

2. COMPORTEMENT HUMAIN DANS LES TUNNELS ROUTIERS EN SITUATION NORMALE

► 2.1. INTRODUCTION

Ce chapitre décrit le comportement observé d'usagers de tunnels routiers dans des conditions réelles et dans des situations expérimentales et identifie les éventuelles situations dangereuses. La totalité d'une route comportant un tunnel est prise en compte : commençant sur la section de route avant la dernière sortie précédant le tunnel, elle continue par la section comprise entre cette dernière sortie et se prolonge jusqu'à une centaine de mètres au-delà de la tête de tunnel et est suivie du comportement des usagers des tunnels dans le tunnel proprement dit. Enfin, le comportement des conducteurs et les dangers éventuels lors de la sortie du tunnel sont également décrits.

► 2.2. APPROCHE DE LA DERNIÈRE SORTIE AVANT UN TUNNEL

Il est important d'avertir les usagers de la route qu'ils approchent d'un tunnel avant la dernière sortie possible sur l'itinéraire. Il existe plusieurs raisons pour cela :

- certains conducteurs ont une phobie des tunnels. Ils s'arrêtent avant ou même à l'intérieur du tunnel dans un état de détresse totale. Leurs actions peuvent mettre les autres usagers de la route en danger.
- les véhicules hors gabarit doivent s'arrêter à la tête de tunnel ou risquent de s'engager dans le tunnel et endommager sa structure ou ses équipements.
- on dispose ainsi d'un dernier moyen d'avertir les conducteurs transportant des marchandises dangereuses de l'existence d'un tunnel en aval. Les réglementations propres aux tunnels peuvent interdire le passage de ce type de transport.

Autres facteurs humains possibles :

- les conducteurs ne connaissent pas l'itinéraire et le tunnel en question et ne remarquent pas les panneaux pertinents (si tant est qu'ils soient présents) ;
- les panneaux sont absents ou placés trop près de la dernière sortie, les conducteurs n'ont de ce fait pas le temps de comprendre la signification des

2. HUMAN BEHAVIOUR IN ROAD TUNNELS IN NORMAL SITUATIONS

► 2.1. INTRODUCTION

This chapter describes observed behaviour of road tunnel users as seen in both real life and in experimental situations and identifies possible dangerous situations. The complete extent of a tunnel road is considered: starting at the road section before the last exit before the tunnel, it continues through the section between this last exit and extends some 100 m past the tunnel portal and is followed by the behaviour of tunnel users in the tunnel itself. Finally the behaviour of drivers and possible dangers when exiting the tunnel are also described.

► 2.2. APPROACHING THE LAST EXIT BEFORE A TUNNEL

It is important to warn road users that they are approaching a tunnel and to do so prior to the last possible exit from the road. There are several reasons for that:

- Certain drivers have a fear of tunnels. They have been known to stop in front of or even inside the tunnel in a state of complete distress. Their actions can bring other road users into danger.
- Over-height vehicles have to stop at the tunnel portal or may enter and cause damage to the tunnel structure or systems.
- It provides a final means of forewarning the drivers of hazardous loads that there is a tunnel ahead. The particular tunnel regulations may not permit the passage of that load.

Other human factors may include that:

- drivers are not familiar with the route and the specific tunnel concerned and do not notice the relevant signs (if present at all);
- the signs are absent or placed too close to the last exit so that the drivers do not have time to realise the meaning of the signs and to choose an alternative route;



- panneaux et de choisir un autre itinéraire ;
- les conducteurs choisissent délibérément l'itinéraire du tunnel car itinéraire alternatif implique un long détour.

▶ 2.3. ENTRÉE DANS UN TUNNEL

Des données statistiques (Norvège) [4] montrent qu'un fort pourcentage d'incidents dans les tunnels surviennent dans une zone comprise entre une cinquantaine de mètres avant la tête de tunnel et une cinquantaine de mètre après. La dernière étude [6] portant sur les accidents corporels survenus dans 22 tunnels sous-marins norvégiens montre que la zone située juste avant chaque tunnel est quatre fois plus dangereuse que le milieu du tunnel. Bien que ces résultats ne soient certainement pas représentatifs des tunnels d'autres pays, ils montrent clairement l'importance qu'il faut accorder à la zone d'entrée des tunnels.

