

2. EXPLOITATION DES TUNNELS ROUTIERS URBAINS EXISTANTS

Une bonne conception permet d'éviter bien des problèmes liés à l'exploitation des tunnels routiers urbains. Mais quelle que soit la solidité des prévisions utilisées pour la conception, la réalité n'en fait souvent qu'à sa tête. Malgré une conception bien étudiée, il n'est pas rare qu'après une ou plusieurs décennies d'exploitation d'un tunnel, le maître d'ouvrage se retrouve face à des défis de même nature que ceux décrits dans ce chapitre. Celui-ci contient donc des recommandations destinées aux exploitants de tunnels en exploitation depuis un certain temps. Si les solutions proposées dans ce chapitre ne débouchent pas sur les résultats voulus, une vaste remise en état peut s'avérer nécessaire. Le *chapitre 3, page 52* apporte alors des réponses car il traite de la conception des tunnels et de leur remise en état.

2. OPERATION OF EXISTING URBAN ROAD TUNNELS

Many problems connected with the operation of urban road tunnels can be prevented by an adequate design. However, no matter how robust the forecasts used for a tunnel's design are, reality has a habit of running its own course. After one or more decades of tunnel use, tunnel owners will more often than not find themselves facing challenges as described in this chapter, in spite of a thoroughly thought-out design. This chapter focuses on providing recommendations to operators of tunnels that have been in use for some time. If solutions as suggested in this chapter do not lead to the intended results, major refurbishment may be in order. *Chapter 3, page 53* will then bring answers since it deals with design of new tunnels and refurbishment.



► 2.1 RÉGULATION DU TRAFIC

2.1.1 Les défis

En termes de régulation du trafic, les défis auxquels les exploitants de tunnels routiers urbains doivent faire face sont les suivants :

- en général, le tunnel est le maillon stratégique et vital d'un réseau routier complexe ou bien il fait partie d'un réseau de voies urbaines. Cela conduit à un trafic difficile à gérer ce qui demande une attention soutenue et des opérateurs compétents ;
- les incidents qui perturbent la circulation peuvent avoir des conséquences graves, non seulement pour les personnes concernées et la circulation à l'intérieur du tunnel, mais aussi pour le réseau routier extérieur ;
- souvent, le tunnel est emprunté par la police et les services de secours, qui risqueraient d'être retardés s'ils empruntaient la voirie de surface ;
- le trafic entrant dans le tunnel présente parfois des pics et non pas un flot continu. Cela entraîne la perte de l'effet autorégulateur du flot continu et peut influencer négativement le comportement des usagers ;
- le trafic sortant peut être interrompu en aval de la sortie, et le bouchon peut alors remonter jusqu'à l'intérieur du tunnel. Cette situation peut très vite altérer la qualité de l'air et, dans le cas des tunnels sous-fluviaux, accroître la surchauffe des moteurs et les pannes de véhicules. En l'absence de capacité de ventilation suffisante, la qualité de l'air va très vite devenir un problème. De surcroît, un séjour prolongé à l'intérieur d'un tunnel peut créer du stress voire de la claustrophobie chez les usagers ;
- une voie d'accès au tunnel de faible longueur conjuguée avec un manque de place pour canaliser et retenir les véhicules pendant un incident à l'intérieur du tunnel provoque rapidement la congestion totale de l'ensemble des voies d'accès au tunnel et gêne gravement l'accès des secours. Il est conseillé de réserver, et de garder libres en permanence, des voies d'accès directes aux têtes du tunnel pour l'exploitant du tunnel et les services de secours.

2.1.2 Recommandations générales concernant la régulation du trafic

En raison de l'imbrication forte qui existe entre le tunnel et la voirie environnante, il est impératif que l'exploitant du tunnel ou son responsable d'exploitation du trafic soient associés à la gestion et à la régulation de l'ensemble du trafic urbain. Il est bon que cette tâche relève, si possible, d'une seule et même autorité.

L'exploitant doit être en liaison étroite avec l'autorité qui gère le trafic urbain. Cela doit permettre que les consignes d'exploitation établies pour assurer une

► 2.1 TRAFFIC CONTROL

2.1.1 Challenges

Challenges for operators of urban road tunnels connected to traffic control are:

- the tunnel is normally a strategic and vital link of a complex highway network or part of a city road network; traffic management can therefore be difficult and requires high attention and skilled operators;
- incidents that interrupt traffic flow can have serious consequences not only to those involved and to the traffic in the tunnel, but also on the surrounding road network;
- the tunnel will normally be used frequently by police and rescue services that otherwise might be delayed on open roads;
- entering traffic may approach the tunnel in waves rather than as a continuous stream such that the self-regulating effect of the constant stream is lost and driver behaviour may be adversely influenced;
- exiting traffic flow may be interrupted downstream of the exit portal leading to tailback congestion inside the tunnel. This can have a very rapid adverse effect on air quality and, in the case of underwater tunnels, lead to increased vehicle overheating and vehicle breakdowns. If there is no adequate ventilation capacity, air quality will quickly become a problem. Prolonged delay within the confines of a tunnel can also induce claustrophobic reaction and stress in vehicle occupants;
- short portal approaches together with the lack of space for marshalling and holding vehicles during an incident in the tunnel result in rapid total congestion of the tunnel approach highways and seriously hamper access to deal with any incident. Separate protected access routes direct to the tunnel portal should be provided and kept clear for the use of the tunnel operator and support services.

