre les comportements décrits dans le retour d'expérience, les expérimentations du TNO et les témoignages recueillis :

- les difficultés de perception et de reconnaissance des signaux d'alerte ;
- le certain délai qui en découle avant d'observer les premiers mouvements ;
- les problèmes de compréhension par les usagers des risques de la situation et des comportements à adopter ;
- l'importance de l'expérience préalable des usagers sur l'analyse de la solution et les décisions prises
- la recherche active d'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 ;
- l'impact positif d'un leader capable d'organiser et de déclencher localement le mouvement vers les issues de secours ;
- l'impact négatif des problèmes de perception de certains dispositifs de signalisation prévus pour guider et renseigner les usagers ;
- l'importance du stress vécu sans que celui-ci conduise à des états de panique ou à des bousculades.

La période de doute de la réalité des dangers n'est pas exactement validée en tant que telle par les données analysées. Cependant, il est clair que la plupart des usagers doivent ressentir une réelle difficulté à décoder une situation s'accompagnant d'une très grande incertitude quant aux comportements à adopter compte tenu de leur ignorance des risques réels, de l'environnement et du fonctionnement des dispositifs de sécurité. Cela les encourage notamment à rechercher activement de l'information et à partager, si cela est possible, leurs interprétations de la situation. Leur défaut de connaissance les amène alors parfois à prendre des décisions ou considérer avec sérieux des solutions de mise en sécurité sur la seule base de leurs croyances sur le tunnel, l'organisation de sa sécurité et le fonctionnement de ses équipements. La plupart des tentatives de demi-tours en tunnels résultent, par exemple, de ces croyances.

Quelques éléments viennent compléter le modèle psycho-sociologique des comportements des usagers en cas de crise en tunnel :

- Le dilemme de l'abandon du véhicule apparaît comme 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 dégradation de celui-ci. Ces dilemmes sont récurrents dans les processus de gestion des risques au niveau individuel. Dans les tunnels, et d'après les témoignages reçus, il semblerait que les usagers effectuent un compromis par lequel ils acceptent d'abandonner leur véhicule mais s'attachent à

recupérer "coûte que coûte" les affaires personnelles transportables qu'ils considèrent être les plus précieuses.

- La présence de personnels d'exploitation, quelles qu'en soient les raisons, et/ou les interactions avec les services d'intervention permet de réduire considérablement le stress ressenti et d'accélérer le mouvement des usagers vers les issues de secours. Ils jouent en effet le rôle de "leader" que les usagers peuvent suivre avec confiance. Leur expérience du tunnel et/ou de la situation de crise en font des leaders de situation particulièrement efficaces.
- Les usagers auraient tendance à sortir des issues de secours pour suivre l'évolution de la situation dans le tunnel. Les risques encourus seraient perçus comme moins important que leur besoin d'être informé sur l'événement compte tenu de leur inquiétude concernant des biens laissés dans le tunnel et/ou le retard encouru. Ils peuvent aussi éprouver le besoin de vérifier que leurs comportements d'évacuation sont adaptés à la situation.

7.2 Etat du couplage tunnels-exploitants-usagers

Quel que soit le type de tunnel, la conception des tunnels, les équipements installés et les principes de gestion des situations de crise en tunnel exigent un certain nombre de comportements de la part des usagers pour garantir leur sécurité et le bon déroulement des opérations.

Les principales attentes mises en évidence dans le premier rapport du projet ACTEURS sont listées dans le tableau suivant et sont mises en perspective avec la réalité des comportements des usagers telle qu'elle ressort de nos analyses.

Attentes vis-à-vis des comportements des usagers	Réalité des comportements des usagers
Les usagers perçoivent et comprennent les signaux d'alerte	Ils sont absorbés dans leur activité de conduite Ils ne perçoivent pas forcément les signaux Ils doutent de la réalité du danger signalé
Les usagers arrêtent leur véhicule en maintenant une distance de sécurité	Ils évalueront le danger signalé avant d'agir en conséquence
Les usagers agissent sur le feu et/ou alertent l'exploitant	Ils s'engageront dans des activités dictées par leur compréhension de la situation (ex. alerte, rassembler ses effets personnels)
Les usagers évacuent leur véhicule	Ils percevront et pèseront des risques multiples (ex. perte véhicule)
Les usagers cheminent vers les issues de secours	... s'ils les perçoivent et comprennent leur fonction ... si aucune autre solution n'apparaît plus prometteuse (ex. demi-tour, continuer)
Les usagers attendent l'intervention des secours	Ils recherchent des informations sur le déroulement de l'événement

Au final, le modèle comportemental des usagers d'un tunnel en situation de crise et les quelques données disponibles sur la réalité des comportements des usagers dans ces situations contredisent certaines des principales attentes des exploitants concernant les

usagers. Le couplage tunnels/exploitants/usagers peut donc être amélioré pour une meilleure gestion des situations de crise en tunnel.

7.3 Pistes de recommandations

Les enjeux de l'optimisation de l'évacuation en cas de crise peuvent se résumer en quelques points :

- Que les usagers reconnaissent rapidement la situation de crise en tant que telle ;
- Que les usagers adoptent les comportements adaptés aux principes de gestion de la crise du tunnel concerné ;
- Que les usagers repèrent rapidement les issues de secours ;
- Que les usagers abandonnent rapidement les options susceptibles de réduire leur temps de survie.
- Que les usagers restent en sécurité dans les abris

Or, comme on l'a vu dans les paragraphes précédents, en situation de crise, les usagers se trouvent en situation de résolution de problème sous forte contrainte temporelle et en condition de stress important (ce qui impacte les processus de traitement de l'information et de décision). Dans ce contexte, la qualité de la représentation que se font les usagers de la situation est déterminante pour l'efficacité et la durée du processus d'évacuation. C'est en effet à partir de cette représentation que les usagers vont construire leur compréhension de la situation, reconnaître les différents signaux d'alerte reçus, identifier et choisir les solutions qui se proposent à eux.