Les premiers résultats d'une étude tchèque dans le cadre du projet OPTUN (Optimisation des TUNnels en République tchèque) montrent qu'il existe une différence entre l'électro-encéphalogramme des usagers de la route conduisant sur des routes à l'air libre et les usagers conduisant à l'intérieur d'un tunnel. La conduite sur la section d'entrée du tunnel est associée à l'activité cérébrale maximale. Bien que l'interprétation exacte de ces résultats soit sujet à débat, cela pourrait signifier que cette zone de transition entre la route à l'air libre et le début de l'intérieur du tunnel est la partie la plus astreignante. Après un certain temps de conduite dans le tunnel, la différence semble diminuer à nouveau.

Conditions de visibilité

Une des causes des phénomènes mentionnés dans la section précédente peut être les conditions de visibilité médiocres à l'entrée du tunnel, ce qui pourrait être dû :

- à un éblouissement (en raison du rayonnement solaire direct ou du rayonnement solaire réfléchi par la tête de tunnel) ;
- à la quantité de lumière parasite atteignant les yeux du conducteur qui l'empêche de distinguer correctement la tête de tunnel ;
- à la lenteur d'adaptation de l'oeil à la pénombre dans le tunnel
- au manque de contraste avec les véhicules précédents.

À la suite de l'installation d'un éclairage dans les tunnels norvégiens, le taux d'accidents dans la zone d'entrée a diminué considérablement.

Conception des têtes de tunnel

Les travaux de recherche montrent que les usagers de la route concentrent leur attention sur l'entrée du tunnel un certains temps avant d'entrer effectivement

- drivers deliberately choose the tunnel route because using the alternative route involves a lengthy diversion.

▶ 2.3. ENTERING A TUNNEL

Statistical (Norwegian) data [4] show that a considerably percentage of incidents in tunnels occur in a zone from some 50 m ahead of the tunnel portal to 50 m past the portal. The latest study [6] on personal injury accidents in 22 Norwegian subsea tunnels shows that the zone just before each tunnel is four times as dangerous as the middle of the tunnel. Although these results certainly are not representative for tunnels in other countries they clearly demonstrate the attention that should be given to the entrance zone of tunnels.

First results from a Czech study in the frame of the OPTUN project (OPTimisation of TUNnels in the Czech Republic) show that there is a difference between the EEG (electroencephalogram) patterns of road users driving on open roads and those driving inside a tunnel. Driving on the section just entering the tunnel leads to the greatest brain activity. Although the exact interpretation of these results is debatable it could mean that this transition area from the open road to just inside the tunnel is the most demanding part. After having driven in the tunnel for a longer time, the difference seems to decrease again.

Sight conditions

One of the reasons for the phenomena mentioned in the previous section may arise from poor sight conditions at the tunnel entrance, This might be caused by:

- ocular blinding (owing to direct sunshine or reflected sunshine from the tunnel portal);
- by the amount of stray light entering the eyes of the driver so that the portal cannot be distinguished properly;
- by the slow adaptation of the eye to the darkness in the tunnel
- by the lack of contrast with the vehicles ahead.

After the installation of lighting in Norwegian tunnels the accident rate in the entrance area diminished considerably.

Design of tunnel portals

Research shows that road users focus their attention on the tunnel entrance some time before actually entering the tunnel [32], [55]. During the last 150 m before



dans le tunnel [32], [55]. Dans les 150 m précédant l'entrée dans un tunnel, de nombreux conducteurs dirigent leur regard sur son entrée ; la fréquence de clignement des yeux diminue environ 200 m avant l'entrée du tunnel. L'attention des conducteurs est concentrée sur l'entrée du tunnel et non sur l'environnement précédant le tunnel. De ce fait, les conducteurs ne saisissent pas les informations des panneaux et signaux situés trop près de l'entrée du tunnel.

Par ailleurs, de multiples observations du projet ACTEURS ont montré que les conducteurs cherchaient sur les panneaux routiers des informations relatives aux vitesses limites.

Eberl [17] a réalisé un rapport sur l'évaluation de différentes entrées de tunnels en Autriche (*figure 5*). Ce rapport montre que l'architecture des entrées de tunnels peut influencer positivement ou négativement les impressions des conducteurs (confinement, danger, bonnes propriétés de guidage, informations, effets de ralentissement) lorsqu'ils approchent de ces tunnels.