2.1.2 General recommendations for traffic control

Because of the close interaction between the tunnel and the surrounding roads, the tunnel operation manager (or his traffic operations manager) must have an active role in the wider urban traffic management and control function. If possible, the same authority should do this.

The operation manager must liaise closely with the urban traffic management and control authority to ensure that they all know and understand the operational



perturbation minimale de l'ensemble du réseau urbain en question soient connues et comprises par tous les acteurs concernés.

Une attention particulière doit être accordée aux véhicules de transport en commun s'ils empruntent le tunnel (réseau de lignes d'autobus, mise en place d'agencements provisoires, etc.), ainsi qu'aux besoins des services d'urgence (par exemple, mise en place de dispositifs permettant leur passage sous escorte à travers les zones de travaux pendant les fermetures temporaires).



Un PC de gestion de trafic

De même, l'exploitant doit s'assurer que les autres autorités impliquées dans la gestion de trafic du réseau urbain disposent du maximum d'information sur les situations particulières qui nécessitent des mesures de gestion du trafic, voire de fermeture des voies susceptibles d'altérer l'écoulement normal du trafic en direction, à l'intérieur ou à la sortie d'un tunnel.

Les fermetures programmées du tunnel doivent être coordonnées avec d'éventuels travaux sur les itinéraires de déviation. De même, l'autorité qui gère le trafic urbain doit être informée des fermetures imprévues pour pouvoir commencer à dévier la circulation.

Il est également très important qu'en cas de fermeture de voie ou d'autres mesures influant sur la circulation dans le tunnel, le régulateur du trafic urbain ou l'autorité responsable annoncent la mesure au plus tôt, par tous les moyens de

restrictions to ensure minimal disruption to the normal transport/travel network of the urban area.

Special consideration must be given to public transport vehicles, if they are using the tunnel (e.g. the bus service network and the provision of temporary arrangements). Special consideration must also be given to Emergency Services' needs (e.g. special arrangements may be possible for Emergency services' vehicles to have escorted passage through work areas during temporary closures).



Traffic management center

Likewise, the operation manager must ensure that other authorities involved in the management of traffic on the urban network have maximum notice of special events that will require traffic management and/or road closures that could in any way affect the normal flow of traffic to, through or from any tunnel.

Planned closures must be coordinated in advance with possible work on the roads used for rerouting traffic. Unplanned closures must also be coordinated with the city traffic control centre, to start rerouting traffic.

It is also very important that the urban traffic controller, or other responsible authority in respect of any highway closures or other factors that affect tunnel traffic, give advance publicity by all reasonable means to the tunnel users, the



communication disponibles, aux usagers du tunnel, aux entreprises de transport et aux associations d'automobilistes. Des recommandations concernant la communication sont données au [paragraphe 2.4, page 42](#).

Même avec un système de gestion du trafic, la probabilité d'avoir régulièrement des embouteillages dans un tunnel urbain est élevée. Ces embouteillages constituent un problème sérieux qui doit être pris en compte dans l'analyse de la sécurité, le plan d'intervention d'urgence et les études de ventilation.

2.1.3 Recommandations concernant la fermeture des tunnels

Procédure de fermeture

Toutes les fermetures devraient être exécutées en respectant une procédure pré-établie. Cela signifie que toutes les situations susceptibles de conduire à une fermeture devraient être prises en compte par la procédure :

- nature de l'incident (véhicule en panne, animaux, débris sur la chaussée, etc.),
- situation d'urgence (collisions, incendie ou accident grave),
- perte de fonctions vitales du tunnel (pannes techniques),
- fermeture constituant la première étape de travaux d'entretien,
- rénovation ou travaux d'entretien de grande ampleur.

La première réaction à un incident consiste à essayer d'apprécier si une fermeture totale est nécessaire ou s'il suffira de fermer une voie. Dans le doute, il est conseillé de procéder à une fermeture totale. Selon la durée prévisionnelle de la fermeture, une déviation devra, peut-être, être mise en place.

Autant que faire se peut, il est important d'utiliser les mêmes procédés, aménagements de chaussée et équipements (signalisation, etc.) pour chaque configuration de gestion du trafic et de les concevoir de telle sorte qu'ils puissent être utilisés dans toutes les situations de fermeture. Grâce à cela, le personnel et les usagers habituels du tunnel peuvent se familiariser avec les dispositifs mis en place. Il faut noter que le matériel de gestion du trafic sera mieux entretenu et plus fiable s'il est utilisé régulièrement.

Il est recommandé qu'une seule entité ait la maîtrise des fermetures et réouvertures, de préférence l'exploitant du tunnel.