Un élément va être capital pour l'élaboration de cette représentation : l'ensemble des informations directement accessibles ou fournies aux usagers. Ces informations doivent être en mesure d'induire des objectifs d'actions clairs et évidents pour les usagers qui les accepteront alors naturellement comme des moyens de gérer la situation. Améliorer l'efficacité d'une gestion de crise en tunnel en amenant l'utilisateur à être acteur de sa sécurité, amène à chercher (par conception et par exploitation) à offrir des informations-solutions immédiates, accessibles et localement pertinentes pour générer chez les usagers les comportements **adéquats** et **dans les délais impartis**.

Quatre axes d'amélioration complémentaires et indissociables apparaissent prometteurs pour améliorer le processus d'évacuation d'un tunnel :

1. Former des usagers à déclencher chez les autres les comportements adéquats ;
2. Améliorer les connaissances préalables des usagers sur le tunnel et ses équipements ;
3. Améliorer les informations fournies par le tunnel et ses équipements ;
4. Améliorer les informations fournies par l'exploitant, gestionnaire de la crise en tunnel.

7.3.1 Améliorer les connaissances préalables des usagers sur le tunnel et ses équipements

On parle ici de l'ensemble des connaissances et des expériences des usagers sur le fonctionnement du tunnel en situation normale et de crise, ses équipements, son système de sécurité, ses risques spécifiques... Ces connaissances sont déterminantes et peuvent être développées chez les usagers lors d'une formation initiale, par des exercices en tunnel, ou par une information locale (prospectus, plaquette) ou médiatique (radio, télévision, campagne de publicité). Une telle formation est, par exemple, en mesure de corriger les défauts de connaissances et les croyances de certains usagers concernant la

règle d'interdistance à respecter à l'arrêt et sa valeur attendue (et nécessaire pour l'intervention) dans certains tunnels.

A noter, à ce propos que la société SFTRF, partenaire du projet ACTEURS a engagé en 2004 une telle démarche auprès des sociétés de transport dont les véhicules, et donc les chauffeurs, représentent une part importante de la clientèle des tunnels du Fréjus et d'Orelle. Le programme de formation « **Sécurité, un réflexe de pro** » s'adresse effectivement aux professionnels de la route. Il porte sur le tunnel, son règlement de circulation, ses équipements de sécurité et sur les comportements (réflexes) à adopter en cas de crise dans le tunnel du Fréjus.

7.3.2 Former des usagers à déclencher chez les autres les comportements adéquats

Le biais de conformité au groupe est un facteur d'influence des comportements individuels très important dont l'efficacité peut être amplifiée par la présence d'un leader (naturel ou statutaire) capable de prendre en charge la responsabilité des décisions d'évacuation et d'organiser localement la mise en œuvre des solutions. Etre en mesure de générer rapidement un mouvement d'information sur la réalité des dangers et un mouvement d'évacuation collectif dans le tunnel est peut être l'un des moyens les plus efficaces pour optimiser une évacuation. L'intérêt est que dans ce cas, seul un nombre restreint d'usagers a besoin d'être formé et entraîné pour jouer ce rôle capital de leader de l'évacuation dans le tunnel. C'est en tout cas une hypothèse que la société SFTRF, partenaire du projet ACTEURS, s'est chargée de tester à travers son opération « **Sécurité, un réflexe de pro** ». Un des résultats recherchés à travers cette formation des professionnels de la route qui empruntent le tunnel et bien de leur donner les connaissances nécessaires pour assurer ce rôle de leader des évacuations dans le tunnel.

7.3.3 Améliorer les informations fournies par le tunnel et ses équipements

Dans la mesure où, pour la plupart des usagers, on ne peut attendre une connaissance étendue des tunnels et de leurs équipements, la capacité de l'environnement tunnel à les informer est aussi un facteur primordial d'influence des comportements. La visibilité et la lisibilité de la signalétique, des abris et issues de secours, sont par exemple des facteurs importants pour optimiser l'évacuation en cas d'événement. Par ailleurs, l'intensité des signaux d'alerte, bien que normalisée, peut échapper au champ de perception de tout ou partie des usagers du tunnel. Plusieurs propositions ont d'ailleurs été formulées par les différents auteurs pris en compte lors de la revue de littérature pour améliorer la capacité du tunnel à informer les usagers dans une telle situation :

- Proposer plusieurs modalités d'alarmes, aussi bien visuelles qu'auditives, pour attirer l'attention du plus grand nombre d'usagers ;
- Créer un signal d'alerte propre au tunnel en association avec une campagne d'information pour faciliter l'établissement d'un lien entre le signal et la situation d'urgence (ne pas se limiter au sol national) ;
- Eviter les intérieurs uniformes avec peu de différenciation physique des éléments les composant et rendre les issues de secours particulièrement discernables des autres équipements et identifiables en tant que telles ;
- Utiliser des marqueurs lumineux le long des issues de secours pour compenser la baisse de luminosité associée à l'apparition de fumée ;
- Eviter les indications pouvant avoir une connotation négative pour éviter que certaines issues soient rejetées comme solution d'évacuation et de mise en sécurité.

7.3.4 Améliorer les informations fournies par l'exploitant, gestionnaire de la crise en tunnel

Aujourd'hui, il apparaît important d'aider les usagers des tunnels à détecter rapidement le niveau de danger réel auquel ils sont potentiellement exposés et de leur offrir des réponses aux questions qu'ils peuvent se poser effectivement dans ces situations.