Figure 5 : entrées de tunnels autrichiens faisant l'objet de l'étude

- L'entrée D était considérée comme la plus riche en informations, clairement conçue et possédant les meilleures propriétés de guidage.
- L'entrée B était évaluée négativement en termes de richesse d'informations, de conception claire et de propriétés de guidage.
- L'entrée A était mentionnée la plus fréquemment comme ayant un effet de ralentissement, confinée et dangereuse.
- L'entrée E était également évaluée comme ayant un effet de ralentissement, sans toutefois que les termes « confinée » et « dangereuse » soient utilisés.

entering a tunnel, many drivers direct their eyes to its entrance; the eye blink frequency decreases about 200m before the tunnel entrance. The drivers' attention is focussed on the tunnel entrance, and not on the environment in front of the tunnel. This results in the drivers loss of apprehension of the information on signs and signals that are situated too closely at the tunnel entrance.

On the other hand multiple observations in the ACTEURS project showed that drivers searched information on road signs about speed limits.

Eberl [17] reports on the assessment of different tunnel entrances in Austria (*figure 5*). This report shows that the architecture of tunnel entrances can positively or negatively influence the drivers feelings (confining, dangerous, good guiding properties, informative, slowing down effects) when approaching them.



Figure 5: The tunnel entrances in Austria subject to the survey

- Entrance D was seen as the most informative, clearly laid out and as having the best guiding properties.
- Entrance B was assessed negatively in terms of being informative clearly laid out and having good guiding properties.
- Entrance A was mentioned most frequently in the context of having a slowing down effect, being confining and dangerous.
- Entrance E was also assessed as having a slowing down effect, without, however, the terms confining and dangerous being applied.



- L'entrée B était considérée comme ayant l'effet de ralentissement le plus faible.
- L'entrée E n'était pas évaluée comme confinée.
- L'entrée D était citée comme la moins dangereuse.

Des études japonaises [61] étudiant l'effet de revêtements clairs des tunnels et/ou de l'utilisation d'un marquage lumineux des voies montrent que les usagers ralentissent moins à l'approche des entrées de tunnels ; la capacité du tunnel augmentait aux heures de pointe.

Rétrécissement de la plate-forme

Pour des raisons de contraintes financières et techniques, la zone hors chaussée dans les tunnels et sur les rampes d'accès à ces tunnels est souvent minimisée par la suppression de la bande d'arrêt d'urgence. Les conclusions d'une étude réalisée par le CETU [26] sont les suivantes : « Les caractéristiques géométriques spéciales (diminution du nombre de voies de circulation, embranchement d'entrée et de sortie, soit dans le tunnel soit près des têtes de tunnels) sont des facteurs qui augmentent le nombre d'accidents ».

Des travaux de recherche [8], [9] montrent que la proximité entre la rampe et les parois du tunnel d'une part et la voie de circulation d'autre part ont un effet sur l'étroitesse perçue du tunnel (bien que ce ne soit pas toujours à un niveau conscient) et donc sur le mode de conduite. Lorsqu'ils approchent de la tête de tunnel, les conducteurs augmentent la distance par rapport à la paroi de la rampe d'accès au tunnel. Ce phénomène n'est pas observé lorsque la bande d'arrêt d'urgence est conservée sur les rampes et à l'intérieur du tunnel. Un autre effet de la diminution du dégagement latéral est une baisse de la vitesse lors de l'entrée dans le tunnel [51].

Des travaux de recherche montrent qu'une stimulation excessive dans la périphérie visuelle (bords du champ visuel), par exemple lorsque la paroi du tunnel possède un motif coloré, est considérée comme très désagréable. Les conducteurs adaptent leur position et leur vitesse pour éviter les effets perturbateurs [60], [21], [9]) si la paroi est trop proche de la voie de circulation. Cela est dû au fait que ces objets sont trop proches des yeux du conducteur qui doit rapidement tourner les yeux pour continuer à voir l'objet.

Conditions météorologiques particulières

Les conditions météorologiques sont parfois telles qu'une condensation se forme sur le pare-brise lorsque les véhicules pénètrent dans un long tunnel bidirectionnel. Ce phénomène se produit lorsque la température et/ou l'humidité de l'air dans le tunnel est(sont) supérieure(s) à la température et/ou à l'humidité de l'air extérieur. Il peut provoquer des situations dangereuses car l'attention des conducteurs est

- Entrance B was rated as having the least slow-down effect.
- Entrance E was not assessed as confining.
- Entrance D was named as the least dangerous.

Japanese studies [61] investigating the effect of brighter tunnel cladding and/or applying illuminating lane markings show a reduction in the decrease in approach velocity around the tunnel entrances; the capacity of the tunnel increased in peak hours.