Choix du moment pour une fermeture programmée d'un tunnel

Quelles que soient les conditions de fermeture d'un tube, cette opération entraîne toujours une perturbation de la circulation, surtout en zone urbaine. Dès lors, il est préférable de choisir des périodes de faible trafic, lesquelles se situent le plus

transport industry and motorist organisations. See [section 2.4, page 43](#) for recommendations on communication.

Even if there is a traffic management system, the probability to have regular traffic jam in an urban tunnel is high. Traffic jam in a tunnel is a serious problem which has to be taken into account in the Safety Analysis, the Emergency Response Plan and the ventilation studies.

2.1.3 Recommendations for tunnel closures

Closure procedure

All closures should be performed according to planned procedures. This means that the closure procedure should be described so that it is adequate for closures for all situations that may occur:

- incident conditions (vehicle breakdown, animals, debris on road, etc.);
- emergency conditions (crashes, fire or severe accident);
- loss of critical functions of the tunnel (technical failures);
- closure as the first step in maintenance activities;
- renovation or major maintenance activities.

The first response to any incident will be to try to assess the incident: is total closure necessary, or does a lane closure suffice? When in doubt, a total closure is recommended. Depending of the anticipated duration of the closure, traffic rerouting procedures may be put into operation.

It is important to use the same processes, arrangements and equipment (signing, etc.). As consistently as possible for each traffic management setup, and to design these so that they can be used for all abovementioned situations. By these means, both the tunnel personnel and the regular tunnel users will become familiar with the arrangements. Also, traffic management equipment will be better maintained and more reliable if it is regularly used.

It is recommended that only one authority controls any closure and re-opening, preferably the tunnel operator.

Timing of tunnel closures

Whatever the conditions of a tunnel tube closure may be, this will induce disturbance to traffic, especially in urban areas. It will therefore be better to choose periods of low traffic. Most often these periods are during the night and at



souvent la nuit et durant le week-end. Il est impératif de prendre des précautions particulières pour les travaux de nuit et pour la protection des zones de travail et des ouvriers, car les automobilistes font parfois preuve de laxisme et la probabilité d'accidents de la circulation est plus élevée.

La durée prévisible de fermeture du tube de tunnel devrait être prise en considération et correspondre aux périodes de faible trafic.

Types de fermeture

Les différentes possibilités de fermeture sont récapitulées dans le *Tableau 1, page suivante*.

La **fermeture totale** (de tous les tubes du tunnel) a l'avantage de garantir un très haut niveau de sécurité des équipes d'entretien, puisque aucun usager ne peut pénétrer dans le tunnel. De plus, les équipes de travaux peuvent intervenir sur toutes les installations, sur toute la longueur du tunnel. Enfin, l'exploitant peut profiter d'une fermeture totale pour réaliser simultanément plusieurs activités différentes en divers points du tunnel et les équipes de travaux peuvent se déplacer facilement et sans danger d'un chantier à l'autre.

Pour l'usager, ce type de fermeture est contraignant, car il rend inévitable un itinéraire de déviation. Par conséquent, la fermeture totale est avantageuse pour l'exploitant (sécurité du personnel et efficacité pour les travaux), mais moins intéressante pour l'usager.

La **fermeture partielle** (fermeture d'un ou plusieurs tubes ou voies) représente une solution de compromis. En effet, lorsqu'un itinéraire de déviation est difficile à mettre en place, on peut réduire le trafic sans l'annuler complètement, ce qui n'entraîne qu'une gêne limitée pour l'usager. En revanche, les conditions de travail du personnel qui intervient en tunnel sont plus mauvaises du point de vue de la sécurité. De plus, la facilité de déplacement des intervenants et du matériel est moindre. Qui plus est, les opérations d'entretien ne peuvent porter que sur les installations auxquelles il est possible d'accéder depuis la ou les voies fermées.

Si l'on a recours à la fermeture de voies, il est conseillé de toujours commencer avant l'entrée du tunnel et de fermer la ou les voies sur toute la longueur du tunnel. Toutefois, dans le cas des tunnels longs, il peut être avantageux de permettre aux usagers d'utiliser toutes les voies une fois qu'ils ont passé l'ensemble des chantiers.

Il est conseillé de commencer par rabattre le trafic sur la voie où les véhicules se déplacent le plus lentement, puis de le faire passer sur la voie disponible au droit

weekends. Special care must be taken for night-time working and the protection of work areas and work people, as driving standards are sometimes lower and the likelihood of traffic accidents is higher.

The foreseeable duration of the tunnel tube closure should be considered and matched to the periods of low traffic.

Types of closure

The options for closure are summarized in *Table 1, next page*.

Total closure (of all tunnel tubes) has the advantage to guarantee a very high safety level to the maintenance teams, because no user can enter the tunnel, also, these teams can work on all facilities throughout the full length of the tunnel. Lastly, the operator can benefit from the total closure to perform several different activities simultaneously at various points inside the tunnel and the movement of the teams from one worksite to another is easy and safe.