Il faut que le système de gestion de crise prenne en compte la réalité des comportements et des besoins de l'utilisateur confronté à ces situations, notamment : que l'utilisateur doutera systématiquement de la réalité des dangers, qu'il prendra des décisions en fonction de ce qu'il aura compris de la situation et de l'importance qu'il donnera aux menaces auxquelles il est confronté, qu'il peut être soumis au syndrome du feu amical, qu'il cherchera à réunir sa famille et/ou ses amis, ... Il peut donc être intéressant de donner aux opérateurs tunnel, ou tout autre acteur intervenant dans le tunnel, les moyens d'informer directement les usagers. Mais il faut que ces opérateurs soient en mesure d'anticiper les comportements des usagers (notamment les plus contre-productifs en terme de sécurité) pour les aider à re-évaluer leur diagnostic, corriger leur conscience de la situation et re-orienter leur stratégie d'évacuation. Une formation des opérateurs sur les comportements réels des usagers des tunnels et leurs déterminants peut permettre d'atteindre cet objectif.

D'autre part, il apparaît capital que toute ambiguïté quant à la pertinence des signaux soit levée. La capacité d'un système d'alerte à être interprété correctement dépend ainsi de sa crédibilité (SFPE, 2002). Le fait de fournir aux usagers l'information appropriée pendant les incendies peut réduire cette ambiguïté et conduire à des actions plus rapides et effectives de leur part (Gröner, 2001, Proulx, 1998). Ainsi, la plupart des auteurs étudiés (Cf. Proulx & Sime, 1991) préconisent de délivrer des messages d'alerte qui soient :

- Très clairs sur la nature (incendie en tunnel, épanchement de fumées toxiques), la gravité de l'événement (danger de mort), la réponse appropriée à y apporter (évacuation immédiate des véhicules pour gagner les abris) et la raison (car nous ne sommes pas sûrs de pouvoir contrôler la situation) ;
- Locaux et contextuels (différents d'un segment du tunnel à l'autre en fonction de la distance à la source de danger),
- Et capables de fournir une assistance directionnelle (vers l'entrée / vers la sortie du tunnel).

8 Conclusion

En situation normale, les comportements des usagers dépendent fortement de ce qu'ils connaissent du tunnel et de ce qu'ils perçoivent et comprennent des indications qui leur sont fournies à l'entrée et dans le tunnel. Il en est de même en situation de crise, avec des difficultés supplémentaires pour la plupart des usagers : analyser la situation et prendre des décisions sous fortes contraintes temporelles, en condition de stress et avec très peu de connaissances des risques réellement encourus et des comportements adaptés à mettre en œuvre dans cet environnement technologique devenu subitement potentiellement létal.

Et de fait, en situation de crise dans le tunnel, la plupart des usagers se trouvent, non pas en situation de déclenchement de comportements réflexes de mise en sécurité, mais en situation de résolution de problème avec des processus mentaux fortement perturbés par le stress ressenti. Cela a déjà été souligné dans plusieurs paragraphes de ce rapport, mais dans ces conditions, c'est la qualité des connaissances initiales des usagers (sur le tunnel, les dispositifs de secours, les risques encourus, ...) et la qualité des informations

reçues dans le tunnel (par la signalisation et la signalétique en place, par le personnel d'intervention ou par les autres usagers) qui vont être capitales.

Cela suggère ainsi deux pistes d'amélioration déjà pointées dans les paragraphes précédents :

1. Améliorer la formation des usagers aux particularités de la sécurité en tunnel ;
2. Améliorer la manière de les informer, avec une contrainte particulière pour les situations de crise, qui est de fournir des informations en mesure d'induire des objectifs d'actions clairs et évidents pour les usagers qui les accepteront alors naturellement comme des moyens de gérer la situation.

Mais cela ne suffira pas. Il faut aussi que la conception et l'exploitation du tunnel, notamment pour tout ce qui concerne la gestion des situations de crise, soient compatibles avec les capacités (les limites ?) de compréhension et d'action des usagers. On rappellera avec Quarantelli (1981) qu'il y a nécessairement des hypothèses faites sur les comportements individuels et collectifs des êtres humains impliqués en situation de crise. Une partie de l'efficacité de la sécurité des tunnels et des protections mises en œuvre repose donc sur la justesse de ces hypothèses. Le modèle comportemental présenté ici et les données recueillies devraient aider les concepteurs et exploitants des tunnels à questionner et à éventuellement réviser leurs hypothèses concernant les comportements des usagers en situation de crise.

9 Références prises en compte pour la revue de littérature

- Amalberti, R. (1996), *La conduite des systèmes à risques*. Paris: PUF, Le Travail Humain;
- Baars, B.J. (1997), *In the theatre of consciousness: The workspace of the mind*. Oxford: Oxford University Press.
- Bickman, L., Edelman, P., McDaniel, M., (1977). *A Model of Human Behavior in a Fire Emergency*. NBS-GCR-78-120. National Bureau of Standards, Center for Fire Research, Washington, DC.
- Boer, L.C. (2002). Behaviour by motorists on evacuation of a tunnel. Centre for tunnel safety, TNO Human Factors.
http://www.minvenw.nl/rws/bwd/home/pdf/tunnel/tno/tno_rep.pdf
- Broquet, G. (2002) *Comportement des usagers dans les tunnels routiers*. Rapport de TFE, CETU
- Bryan, J., (1981). Implications for codes and behavioral models from the analysis of behavior response patterns in fire situations as selected from the project people II study programs. Un. Of Maryland, Dept. Of Fire Protection, College Park.
- Bryan, J.L., (1991). Human Behaviour in Fire. *Fire Protection handbook, 17th edition*. National Fire Protection Association, Quincy, MA.
- Bryan, J.L. (1995), Behavioral Response to Fire and Smoke. *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2nd edition*, National Fire Protection Association, Quincy, MA.
- Bryan, J., (2002) Behavioral Response to Fire and Smoke," *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3rd Edition*, National Fire Protection Association, Quincy, MA.
- Canter, D., Breaux, J. & Sime, J. (1980). Domestic, multiple occupancy, and hospital fire. In D. Canter (Ed.), *Fire and human behaviour*. Chichester: John Wiley & Sons, pp.117-136.
- Chertkoff, J.M. & Kushigian, R.H. (1999). *Don't Panic, the psychology of Emergency Egress and Ingress*, Praeger, Westport, Connecticut.
- Clarke, L. (2002). Le mythe de la panique. *Sciences Humaines, 132*, pp16-20.
- Easterbrook, J.A., (1959). The effect of emotion on cue utilization and the organization of behavior. *Journal of Applied Psychology*. Institute of Psychiatry. Un. of London.
- Fahy, R et Proulx, G. (1997). Human Behavior in the World Trade center Evacuation. *International Association of Fire Safety Science, 1997 – Proceedings of the Fifth International Symposium, pp. 713-724*.
- Gröner, N.E. (2001). Intentional systems representations are useful alternatives to physical systems representations of fire related human behavior. *Safety Science, 38*, 2001, 85-94
- Hutchins, E. (1994). *Cognition in the wild*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press
- Janis, I.L., and Mann, L., (1977). *Decision making: a psychological analysis of conflict, choice and commitment*. Free Press, New York.
- Jin, Y (1997). Studies on Human Behavior and Tenability in Fire Smoke. *Fire Safety Science – Proceedings of the Fifth International Symposium*, International Association for Fire Safety Science, pp.3-21.