Narrowing of the paved area

Owing to financial and technical constraints, the off carriageway area in tunnels and on the ramps towards them is often minimized by deleting the emergency lane. A study performed by CETU [26] concluded: "The geometric special features - reduction of number of traffic lanes, entrance and exit branch, either within the tunnel or near the portals - are factors that increase the number of accidents".

Research [8], [9] shows that the proximity of the ramp and tunnel walls to the driving lane has an effect on the perceived narrowness of the tunnel (though not always on a conscious level), and consequently on drive behaviour. When approaching the tunnel portal drivers increase the distance to the side wall of the tunnel entrance ramp. This is not observed when the emergency lane continues on the ramps and in the tunnel. Another effect of the reduction of the lateral clearance is a reduction of speed when entering the tunnel [51].

Research shows that too much stimulation in the visual periphery (the edges of the field of view), e.g. when the tunnel wall has a coloured pattern on the walls, is considered very unpleasant. Drivers adapt their position and speed to avoid disturbing effects [60], [21], [9]) if the wall is too close to the traffic lane. This is because these objects are too close to the drivers eyes, the driver has to rapidly turn his eyes to keep sight of the object.

Specific weather conditions

Sometimes weather conditions are such that windshields become condensed when vehicles enter a long bi-directional tunnel. This happens when the air temperature and/or humidity in the tunnel are higher than outside. This can cause dangerous situations as the drivers attention is diverted by the lack of sight while they have to wipe off the windshield or to switch on the vehicles ventilation system.



détournée par le manque de visibilité pendant qu'ils doivent essayer le pare-brise ou mettre en marche le système de ventilation du véhicule. Une étude approfondie réalisée en Suisse [14] a montré que le risque de condensation sur le pare-brise dans les tunnels d'une longueur supérieure à 1400 m est nettement accru. Ce phénomène est également connu dans les tunnels norvégiens.

► 2.4. CONDUITE À L'INTÉRIEUR D'UN TUNNEL

Phobie des tunnels et estimation de la distance parcourue

Un assez grand nombre d'usagers des tunnels éprouvent un manque d'assurance et une anxiété lorsqu'ils traversent des tunnels. Il ressort d'un des résultats du projet ACTEURS que 19 % des personnes interrogées déclarent qu'une traversée de tunnel les inquiète car les tunnels sont sombres, étroits et bruyants. Certaines ont également une phobie des tunnels [44].

Une étude norvégienne [16] a montré que certains usagers des tunnels ont peur de se trouver bloqués à l'intérieur du tunnel en cas d'incident de la circulation. Deux anxiétés principales des conducteurs ont été identifiées : une crainte de heurter un obstacle (par exemple un objet, la paroi du tunnel ou d'autres véhicules) et une crainte de situations dangereuses (incendie ou effondrement du tunnel). Cette deuxième crainte rend les tunnels subaquatiques plus effrayants que les autres.

Différentes enquêtes ont été réalisées afin de qualifier les facteurs qui influencent le comportement des conducteurs et leur crainte lorsqu'ils empruntent des tunnels [3]. Dans ces enquêtes, un faible pourcentage d'usagers a déclaré que la crainte était d'autant plus forte que le tunnel était long. Cela peut s'expliquer par le fait que, si la conduite dans les tunnels est considérée comme dangereuse, la conduite dans les tunnels longs entraîne une exposition plus longue à cette situation dangereuse.

Les usagers de la route ont du mal à estimer la distance parcourue à l'intérieur d'un tunnel. Cette particularité a été mise en évidence dans une étude sur simulateur de conduite dans le cadre du projet UPTUN [28]. Après un premier passage dans le tunnel virtuel, les conducteurs ont été invités à estimer la longueur du tunnel. Lors du deuxième passage, un accident a été simulé dans le tunnel. On a demandé aux sujets de l'étude d'estimer la distance dans le tunnel où l'incident s'est produit. Les participants pensaient être plus loin dans le tunnel qu'ils ne l'étaient en réalité. Cela démontre que ce type de sous-estimation peut amener les personnes à se diriger vers la sortie ou l'entrée du tunnel empruntée par les véhicules si elles estiment qu'elle est très proche au lieu d'utiliser la sortie la plus proche dans la paroi du tunnel.