For the user, this type of closure is constraining, because a deviation route becomes obligatory. A total closure therefore is advantageous for the operator (personnel safety and action efficiency) but less convenient for the user.

Partial closure (closing one or more lanes or tubes) represents a compromise solution. When a deviation route is difficult to set up, the traffic capacity is reduced without being completely cancelled; thus the inconvenience to the user is limited. On the other hand, the personnel working on the facilities have worse working conditions from the safety viewpoint and less flexibility in moving people and equipment. Moreover, the maintenance actions can only concern those facilities, which can be accessed to from the closed lane(s).

Where lane closures are used, they should always start before the entrance portal. Preferably they should be for the full length of the tunnel. But in the case of longer tunnels it may be advantageous to allow traffic to diverge and use all lanes once clear of all of the work sites.

Traffic should first be merged into the slower moving lane, then moved to the lane available at the incident site before entering the tunnel. However, in urban tunnel



TABLEAU 1. AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE CHAQUE TYPE DE FERMETURE DE TUNNEL COMPTE TENU DES CRITÈRES MENTIONNÉS				
Types de fermeture	Influence sur le trafic	Conditions pour les usagers	Sécurité de travail pour le personnel de maintenance	Simultanéité de chantiers
Fermeture totale				
La totalité du trafic est déviée	Très forte	Éventuellement, itinéraire de déviation long ou embouteillages	Bonne	Possible
Trafic arrêté aux têtes du tunnel, puis convoyé à travers les zones de travail à des moments prédéfinis	Moyenne à forte	Capacité réduite et retard (convoi)	Bonne, mais avec risque d'interruptions	Possible, mais peut rendre le convoyage plus difficile
Fermeture partielle				
Une voie fermée	Moyenne	Capacité réduite dans un sens	Mauvaise (présence de trafic) Exposition à la pollution	Difficile
Un tube fermé, trafic dévié	Forte dans un sens	Dévié dans un sens	Bonne	Possible dans un seul tube
Un tube fermé, trafic bidirectionnel dans l'autre tube	Forte (il pourrait y avoir des problèmes de sécurité)	Capacité réduite dans les deux sens	Bonne	Possible dans un seul tube

TABLE 1. ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF EACH TYPE OF TUNNEL CLOSURE IN VIEW OF THE MENTIONED CRITERIA			
Types of closure	Influence on traffic	Conditions for the users	Working safety for the maintenance personnel
Total closure			
All traffic diverted	Very high	Possibly long deviation route or congestions	Good
Traffic held at portals and convoyed through work areas at pre-set times	Medium to high	Reduced capacity and delay (convoy)	Good but with risk of interruptions
Partial closure			
One lane closed	Medium	Reduced capacity in one direction	Poor (presence of traffic) Exposure to pollution
One tube closed, traffic diverted	High in one direction	Deviation in one direction	Good
One tube closed, bi-directional traffic in other tube	High (we might have safety problems)	Reduced capacity in both directions	Good
			Difficult
			Possible in one tube
			Possible in one tube



de l'incident avant l'entrée dans le tunnel. Mais cela n'est pas toujours possible aux abords d'un tunnel urbain. C'est une évaluation des risques qui peut donner la méthode la plus sûre en fonction de la situation.

Une situation de fermeture partielle qui impose aux véhicules de changer de voie à l'intérieur du tunnel n'est pas recommandée, mais dès lors qu'elle est nécessaire, il faut utiliser les équipements de gestion du trafic² pour limiter la circulation à une seule file.

Dans les tunnels à deux ou plusieurs tubes, il est possible de fermer un tube complètement et de mettre en place soit un itinéraire de déviation, soit une circulation bidirectionnelle dans l'autre tube. Le tube fermé présente les avantages d'une fermeture totale en termes de sécurité du personnel d'entretien, de possibilité de mener plusieurs chantiers à la fois et de facilité de déplacement d'un chantier à l'autre.

Si une circulation bidirectionnelle est mise en place dans l'autre tube, les usagers ne sont alors pas obligés d'emprunter une déviation. Ce type de fermeture exige des installations de signalisation et de ventilation permettant l'exploitation de chaque tube dans les deux sens. De plus, il oblige généralement les usagers à conduire dans un tube dans le sens contraire de celui auquel ils sont habitués. Ce changement de sens, en cas d'exploitation bidirectionnelle d'un tube unique, peut provoquer des situations éventuellement à risque, mais qui peuvent être atténuées par le recours à des PMV³ et à des signaux d'affectation de voie sur portique. Dans le cas des tubes à trois voies, il est conseillé d'interdire, si possible, la circulation sur la voie médiane afin de faire de celle-ci une zone tampon de sécurité.

L'autre solution consiste à combiner la fermeture d'un tube avec la mise en place d'un itinéraire de déviation, l'autre tube continuant alors à être exploité à sens unique. Si l'on fait ce choix, il faut traiter les questions de sécurité sur l'itinéraire de déviation.