- Johnson, N. (1985), Panic and the breakdown of social order: popular myth, social theory and empirical evidence. *Sociological focus*, 20, 171-183.
- Keating, J., (1982). The Myth of Panic. *Fire Journal*, May 1982, pp. 57-61.
- Lazarus, R., & Folkman, S., (1984) *Stress, Appraisal, and Coping*, Springer, New York, 1984.
- Miller, J.G. (1960). Information input overload and psychopathology. *American Journal of Psychiatry*, 116, 695-704.
- Murosaki, Y., Hayashi, H. & Nishigaki, T. (1986), Effect of passage width on choice of egress route at a T-junction in a building. *First International Symposium in Fire Safety Science*, Hemisphere, NY, pp.593-600
- Muyr, H. (2001) Human factors in escape from fire. *Safety in Road and Rail Tunnels Conference*, 5 april 2001, Madrid, Spain.
- Ozel, F., (1994). Cognitive factors that affect emergency egress in hotel/casino occupancies. In: *Proceeding of Environments for Tourism Conference*, Las Vegas, NV.
- Ozel, F., (2001). Time pressure and stress as a factor during emergency egress. *Safety Science*, 38, 95-107.
- Proulx, G., 1993. A stress model for people facing a fire. *Journal of Environmental Psychology*, 13(2), 137-147.
- Proulx, G. (1994). Human response to fires. *Fire Research News*, National Research Council Canada.
- Proulx, G. (2001). Highrise Evacuation: a questionable concept. *Proceedings of the 2nd International Symposium on Human Behavior in Fire 2001*, Interscience Communications Ltd., London, pp.221-230
- Proulx, G., & Sime, J. (1991), "To Prevent 'Panic' in an Underground Emergency : Why Not Tell People the Truth?," *Fire Safety Science – Proceedings of the Third International Symposium*, G. Cox & B. Langford (Eds), Elsevier Applied Science, London.
- Proulx, G., (1998). The Impact of Voice Communication Messages During A Residential Highrise Fire," *Human Behaviour in Fire – Proceedings of the First International Symposium*, University of Ulster, Belfast, UK.
- Proulx, G., (1999). Occupant response to fire alarm signals. *National Fire Alarm Code Handbook*. National Fire Protection Association, Quincy, MA.
- Purser, D. A. & Bensilum, M. (2001). Quantification of behavior for engineering design standards and escape time calculations. *Safety Science*, 38, 2001, 109-125
- Quarantelli, E. (1981) Panic behavior in fire situations: findings and a model from the english language research litterature. *Proceeding of the 4th Joint Panel Meeting, the UJNRR Panel on Fire Research and Safety*, Vuilding Research Institute, Tokyo.
- Reason, J. (1993). *L'erreur humaine*. Paris, Le Travail Humain, PUF.
- SFPE (2002), *SFPE Engineering Guide to Human Behavior in Fire*. National Fire Protection Association, Quincy, MA.
- Sime, J., (1980). The Myth of Panic. In D. Canter (Ed.), *Fires and Human Behaviour*, John Wiley & Sons, Chichester UK, pp. 63-81.
- Sime, J., (1983). Affiliative behavior during escape to exits. *Journal of Environmental Psychology*, 3 (1), 21-41.
- Sime, J., (1985). Movements toward the familiar: person and place affiliation in a fire entrapment setting. *Environment and Behavior*, 17 (6), 697-724.
- Sime, J.D., (2001). An occupant response shelter escape time (ORSET) model. *Safety Science*, 38, pp. 109-125

Sixsmith, X. et al., (1988). When is a door not a door? A study of evacuation route identification in a large shopping mall. In Sime, J., Spon, E., Spon, F.N. (Eds), *Safety in the Built Environment*, pp.62-74.

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

Wood, P.G. (1990), A Survey of Behaviour in Fire. In D. Canter (Ed.), *Fire and Human Behaviour*, 2nd edition. David Fulton Publishers, London.

Zsambock, C.E. et Klein, G. (1997) *Naturalistic Decision Making*, Lawrence Erlbaum Associates Inc, Mahwah, NJ.