An in-depth study in Switzerland [14] revealed that the hazard of windshield misting in tunnels with a length of over 1400 m is distinctly increased. This phenomenon is also known in Norwegian tunnels.

► 2.4. DRIVING INSIDE A TUNNEL

Tunnel fear and estimating travelled distance

Quite a lot of tunnel users feel uncertain and anxious when driving through tunnels. One of the outcomes of the ACTEURS project is that 19% of the interviewees said driving through a tunnel caused concern to them because the tunnels are dark, narrow and noisy. Some also had fear of tunnels [44].

A Norwegian study [16] revealed that some tunnel users experience a threat of getting stuck inside the tunnel should a traffic incident occur. Two main drivers' anxieties were identified: a fear of hitting something (e.g. an object, the tunnel wall or other vehicles) and a fear of dangerous situations (a fire or a tunnel collapse). This second fear makes underwater tunnels more frightening than others.

Various surveys were conducted in order to qualify the factors that influenced the drivers' behaviour and their fear when driving through tunnels [3]. In these surveys, a small percentage of users revealed that the longer the tunnel the more fear they experienced. This can be explained by the fact that if driving in tunnels is considered to be dangerous, driving in long tunnels leads to longer exposure to this dangerous situation.

Road users perform poorly when they have to estimate how far they are inside a tunnel. This was demonstrated in a driving simulator study in the frame of the UPTUN project [28]. After a first drive through the virtual tunnel, drivers were asked to estimate the length of the tunnel. During the second drive through, an accident was simulated in the tunnel. The test subjects were asked to estimate how far inside the tunnel the incident occurred. Participants thought they were further into the tunnel than they actually were. This demonstrates that such underestimations may cause people to walk towards the traffic exit or entrance if they think it is very near, instead of using the nearest exit in the tunnel wall.



Conception de l'intérieur des tunnels

Des études psychologiques sur la sécurité des tunnels réalisées en Autriche [17] ont montré que certains conducteurs perçoivent de nombreuses caractéristiques du tunnel de manière extrêmement consciente (probablement en raison d'une vigilance accrue, les personnes participant aux études savaient qu'elles jouaient un rôle dans un projet de recherche portant sur la sécurité des tunnels). Il ressort de ces études que ces conducteurs réagissent différemment aux différentes conceptions des tunnels en termes de mode de conduite. Dans cette étude, les tunnels jugés comme positifs par les conducteurs, par exemple grâce à un bon éclairage ou à de bonnes propriétés de guidage à l'aide de réflecteurs de rive, n'avaient aucun effet négatif sur le mode de conduite.

Dans de nombreux tunnels longs, des efforts ont été déployés pour réduire la monotonie. Par exemple, dans le tunnel norvégien de Lærdal, d'une longueur de 24,5 km, quatre conceptions d'intérieur différentes ont été étudiées pour savoir à quel point elles augmentent la sécurité et le confort tout en réduisant l'anxiété et la monotonie. Certains résultats généraux montrent que le rouge et le jaune peuvent créer une illusion d'incendie du tunnel et devraient être évités dans les combinaisons de couleurs des intérieurs de tunnels. Des "points de repère" clairs peuvent rompre la monotonie topologique des (très) longs tunnels.

Dans une autre étude norvégienne, les participants déclarent qu'un panneau indiquant que la situation à l'intérieur du tunnel est normale (par exemple à l'aide de flèches vertes au-dessus des voies de circulation) réduirait leur anxiété ; la présence de ces messages indiquerait que le tunnel est surveillé [3].

Ecoute de la radio du tunnel

Le nombre de stations de radio rediffusées dans les tunnels dépend de la politique locale. Le projet français ACTEURS a montré que plus le nombre de fréquences rediffusées est élevé plus les conducteurs écoutent la radio [30]. Dans le tunnel du Fréjus (2 fréquences), 64 % des conducteurs savaient que la radio était rediffusée mais ne l'écoutaient pas alors que, dans le tunnel du Mont Blanc (12 fréquences), ce chiffre était de 27 % seulement.

L'expérience acquise en Norvège montre que, dans les tunnels où de nombreuses stations sont rediffusées, au moins en ville, les usagers ont l'habitude d'écouter la radio. En cas de défaillance de la rediffusion, les usagers des tunnels s'en plaignent.