Méthodes de fermeture d'un tunnel

Le tunnel peut être fermé :

- manuellement par les équipes de l'exploitant, en l'absence d'un système de fermeture automatique ;
- par télécommande depuis le poste de contrôle-commande (PCC), mais seulement s'il existe des dispositifs adaptés ;
- par une combinaison des deux méthodes qui précèdent.

² Ce matériel comprend les cônes, les panneaux (PMV), les barrières, les véhicules, etc.

³ PMV: panneaux à message variable

approches this is not always possible. A risk assessment can result in the safest method for the situation.

The situation of partial closure, where traffic is required to change lanes inside the tunnel, is not recommended, but where it is necessary, traffic management equipment² must be used to keep the flow of traffic restricted to a single file.

In tunnels with two or more tubes, it is possible to close a tube completely and either establish bi-directional traffic in the other tube or establish a deviation route. The closed tube offers the advantages of a total closure in terms of safety for maintenance personnel, possibility to conduct several worksites, and easy displacement from one worksite to the other.

If bi-directional traffic is established in the other tube, the users do not have to follow a deviation route. This type of closure requires signage and ventilation facilities that allow the one-way or two-way operation of each tube. Also, it usually leads to the users driving in opposing directions within a tube where they are accustomed to drive in only one direction. This change in the mode, for one tube operation, can induce potentially risky situations that can be reduced by the use of VMS³ and overhead lane control signs. In the case of three-lane tubes, the centre lane should, if possible, be kept free of traffic as a buffer safety zone.

As an alternative, closing one tube can be combined with installing a deviation route; the other tube then remains operated as a one-way tube. When making this choice, the safety issues on a deviation route have to be addressed.

Methods of tunnel closure

The tunnel can be closed:

- manually by the operator's teams when there is no automatic closure system;
- by remote control from the control room, but only when adequate facilities are available;
- by combination of the two previous methods.

² Equipment may include cones, signs (VMS), barriers, vehicles, et cetera.

³ VMS: Variable Message Signs



S'il est vrai que l'équipement de fermeture automatique télécommandé peut être très onéreux, il permet cependant, en exploitation, de gagner du temps et de réduire les coûts de chaque fermeture. Un système de fermeture automatique présente également l'avantage de limiter les activités manuelles et, par voie de conséquence, de réduire les risques auxquels est exposé le personnel de l'exploitant. En revanche, les systèmes de fermeture automatiques impliquent que les usagers les respectent et adoptent un mode de conduite raisonnable.

Par conséquent, la décision d'installer un système de fermeture automatique (ou fortement automatisé) dépend du nombre de fermetures programmées annuellement, mais aussi de la configuration des abords du tunnel. Un autre point à considérer est l'utilisation éventuelle de ce dispositif à d'autres fins, comme la gestion du trafic en cas d'incidents ou de situations d'urgence. Avoir le même matériel et les mêmes procédures pour tous les usages permet de bien les connaître et d'avoir confiance dans leur fonctionnement.

La période de transition entre une circulation normale et une situation de trafic réduit est le moment le plus dangereux. Pour s'assurer d'une régulation sûre du trafic tout au long de la séquence, il est impératif de procéder à une préparation et une exécution très minutieuses.

Constituants d'un système de fermeture

Dans la plupart des cas, le système de fermeture se compose des éléments suivants :

- de la signalisation, implantée aux abords du tunnel, destinée à informer les usagers de la fermeture ou de la déviation mise en place (indications sur la distance séparant de la fermeture, PMV) ;
- un ou plusieurs panneaux à message variable (PMV) informatifs pour expliquer les motifs de la fermeture aux usagers ;
- des dispositifs de fermeture, avec notamment des panneaux de prescription, des feux, des signaux d'affectation de voie, de préférence complétés par des barrières physiques et/ou des cônes ;
- des barrières de protection à l'intérieur du tunnel pour protéger les chantiers qui seraient réalisés dans un tube sous circulation (pour les travaux de courte durée, un véhicule atténuateur d'impact constitue une solution efficace).

Il est impératif d'utiliser le système de vidéosurveillance existant, afin de s'assurer qu'il n'y a aucune circulation qui gêne le fonctionnement du système de fermeture (par exemple les barrières).

Remotely controlled automatic closure equipment can have significant cost, but in terms of operating conditions can save time and cost for each closure. Another advantage of an automatic closure system is that the manual activities are limited and thus the risks encountered by the operator's personnel are reduced. However, automatic closure systems do rely upon driver compliance and reasonable driving standards.

Consequently the decision to install an automatic (or highly automated) closure system will depend on the number of closures scheduled yearly. It will also depend on the physical layout of the tunnel approaches in front of the portals. Another point to consider is the possible use of this type of system for other purposes, such as traffic management for incidents and emergencies. The same equipment and procedures for all purposes creates familiarity and confidence in its use.

The transitional period between normal traffic flow and reduced traffic flow is the most dangerous time. Very careful planning and execution is required to ensure that safe traffic control is maintained throughout the procedure.