Pièce jointe 1

Compte rendu de réunion

Comité d'Experts du 26 janvier

OBJET DE LA REUNION	DATE DE LA REUNION
---------------------	--------------------

Comité d'Experts
26 janvier 2005

REDACTEURS	PROCHAINE REUNION
------------	-------------------

Algoé

REPRESENTANTS	SOCIETES	TEL / FAX / MAIL	PRES.	ABS.	DIFF.	CONVOCAT.
Frédéric Ricard	ATMB	frederic.ricard@atmb.net	X		1	X
Philippe Warin	IEP Grenoble	philippe.warin@upmf-grenoble.fr	X		1	X
Mme Mahieu	ESCOTA	direction.exploitation@escota.net	X		1	X
Gilles Malaterre	INRETS	gilles.malaterre@inrets.fr	X		1	X
Jean Luc Wybo	Ecole des Mines de Paris	jean-luc.wybo@cindy.ensmp.fr	X		1	X
Marie Thérèse Goux	DSCR	marie-therese.goux@equipement.gouv.fr		X	1	X
Mickaël Holewijn	TNO	holewijn@tm.tno.nl		X	1	X
Sylvie Laveudrine	CETU	sylvie.laveudrine@equipement.gouv.fr		X	1	X
Jean Paries	Dedale	jparies@dedale.net	X		1	X
Alain Noizet	Dedale	anoizet@dedale.net	X		1	X
Thierry Bertail	Algoé	thierry.bertail@algoe.fr	X		1	X

DIFFUSION COMPLEMENTAIRE

SOMMAIRE

1. Préambule	2
2. Avis du Comité d'experts sur le rapport T1.2	2
3. Avis du comité d'experts sur le rapport T1.3	3
4. Présentation du lot 2	3

1. Préambule

Suite à la première réunion du Comité d'experts (septembre 2004), le rapport T1.1 « Ce que savent les professionnels concernant le comportement des usagers dans les tunnels » a été transmis à la DRAST accompagné de l'avis de chaque expert et du compte rendu de réunion.

De la même manière, cette seconde réunion, a pour objectif de formuler l'avis du Comité d'experts sur les rapports T1.2 et T1.3 qui seront transmis à la DRAST en février 2005.

- **Rapport de recherche T1.2** : Les comportements des usagers en situation normale dans les tunnels.
- **Rapport de recherche T1.3** : Les comportements des usagers face à une situation de crise dans les tunnels.

2. Avis du Comité d'experts sur le rapport T1.2

2.1. Remarques générales

Tous les experts ont transmis un avis très positif sur la qualité du rapport et du travail réalisé.

Les commentaires ne remettent pas en cause la rédaction actuelle du rapport T1.2 qui devra néanmoins être complété d'une annexe pour présenter les grandes caractéristiques des tunnels étudiés et de photos permettant d'illustrer le texte.

2.2. Axes de travail complémentaires :

- L'objectif de ce travail était d'étudier les invariants entre les différents tunnels. Les analyses n'ont par conséquent pas été menées en fonction des caractéristiques des tunnels, dont l'hétérogénéité avait été soulignée dans le rapport T1.1.

Les études ont néanmoins montré que la distinction imaginée initialement entre les tunnels « transparents » (dans la continuité de l'autoroute) et les tunnels « en rupture complète » avec l'autoroute n'est pas perceptible par l'utilisateur. De plus, le comportement observé dans un tunnel court (Orelle) est comparable au comportement observé dans la première partie d'un tunnel long (Fréjus).

Un travail de catégorisation des tunnels par les usagers, pourrait être envisagé. Les catégories résultantes ne seraient probablement pas liées uniquement à la longueur, mais à d'autres paramètres tels que la propreté, la luminosité, les revêtements, le type de tunnel (bi/mono directionnel), le profil en long ...

- Les observations ont été réalisées dans un trafic fluide ; il serait intéressant de les conduire dans différentes conditions (fluides, contraintes, critiques) en précisant les catégories d'usagers présents.
- L'étude vise des tendances générales et s'appuie sur des usagers "moyens". Il serait intéressant d'étudier des comportements atypiques afin de concevoir un système résistant à certains de ces comportements.
- Les "fausses croyances" des usagers peuvent avoir des effets positifs sur les comportements, mais une stratégie qui consisterait à s'appuyer sur ces croyances, voire même à utiliser les "leurres" est délicate à mettre en œuvre par les exploitants (risque en terme d'image).
- Le décalage observé entre la vitesse physique d'entrée dans le tunnel et la lenteur psychologique d'entrée dans la situation "conduite dans tunnel" peut être réduit par l'entraînement et / ou par l'anticipation. Le lot 2 du projet Acteurs devrait permettre d'apporter des pistes d'amélioration sur ces 2 axes de travail (activité D4.1 pilotée par Escota : "Restructurer l'information pour réduire la surcharge mentale à l'entrée des tunnels").

3. Avis du comité d'experts sur le rapport T1.3

3.1. Remarques générales

Tous les experts ont transmis un avis très positif sur ce rapport basé principalement sur l'étude bibliographique.

3.2. Axes de travail complémentaires

L'intérêt d'exercices "instrumentés" pour améliorer le retour d'expérience des comportements en situation de crise est souligné par le Comité d'Experts.

4. Présentation du lot 2

Les partenaires du projet Acteurs ont établi le programme du lot 2. Des financements de la DSCR et du CETU sont en cours de négociation.

Ce lot 2 du projet Acteurs ne prévoit pas l'organisation "d'exercices instrumentés" tels que souhaité par le Comité d'Experts (Cf 3.2), mais ce type d'exercice pourrait être prévu dans un autre cadre.

Pièce jointe 2

Comité d'Experts

Avis des experts sur les rapports T1.2 et T1.3

- Philippe Warin : (IEP Grenoble)
- Michael Holewijn : (TNO)
- Marie Thérèse Goux : (DSCR)
- Gilles Malaterre : (INRETS)
- Jean Luc Wybo : (Ecole des Mines de Paris)

Comité d'experts – projet ACTEURS

Avis sur rapport T1.2 et T1.3 – réunion du Comité le 26 janvier 2005

Philippe Warin – note 19 janvier 2005

word/acteurs/avis janv05.rtf

Avis très positif sur les deux rapports. Clairs et concis, ils répondent aux objectifs du projet dans les termes méthodologiques et les délais prévus. Leur lecture appelle plusieurs commentaires qui pourront être développés et complétés lors de la prochaine réunion du Comité d'experts le 26 janvier prochain.