L'étude sur simulateur de conduite UPTUN [28] a porté sur l'effet de consignes préalables au sujet des situations d'urgence. Cette étude a montré que, même si les personnes venaient de lire un dépliant indiquant la fréquence radio sur laquelle elles devaient se brancher en cas d'incidents, elles n'utilisaient pas la radio ou

Tunnel interior design

Psychological studies on tunnel safety performed in Austria [17] showed that quite some drivers perceive many of the tunnel characteristics in an extremely conscious manner (probably due to increased alertness, the test persons knew they played a role in a research project on tunnel safety). They found that such drivers respond quite differently to different tunnel designs in terms of driving behaviour. In that study, tunnels which drivers assessed as positive, e.g. owing to good lighting or good guiding properties by means of illuminated kerb reflectors, did not have a negative effect on driving behaviour.

In many long tunnels efforts have been made to reduce monotony. For example in the Norwegian 24,5 km long Lærdal tunnel four different interior designs have been examined as to what extent they increase safety and comfort as well as reduce anxiety and monotony. Some general results are that red and yellow colorations can create an illusion of a tunnel fire and should be avoided in tunnel interior colour schemes. Clear "landmarks" can break the topological monotony of (very) long tunnels.

In another Norwegian study participants report that a sign indicating that the situation inside the tunnel is safe (e.g. by means of green arrows above traffic lanes) would reduce their anxiety; the presence of such messages would indicate that the tunnel is being monitored [3].

Listening to tunnel radio

The number of radio stations that are re-broadcasted in tunnels depends on local policy. The ACTEURS project in France showed that the more broadcast frequencies are re-broadcasted the more radio is listened to [30]. In the Fréjus tunnel (2 frequencies) 64% of the drivers knew there was radio, but did not listen to it, whereas in the Mont Blanc tunnel (12 frequencies) this percentage was 27.

Experience in Norway shows that in tunnels where many stations are re-broadcasted, at least in the cities, people are used to listening to the radio. When there is a fault in the re-broadcasting tunnel users complain about this.

The UPTUN driving simulator study [28] looked at the effect of prior instructions about emergency situations. It was found that even though people had just read a folder with the radio frequency to which they had to switch in case of incidents, they either did not use the radio, or they wanted to use it but they forgot the



souhaitaient l'utiliser mais avaient oublié la fréquence. Certaines personnes pensent que la réception de signaux à l'intérieur des tunnels est impossible (il est vrai que tous les tunnels ne sont pas équipés d'installations de rediffusion de la radio).

Vitesse, respect des distances et perception des panneaux

Noizet et Mourey [29] donnent le compte rendu d'une étude dans le cadre du projet français ACTEURS. Cette étude était destinée à mieux comprendre le comportement et les difficultés des usagers des tunnels lorsqu'ils se trouvent dans un tunnel dans des conditions normales.