Components of a closure system

In most cases a closure system includes:

- approach signing aimed at informing the users of the closure or diversion ahead (countdown markers, VMS);
- information as one or several Variable Message Signs (VMS) to explain the closure causes to the users;
- closure devices including signs, lights, direction arrows and lane indicators, preferably supplemented by physical barriers and/or cones;
- protective barriers inside the tunnel to protect the work site where work personnel and traffic are present in the same tube (for short duration works, a crash cushion vehicle is an effective alternative).

The existing CCTV⁴ system must be used to ensure that there is no traffic in the way of the closure system components (such as barriers).

⁴ Closed Circuit Television



En plus de cela, si le tunnel fait partie d'un réseau routier urbain, on peut agir sur la régulation du trafic aux carrefours principaux situés en amont, pour informer davantage sur les itinéraires de déviation et réduire la congestion. Dans la mesure du possible, il est conseillé de diffuser des informations sur l'état de la circulation sur un périmètre étendu. On peut ainsi renseigner les automobilistes sur les itinéraires à suivre à des points de choix appropriés situés à distance sur le réseau routier.



Illustration d'activation, à distance, d'itinéraire de déviation

Certains tunnels peuvent nécessiter des dispositifs particuliers, comme des panneaux de limitation de la vitesse ou un système automatique avertisseur de bouchon.

Quelques exemples de fermetures



L'annexe A, page 98 donne des exemples de mesures de régulation du trafic pour la fermeture d'un tube de tunnel et d'une voie de circulation.



Example of a remote activation of an alternative route

In addition to this, where a tunnel is part of an urban highway network, a wider cordon of traffic control at key junctions can be employed. This will give wider notice of diversion routes and reduce congestion. Where possible, wide-area traffic information should be used to give drivers alternative route information at appropriate distant major junctions on the highway network.

Specific tunnels may have special needs such as speed reduction signs or an automatic queue warning system.

Some closure examples



Appendix A, page 98 shows examples of the traffic control measures involved in closing one tunnel tube and one traffic lane.



► 2.2 ENTRETIEN

2.2.1 Les défis

D'après les précédents rapports de l'AIPCR [1], on peut classer l'entretien dans les catégories suivantes :

- entretien correctif ;
- entretien préventif :
 - périodique,
 - selon des indicateurs.

Une bonne partie des travaux d'entretien est cyclique et répétitive et est planifiée sous forme de programme de longue durée.

Par ailleurs, un autre type de travaux est exécuté occasionnellement :

- les travaux d'aménagement et d'amélioration préétablis.

Sur le plan de l'entretien, les défis auxquels les exploitants de tunnels urbains doivent faire face sont les suivants :

- les possibilités de procéder à des inspections, à l'entretien et au nettoyage ainsi qu'à d'autres travaux dans le tunnel peuvent être plus difficiles que dans des tunnels interurbains, en raison du trafic constamment élevé ;
- le tunnel routier urbain et tous ses équipements (mécaniques et électriques), ainsi que les systèmes de surveillance et de contrôle sont susceptibles d'être nettement plus nombreux et complexes qu'ils ne le sont généralement pour les tunnels interurbains ;
- plus le trafic est intense, plus le niveau de pollution est constant et élevé, ce qui impose un entretien accru. De même, un trafic plus intense peut entraîner plus d'accidents avec une dégradation des équipements du tunnel, lesquels doivent ensuite être réparés.



Lavage des piédroits

► 2.2. MAINTENANCE

2.2.1 Challenges

According to previous PIARC reports [1] maintenance can be categorized into the following types:

- corrective maintenance;
- preventive maintenance:
 - Periodic,
 - Condition based.

Much maintenance work is cyclical and repetitive and will be planned as a long-term programme.

In addition, another type of work will be done occasionally:

- pre-planned development and improvement work.

Challenges for operators of urban road tunnels connected to maintenance are:

- opportunities to carry out inspections, maintenance and cleaning as well as other work in the tunnel can be more difficult than on interurban tunnels due to the constant high traffic;
- an urban road tunnel and all of its mechanical and electrical services plus monitoring, surveillance and control systems, are likely to be significantly more comprehensive and complex than they normally are for tunnels situated in rural areas on major inter urban routes;
- the higher the traffic intensity, the more constant and higher the level of pollution which creates the need for increased maintenance. Also, more traffic may lead to more accidents where the tunnel equipment is damaged and therefore needs to be repaired.



Washing side walls



La complexité de l'entretien est amplifiée par la circulation. En raison du niveau globalement élevé du trafic journalier et de sa composition, il est difficile d'introduire les restrictions de la circulation nécessaires pour permettre aux ouvriers d'accéder aux zones de chantier et de travailler en toute sécurité. Plus le tunnel est long, plus ce problème est délicat et le coût des interventions élevé.

2.2.2 Recommandations concernant l'entretien

On trouvera dans le rapport de l'AIPCR [1] des recommandations générales sur l'entretien des tunnels. Les travaux d'entretien ordinaire associés aux infrastructures routières sont en outre largement applicables aux tunnels, à ceci près que les spécificités des tunnels routiers urbains et leurs installations nécessitent une considération particulière.