1. L'étude des comportements des usagers en situation de traversée normale des tunnels (Rapport de recherche n°2 – V3.2 du 8 novembre 2004) se fonde sur des données déclaratives très riches pour fonder plusieurs constats très utiles, notamment :

- La surcharge d'activité à l'approche des tunnels et le temps d'acclimatation nécessaire qui limitent considérablement la réceptivité des conducteurs aux informations préventives.
- L'inefficacité des dispositifs de communication.

Quelques points mériteraient un éclaircissement, si possible :

- La différence de connaissance de la vitesse maximale autorisée selon le tunnel (Fréjus ou Mont Blanc, p. 7). Comment l'expliquer. Peut-on agir dessus ?
- L'existence de « fausses croyances ». Peut-on les répertorier et les classer entre fausses croyances aux effets supposés ou avérés plutôt favorables / fausses croyances aux effets supposés ou avérés plutôt défavorables ? Si les effets sont plutôt favorables (caméras de surveillance confondues avec des radars, avec effet de limitation de la vitesse, p.8), faut-il se priver de ces fausses croyances ? Plus globalement, serait-il intéressant de penser aussi les termes de la sécurité (et du couplage exploitants-usagers-tunnels) sur des stratégies de « leurres » ?
- « L'activité des usagers » est présentée ici comme une activité « moyenne » ou du moins celle plus grand nombre au vu des résultats des enquêtes. Mais faut-il réfléchir plutôt sur la base d'un usager moyen ou « standard », ou bien également ou plutôt à partir de comportements extrêmes ? La question mérite d'être posée au vu du rapport suivant sur les comportements en situation de crise, dans lequel le désordre des comportements est flagrant. D'ailleurs, dans le rapport n°2 déjà, les auteurs rappellent à juste raison que « les comportements proprement dits se construisent en situation, contextuellement, lors de l'interaction avec l'environnement en fonction des contraintes perçues et des moyens offerts par l'environnement » (p. 10). Autrement dit, que vaut un raisonnement sur un comportement type (ou synthétique) ?

- L'apprentissage de l'environnement (p.13) répond certes à de multiples contingences (de disponibilité mentale, de fréquence d'usage du tunnel et donc d'intégration ou non de routines, etc.), peut-on en savoir plus sur les mécanismes d'apprentissage à l'œuvre ? Comment se fait-il que tel « signal » soit *mieux* perçu qu'un autre ?
- En ce qui concerne les stratégies d'adaptation évoquées en conclusion du Rapport de recherche n°2, l'homogénéisation des règles et systèmes de communication doit-elle être pensée entre tunnels ou bien dans la continuité avec la « route ouverte » qui précède et succède aux passages sous tunnel ? On voit dans l'étude le décalage entre la vitesse physique d'entrée dans le tunnel et la lenteur psychologique d'entrée dans la situation « conduite dans tunnel ». N'est-ce pas ce décalage qu'il faut d'abord réduire en améliorant les continuités entre contextes, route ouverte/tunnel ? Ce décalage est-il dû également à des questions physiologiques et psychiques, peu évoquées dans l'étude, notamment relatives aux conséquences physiques et psychologiques dues à de brusques changements dans l'environnement visuel et sonore ? N'y aurait-il pas à regarder du côté d'autres travaux scientifiques ?

2. L'étude des comportements des usagers en situation de crise en tunnel (Rapport de recherche n°3, V2.0 – 13 janvier 2005) complète très bien la précédente. Son matériau est différent, puisqu'elle tient compte d'une revue de littérature et de quelques données de première main (enquêtes). Les résultats doivent être considérés pour ce qu'ils sont, c'est-à-dire issus de travaux non réalisés par les auteurs du rapport, effectués à l'étranger sur des situations de crise dans des lieux confinés ou fermés qui ne sont pas tous des tunnels. Il y a là plusieurs paramètres propres à la construction de ces travaux et à leurs objets qui ne sont pas connus ici, qui peuvent éventuellement manquer à l'interprétation et présentation qui en sont faites.

Cela étant, plusieurs observations paraissent très intéressantes pour l'action :

- Le temps de réaction (arrêt, comportement de lutte ou de fuite...) inclut un temps de perception d'un signal d'anormalité, *puis* un temps de perception d'un signal de confirmation de l'anormalité et d'un danger. Là encore il y a un décalage entre « détection du problème » et « décision d'adapter son comportement ». Le besoin de confirmation dans la décision de la réalité des dangers (pp.17 ; 25-26) apparaît comme central car c'est au moment où le danger est confirmé que les usagers changent de registres mentaux et comportementaux, autour d'un objectif brusquement modifié (se déplacer/survivre).
- La place congrue aux émotions fortes (peur panique).
- La rationalisation des choix par le recours au familier.
- Le décalage entre comportements attendus par les exploitants et comportements déclarés ou possibles selon les usagers.
- La présence apaisante et fortement *encadrante* du personnel d'exploitation.
- La meilleure réaction des usagers aux indications sonores.