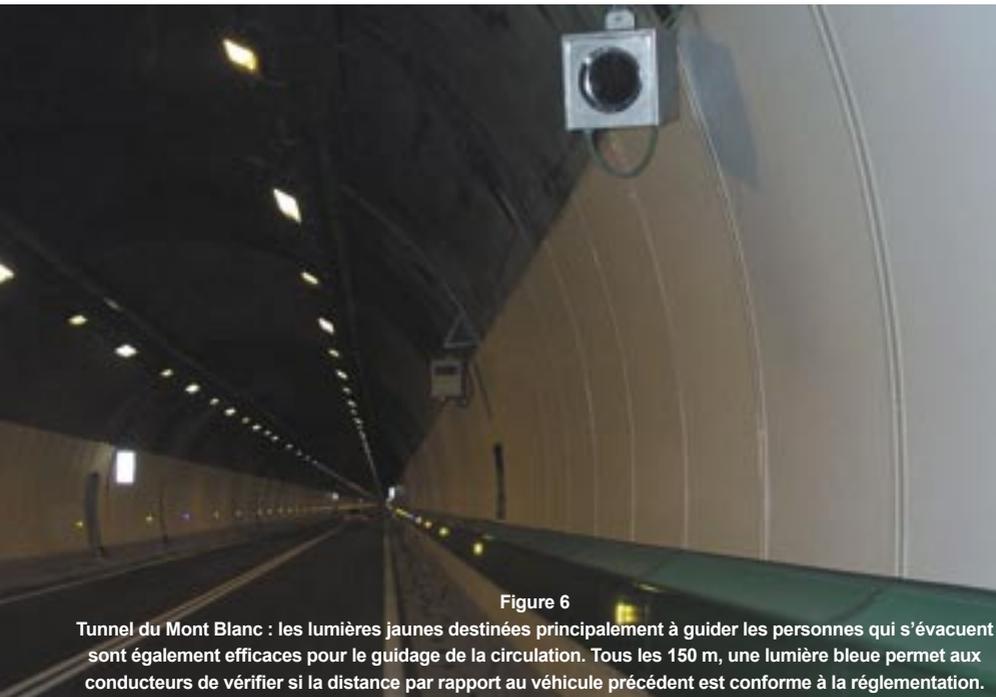


Figure 6

Tunnel du Mont Blanc : les lumières jaunes destinées principalement à guider les personnes qui s'évacuent sont également efficaces pour le guidage de la circulation. Tous les 150 m, une lumière bleue permet aux conducteurs de vérifier si la distance par rapport au véhicule précédent est conforme à la réglementation.

Les résultats suggèrent un manque général de connaissances ou des connaissances imprécises ("opinions") au sujet des équipements et de l'exploitation des tunnels, des règles de conduite particulières et du comportement adapté. Même les conducteurs professionnels avaient des connaissances très limitées au sujet des tunnels.

On a également observé que la plupart des usagers avaient des difficultés à percevoir les informations fournies avant et à l'intérieur du tunnel. Les usagers n'adaptent pas immédiatement leur comportement à l'environnement particulier du tunnel, il leur faut un certain temps.

frequency. Some people think they cannot receive any signal inside the tunnels (it is true that not all tunnels have radio rebroadcast facilities).

Speed, keeping distance and perceiving signs

Noizet and Mourey [29] report a study within the framework of the French ACTEURS project. The study was aimed at better understanding the actual tunnel users' behaviour and difficulties when driving in a tunnel under normal conditions.

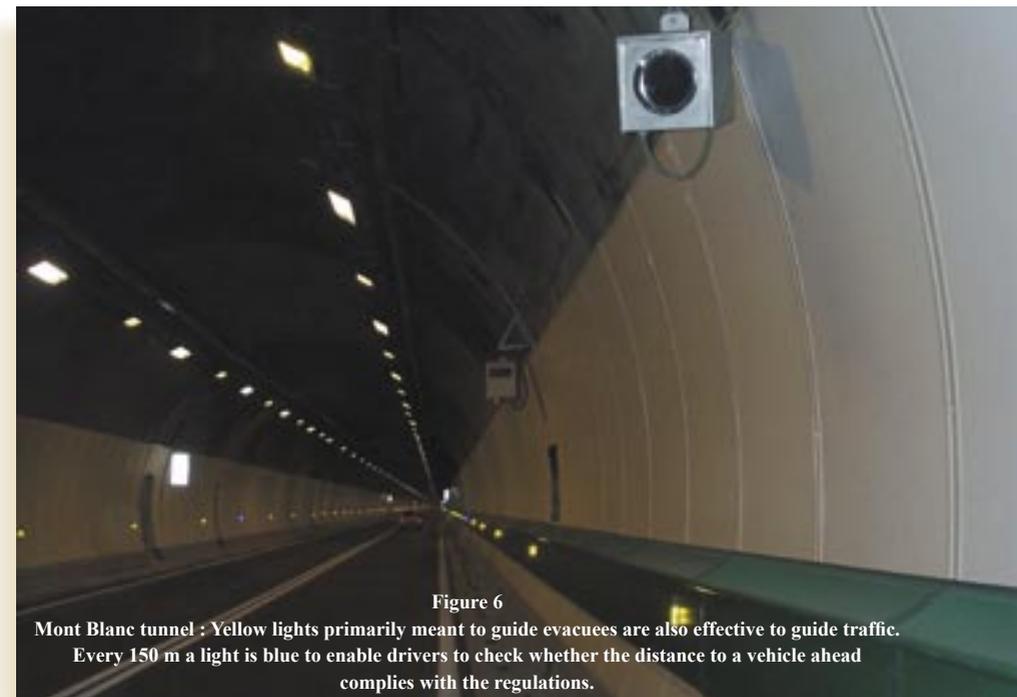


Figure 6

Mont Blanc tunnel : Yellow lights primarily meant to guide evacuees are also effective to guide traffic. Every 150 m a light is blue to enable drivers to check whether the distance to a vehicle ahead complies with the regulations.

Results suggest an overall lack of knowledge or inaccurate knowledge ("beliefs") of tunnel equipment and operation, specific driving rules and appropriate behaviour. Even professional drivers knew very little about tunnels.