But de l'entretien

Il convient de définir un niveau d'entretien convenable pour un tunnel routier. Cela peut être fortement influencé par des pressions politiques et économiques. Mais indépendamment de cette considération, il est tout de même nécessaire de fixer des objectifs et des principes communs afin que tous les intéressés comprennent et acceptent l'entretien.

Ce but peut être exprimé comme suit :

“L'entretien d'un tunnel a pour but d'assurer aux usagers une circulation en sécurité en maintenant le tunnel au niveau de sécurité prévu.”

Ce but doit être atteint sans risque pour la population avoisinante, le personnel d'entretien, les usagers du tunnel et l'environnement. Il doit également être atteint sans investir inutilement et sans gêne pour l'utilisateur.

Opérations d'entretien

Avant de commencer l'entretien proprement dite, il est recommandé de vérifier que les procédures ont été suffisamment planifiées et que les décisions nécessaires ont été prises. De fait, une activité d'entretien devrait respecter les étapes suivantes :

- préparation :
 - contenu, ressources et durée des travaux,
 - gestion du trafic et information du public,
 - coordination avec les autres autorités,
 - plans d'intervention d'urgence (par exemple, pour les incidents durant les travaux d'entretien) ;
- décision par l'exploitant du tunnel et les autres autorités concernées : approbation du plan ;

The complexity of the maintenance is amplified by the traffic. The generally high level of traffic intensity and the daily traffic patterns make it difficult to introduce traffic restrictions which may be necessary to allow access and working space for the maintenance workers and equipment to safely carry out the necessary work. The longer the tunnel is, the more difficult this problem and the higher the costs.

2.2.2 Recommendations for maintenance

General recommendations for maintenance in tunnels can be found in PIARC report [1]. Ordinary maintenance operations associated with the highway infrastructures are also largely applicable to tunnels. However, the specific features of urban road tunnels and their facilities require particular consideration.

Maintenance goal

It is necessary to define the goal of achieving a proper standard of maintenance for a road tunnel. This goal may be greatly influenced by political and economical pressures. However, disregarding this consideration it is still necessary to establish common objectives and principles in order that all parties and stakeholders understand and accept the maintenance.

Such a goal might be expressed as:

“The goal of the tunnel maintenance is to ensure safe driving conditions for the public by keeping the tunnel at the designed safety standard.”

This goal has to be obtained without risk to the neighbouring population, the maintenance workers, the tunnel users and the environment. It must also be achieved without unnecessary invested capital and inconvenience.

Maintenance process

Before starting the actual maintenance, make sure the process is adequately planned and a decision is made. As a result, a maintenance activity should have the following sequence:

- planning:
 - work content, resources and duration,
 - traffic management and public information,
 - coordination with other authorities,
 - contingency plans (e.g. for incidents during maintenance work);
- decision by tunnel management and other authorities involved: approval of the plan;



- exécution :
 - fermeture du tunnel,
 - mise en place du chantier,
 - exécution des travaux d'entretien ;
- approbation des travaux exécutés ;
- démontage du chantier et inspection de sécurité ;
- ordre de réouverture ;
- réouverture du tunnel à la circulation normale ;
- rédaction d'un rapport et conservation des données.

La bonne exploitation d'un tunnel doit également prévoir un "plan de continuité de l'activité" qui énonce les conséquences d'une panne de matériel ou d'alimentation électrique et les mesures (déclenchées automatiquement, si possible) qui s'imposent pour assurer la continuité de l'exploitation et la sécurité. De plus, ce plan traite les aspects relatifs à la criticité et à la réactivité nécessaires pour engager des actions d'entretien correctif (réparation ou échange standard) après la panne d'un équipement.

Malgré toutes les mesures qui peuvent être prises pour minimiser les conflits entre les exigences du trafic et les besoins d'accès pour les travaux d'entretien, il en reste toujours quelques uns. Il est cependant possible de gérer les conflits résiduels en assurant des liens étroits entre les services en charge de la circulation et les responsables de l'entretien du tunnel.

En principe, le besoin d'accès pour l'entretien et la protection des zones de travail nécessite une certaine régulation du trafic et, éventuellement, une fermeture partielle ou totale avec déviation de la circulation (voir [point 2.1.3, page 18](#)).

Il faut veiller à consigner tous les travaux d'entretien dans des registres prévus à cet effet, afin de toujours disposer d'informations et de spécifications techniques actualisées et adaptées. Ainsi, des éléments renseignant sur les pannes propres à certains matériels peuvent être extrêmement utiles pour des études futures.

Personnel d'entretien

Les travaux d'entretien sont réalisés plus efficacement si le personnel affecté à ces travaux est organisé et formé de manière à constituer une structure performante. L'exploitant du tunnel a besoin de personnel spécialisé en entretien, soit pour faire effectuer les travaux par son personnel soit pour vérifier que des intervenants extérieurs les effectuent convenablement. Si des entreprises extérieures sont chargées de l'entretien, il est conseillé de veiller à toujours conserver une connaissance suffisante des caractéristiques et des équipements du tunnel.