Des précisions ou prolongements mériteraient d'être discutés :

- Le rappel sur les généralités sur la performance humaine (p.8) renvoie au rappel de généralités sur le fonctionnement humain dans le précédent rapport (à une remarque près, celle sur le filtrage des informations). Est-ce à dire que les comportements sont construits sur les mêmes règles, indépendamment des situations (de crise ou non) ?
- Peut-on mieux comprendre quels sont les signaux qui fonctionnent comme « informations complémentaires de confirmation » ? (p. 17). Qu'est-ce qui donne la crédibilité nécessaire à ces signaux ? Peut-on repérer des couples « signaux primitifs »/« signaux de confirmation » et par là même des scénarios récurrents sur lesquels il serait possible d'agir en termes de visibilité et de réduction de délais entre les temps de perception et de réaction (voir la passivité au début de l'évènement - étude TNO LC Boer p. 24, p. 25/26), peut-être par signaux sonores spécifiques (p. 25) ?
- Au-delà de ce qui est dit sur « Décider de la réalité des dangers et de la nécessité d'évacuer » p. 17), pourrait-on affirmer que le brusque changement de situation et l'entrée brutale dans une situation de danger occasionnent *systématiquement* chez les individus un questionnement immédiat qui serait le même (ou presque) pour tous, du type : (sa)voir ce que les autres font et/ou chercher une information officielle (signalisation dynamique), avant de s'engager dans des actions ? Autrement dit, malgré le désordre psychologique et comportemental supposé ou observé, y aurait-il des réactions communes à des étapes clés, peut-être dans de brefs instants de latence (encore une question de temps), qui permettraient une meilleure prise en charge des usagers (guidage des comportements ou néanmoins limitation des comportements dangereux) ?
- Que peut-on faire réellement de comportements caractéristiques aussi dispersés, en cas d'évènements en tunnel (p. 23), sinon qu'e d'améliorer effectivement la rapidité, la spécificité et la crédibilité des informations fournies par le tunnel et ses équipements, et par l'exploitant gestionnaire de la crise (recommandations 3 et 4, pp. 31-32) ?

-----Message d'origine-----

De : Michael Holewijn [mailto:holewijn@tm.tno.nl]

Envoyé : lundi 24 janvier 2005 09:51

À : RICARD Frédéric

Objet : Re: RE : Rapports pour le Comité d'expert du 26 janvier 2005

Dear Frederic,

The following comments from my side on the reports T1.2 and T1.3

1) The excellent reports show that users of tunnels have quite diverse knowledge of safety rules and diverse behaviour, indicating that measures taken to improve safety will have to be diverse in content and communication channels

2) Based on the survey V3.2 it is of importance to investigate which information can be standardized in signs, content and modality to inform the users on the travel trajectory starting before the tunnel, in the tunnel, exiting the tunnel and during emergencies.

with regards

Michel Holewijn

--

Michael Holewijn
head of research department of Information Processing
TNO Human Factors

P.O.Box 23
3769 ZG Soesterberg, The Netherlands
T: +31 346 356 283
F: +31 346 353 977
Email: Holewijn@tm.tno.nl
Website: <http://www.tm.tno.nl>

TNO | Knowledge for business

The disclaimer that applies to e-mail from TNO Human Factors
can be found on: <http://www.tno.nl/disclaimer/email.html>

Bonjour,

La structure et la rédaction des rapports 2 et 3 du lot du projet de recherche Acteurs rendent leur lecture très aisée et didactique et je tiens à féliciter les rédacteurs.

Quelques point particuliers m'amènent à émettre des remarques et idées de compléments.

Rapport n°2

Dans le second rapport (en fait le n°3) la complémentarité des approches développées pour l'analyse, avant la synthèse, est explicitée. Pour une meilleure compréhension en particulier de la synthèse et des recommandations cette partie devrait être développée également dans le rapport n°2.

La justification du non respect des règles de vitesse et d'interdistance annoncé dans les tunnels est essentielle pour développer des stratégies en vue de faire respecter ces règles ou les adapter. Or cette justification est peu claire. Dans le § 3.3.3 une notion de distance de "confort-sécurité" est développée : l'utilisateur considère-t-il que les règles sont inapplicables, inadaptées (mauvaise compréhension de la règle), généralement ou de façon ponctuelle (alors dans quel cas ?), est-ce délibérément qu'il les transgresse, ou n'arrive-t-il pas à apprécier les distances, ou l'habitude ... ?

Chapitre 4 : les hypothèses de comportement attendu du tableau sont caricaturales, sans commentaires !

§ 5.2 : les aspects de formation, information et sanction pourraient utilement être développés dans ce paragraphe, en évaluant leurs effets et limites.

Rapport n° 3

La méthode d'analyse est très claire, avec la complémentarité des démarches.

Une seule remarque : la seule situation de crise décrite et analysée par la suite est celle d'un incendie. Or pour des cas moins graves, par exemple un accident avec blessés, un carambolage, ..., il est important que les usagers adoptent des comportements spécifiques en particulier pour faciliter l'accès des secours. Peut-on développer une analyse et des recommandations pour ces cas certes moins graves mais beaucoup plus courants ? Et les recommandations seront-elles cohérentes avec celles édictées pour le cas "grave" ? Une partie des incohérences sur les "comportements attendus" étudiés dans le rapport 1 (présenté fin 2004) est sans doute due à des analyses de ces différents cas de crise.

Veuillez m'excuser de mon absence demain, je souhaitais fortement y participer, mais un autre sujet d'actualité avec les sociétés d'autoroutes m'oblige à un autre déplacement.

Bon courage pour la réunion, en souhaitant quelle soit conclusive.

-----<?xml:namespace prefix = o ns =
"urn:schemas-microsoft-com:office:office" />

Marie-Thérèse GOUX

Direction de la Sécurité et de la Circulation Routières

Adjointe au sous directeur Exploitation et Sécurité de la Route

Tél : +33 1 40 81 81 14

Fax : +33 1 40 81 81 99

Mél : Marie-Therese.Goux@equipement.gouv.fr

Rapport n°2 : situation de traversée normale

J'ai trouvé que ce travail était d'une rare qualité et minutie, ce qui ne m'empêche pas de regretter quelques lacunes :

Mes remarques vont dans le même sens que celles que j'avais formulées à l'occasion de la première réunion.