It was also observed that most of the users had difficulties in perceiving information provided before and inside the tunnel. Users do not immediately adjust their behaviour to the specific tunnel environment; it takes a while.



Pendant la première partie du passage, ils cherchent à atteindre la vitesse maximale autorisée le plus rapidement possible et à ajuster la distance par rapport au véhicule qui précède. La disposition spéciale des lumières (une lumière bleue tous les 150 mètres) dans les tunnels du Mont Blanc et du Fréjus (*figure 6 page précédente*) destinée à faciliter le respect de la distance de sécurité n'était pas comprise.

Pendant la deuxième partie du passage, la conduite devient plus routinière, créant une sensation de monotonie. L'utilisateur cherche à lutter contre cette monotonie en observant plus attentivement l'environnement du tunnel ou par des distractions secondaires (changement de cassettes, etc.). Enfin, les usagers du tunnel plus court (Orelle) se concentrent sur la sortie du tunnel (en anticipant la limite de vitesse à l'extérieur) alors que les usagers du tunnel du Fréjus plus long font attention à l'infrastructure du tunnel, en commençant à repérer les postes de secours, les issues de secours etc.

Conditions météorologiques particulières

Il peut y avoir parfois du brouillard dans certains tunnels. La visibilité peut aussi être diminuée par la poussière. Ces phénomènes sont source de situations dangereuses.

► 2.5. SORTIE D'UN TUNNEL

Dans le cas des autoroutes dépourvues de jonctions à l'intérieur ou à proximité du tunnel, les panneaux directionnels ne sont pas nécessaires. S'il y a une jonction à l'intérieur ou juste après le tunnel et s'il existe plusieurs voies et plusieurs directions, les personnes peuvent hésiter sur la sortie ou la voie à emprunter, ce qui diminue la sécurité. En raison de la hauteur limitée, la signalisation directionnelle dans les tunnels est limitée par rapport à une route à l'air libre. Elle est même parfois absente. Les conducteurs qui ne connaissent pas la situation locale se demanderont où ils doivent quitter la route pour atteindre leur destination. Ils peuvent ralentir pour réfléchir ou choisir la mauvaise voie.

Dans certains tunnels longs où il est déjà possible de voir la sortie du tunnel, on a observé que les conducteurs sont tellement concentrés sur cette sortie du tunnel qu'ils ne font pas attention à l'intérieur ou aux équipements du tunnel.

Selon l'orientation du tunnel, la lumière du soleil peut provoquer un éblouissement.

Des conditions imprévues (pluie, brouillard, vents latéraux, embouteillages) à la sortie du tunnel peuvent surprendre les conducteurs et entraîner des incidents.

During the first part of the passage, they focus on reaching the maximum authorized speed as soon as possible and on adjusting the distance to the vehicle ahead. The specially designed arrangement of lights (every 150 m a blue light) in the Mont Blanc and Fréjus tunnels (*figure 6 previous page*) to aid keeping distance was not understood.

During the second part of the passage driving becomes more routine, establishing a feeling of monotony. The user seeks to counter this monotony either by observing the tunnel environment more closely or by secondary distractions (changing cassettes etc.). Finally users of the shorter tunnel (Orelle) concentrate on coming out of the tunnel (anticipating the speed limit outside) whereas the users of the longer Fréjus tunnel pay attention to the tunnel infrastructure, starting to notice SOS-stations, emergency exits etc.

Specific weather conditions

Inside some tunnels occasionally fog can be present. Also sight might be hindered by dust. This causes dangerous situations.

► 2.5. EXISTING A TUNNEL

In case of motorways in which there are no junctions inside or close to the tunnel, direction signs are not necessary. If there is a junction inside or just after the tunnel and there are several lanes and several route directions, people may hesitate what exit or lane to take, which decreases safety. Owing to the limited height, direction signing in tunnels is limited as compared to the open road. Sometimes it is even absent. Drivers who are not familiar with the local situation will question where they have to exit the road to arrive at their destination. They may slow down to think it out or may choose the wrong lane.

In some long tunnels where it is already possible to see the tunnel exit, it has been observed that drivers are so focussed on this tunnel exit that they do not pay any attention to the tunnel interior or equipment.

The orientation of the tunnel may be such that the glaring light from the sun causes dazzle.

Unexpected conditions (rain, fog, lateral winds, traffic jams) at the exit side of the tunnel can cause surprises and lead to incidents.