Il est clairement postulé, et j'adhère pleinement à ceci, qu'il existe un couplage fort entre connaissances des sujets et environnement perçu c'est-à-dire le tunnel lui-même, sa signalisation, le trafic, c'est-à-dire le contexte au sens large.

Il a été indiqué à plusieurs reprises (premier rapport) qu'il existait une grande hétérogénéité entre les différents tunnels, dans leurs caractéristiques physiques et les consignes de sécurité fournies. Ceci est dénoncé comme facteur d'incertitude pour l'utilisateur.

Il est donc dommage que les analyses réalisées dans ce rapport ne soient pas explicitement faites en fonction de ces caractéristiques, mais parfois en fonction de variables globales (autoroutier ou à péage) qui n'ont pas de signification pour celui qui ne sait pas si cela recouvre réellement des catégories perceptibles par l'utilisateur.

Pour faire court, il manque une annexe détaillée décrivant les différents tunnels pris en considération (longueur, gabarit, signalisation, équipements de sécurité, consignes, etc), si possible illustrée de plans et de photos, à laquelle chaque analyse fasse systématiquement référence. Les analyses faites en termes relatifs (1^{er} tiers etc) gagneraient à être aussi exprimées en distance et en temps.

Une analyse différentielle aurait dû faire apparaître des solutions ou des configurations meilleures que d'autres et aurait dû permettre de comprendre pourquoi. Peut-être a-t-il manqué dans l'équipe un spécialiste des infrastructures ? Le décompte des arrêts dans les différents tunnels dont je ne connais pas les caractéristiques ne me parle pas ! Ce qui est indiqué page 31 comme un "détail sur la perception des issues de secours dans le tunnel du Fréjus" n'est pas pour moi un détail. Ce genre d'élément devrait être systématiquement exploité, et les méthodes d'autoconfrontation s'y prêtent bien.

On sait bien que les principes d'aménagement ne sont pas suffisants pour faire de la bonne sécurité. C'est pourquoi, par exemple, on étudie de très près les conditions de la mise en œuvre et les particularismes locaux (étude de la mise en place des PDU à l'INRETS par exemple). Le diable est dans les détails !

La synthèse est extrêmement bien faite, claire et didactique. Mais il manque le niveau que je viens de décrire ci-dessus, c'est à dire une analyse située, qui prendrait place entre la synthèse et les annexes.

Peut-être ce travail a-t-il été fait mais pas restitué ? Peut-être nécessite-t-il une confrontation finale avec les concepteurs et exploitants ? En tous cas il permettrait des conclusions encore plus opérationnelles.

Remarque de détail : page 11 vous faites état d'une sous-estimation des distances. N'est-ce pas le contraire ? Vous voulez sans doute dire que ces usagers roulent trop près (sous-production). Si l'explication est d'ordre perceptif (ce qui n'est pas du tout sûr) il s'agit alors d'une sur-estimation.

Rapport n°3 : situation de crise

L'analyse de la bibliographie et le modèle théorique sont excellents. Les tendances et l'explicitation de leurs mécanismes sont clairement exposés. Mais là encore le lien avec les particularités des terrains est un peu insuffisant, même si les contraintes liées aux situations d'urgence changent la nature de ce lien.

Le tableau de la page 29 gagnerait par exemple à avoir deux colonnes supplémentaires : La première indiquerait quels éléments du contexte favorisent l'écart entre le prescrit et l'observé. La seconde suggérerait des solutions pour réduire cet écart lorsque cela paraît possible (une partie de celles qui sont examinées plus loin, les autres n'étant pas spécifiques à une étape particulière...).

Projet « Acteurs » - financements Drast & Predit

Seconde évaluation de la Phase 1 du projet – Paris, 26 janvier 2005

Documents fournis :

- Rapport de recherche N°2 « les comportements des usagers en situation normale »
- Annexes 1 du rapport de recherche N°2
- Rapport de recherche N°3 « les comportements des usagers en situation de crise »

Rapport de recherche N°2

Par rapport aux éléments présentés lors de la première évaluation, ce rapport représente une bonne synthèse, facile à lire et à utiliser. En particulier les tableaux présentant la dissonance entre les hypothèses et la perception des usagers.

Annexes 1

Excellente qualité de présentation et d'analyse des données collectées sur le terrain et dans la bibliographie. Les résultats sont justifiés et bien identifiés dans le texte.

Rapport de recherche N°3

Là encore un excellent travail qui donnera un éclairage nouveau aux exploitants sur la perception des risques de crise et sur les comportements des usagers des tunnels. On peut apprécier également la qualité de la présentation des résultats. L'essentiel du rapport est issu de l'analyse de la bibliographie et d'études réalisées par ailleurs (comme celle du TNO).

Il serait bon de développer ce travail dans la suite du projet, notamment par une meilleure « instrumentation » du retour d'expérience sur les quasi-accidents (comportements dangereux n'ayant pas entraîné d'accidents) et des accidents réels, auprès des sociétés d'autoroute partenaires du projet. Une comparaison avec les comportements sur route « ouverte » serait aussi intéressante pour bien identifier les aspects spécifiques liés à l'environnement « tunnel » (ainsi que les différences entre mono et bidirectionnel) pour mettre en place les formations adaptées.

En conclusion et comme l'avait déjà montré la réunion de septembre 2004, cette première phase du projet représente un travail de qualité, étayé par des analyses et des expérimentations pertinentes. Les premiers résultats sont déjà exploitables et présagent une seconde phase profitable, aussi bien aux partenaires du projet qu'à la communauté scientifique et aux autres gestionnaires de tunnels. Les deux rapports fournis, homogènes dans leur présentation, constitueront des documents de référence pour les gestionnaires de tunnels dans leur prise en compte des utilisateurs.

Sophia Antipolis, le 20 janvier 2005

Jean-Luc Wybo
Maître de recherches à l'ENSMMP
Responsable scientifique au Pôle Cindyniques