- execution:
 - closure of the tunnel,
 - setting up the work site,
 - execution of the maintenance work;
- approval of work executed;
- work site removal and safety inspection;
- order to re-open;
- re-opening the tunnel for normal traffic;
- reporting and recording.

A well managed tunnel operation will also have a 'Business Continuity Plan' which sets out the consequences of failure of critical plant, equipment and power supplies and actions (automatically triggered where possible) which are required to ensure continuity of operation and safety. This plan will also inform decisions relating to the criticality and speed of response required to deal with corrective maintenance (repair or replacement) after an operational breakdown of equipment.

Despite all possible measures to minimise the conflicting needs of the traffic and access for maintenance activity, there will always be some. The impact of this remaining conflict must be managed by close liaison between the appropriate traffic authorities and the tunnel maintenance managers.

The need for maintenance access and protection of work areas will normally require some traffic control and possibly partial or full closures and traffic diversion (see [section 2.1.3, page 19](#)).

Proper records must be kept of all maintenance work to ensure that adequate up-to-date information and technical specifications are always available. Component-specific failure data can be extremely useful for future design.

Maintenance personnel

Maintenance operations are more effectively done if the maintainers are organized and trained to provide an efficient structure. Any tunnel operator requires personnel dedicated to maintenance and conservation tasks, either to carry out the work itself or to ensure that others properly do it. If contractors perform the maintenance work, care should be given to keeping a sufficient level of knowledge of the tunnel structure and equipment.



Pour des raisons économiques, il est conseillé de partager ces moyens avec d'autres exploitants routiers, en charge d'un autre tunnel ou d'itinéraires à l'air libre. Il faut, pour chaque cas particulier, définir les dispositions optimales et choisir un emplacement de stockage adéquat du matériel d'entretien.

Différentes solutions peuvent être adoptées pour l'entretien préventif des équipements, notamment en utilisant le personnel de l'exploitant du tunnel ou en passant des contrats avec des sous-traitants spécialisés. Chacune de ces solutions a ses avantages, encore que l'on constate un recours croissant à la sous-traitance externe.

Beaucoup des techniques utilisées pour l'entretien des équipements d'un tunnel, de même que les équipes d'entretien qui interviennent, sont très spécialisées. Il n'est pas rare que de nombreux travaux soient sous-traités mais, en tout état de cause, il est indispensable de disposer d'une petite équipe disponible en permanence (en interne ou en externe) et capable, en cas d'urgence, d'effectuer une première intervention d'entretien sur un équipement. Il est appréciable que cette équipe possède également des connaissances suffisantes pour réaliser une partie de l'entretien préventif ou correctif de premier niveau, voire effectuer un diagnostic sur des défaillances graves. Une telle équipe permet de gagner beaucoup de temps et d'argent pour des réparations importantes.

► 2.3 GESTION DES INTERVENTIONS

Cette partie traite des événements les plus fréquents qui contrarient l'exploitation, à savoir les pannes de véhicules, les collisions de véhicules et, occasionnellement, des débris sur la chaussée. Elle n'aborde pas les situations où on a détecté un incendie ou un dégagement de substances dangereuses, situations qui devraient être traitées par ailleurs dans le plan d'intervention d'urgence du tunnel.

2.3.1 Les défis

L'objectif primordial et la responsabilité de l'opérateur pendant un incident consistent à détecter et identifier celui-ci dès que possible et à prendre les mesures qui s'imposent. Le traitement d'un incident vise à en limiter la propagation, aider les automobilistes à évacuer le tunnel, alerter et aider les sauveteurs.

Les difficultés ou les retards résultant de la fermeture d'une voie ou d'un tube de tunnel urbain influent fortement sur l'environnement local.

For economical reasons, it is recommendable that these resources are shared with other highway sections, either other tunnel or open sections. Each particular case must establish the optimum arrangements, and the suitable location of the equipment used for maintenance.

Different solutions can be adopted for preventive facility maintenance, using the tunnel operator's own staff, or other service companies who render maintenance services on the basis of a contract drawn up with the main operator. Either solution can be equally suitable, although there is an increasing tendency towards outsourcing.

Many of the techniques implied in maintaining tunnel equipment and teams are very specialized. Many operations will often be subcontracted. In any case, a minimum permanent team must be available (subcontracted or internal) and be able to perform an initial maintenance intervention on any element or system in emergency. It is convenient if such a team also has adequate knowledge to carry out part of first level preventive or corrective maintenance and to carry out a diagnosis on serious breakdowns, thereby saving much time and money in important repairs.

► 2.3. INTERVENTION MANAGEMENT

This section relates to the most frequent events that impede the operation, i.e. vehicle breakdowns, vehicle crashes, plus occasionally debris on the roadway. It does not deal with situations where fire or release of hazardous substances has been detected; such situations should be otherwise covered by the tunnel emergency plan.

2.3.1 Challenges

The operator's primary aim and responsibility during an incident is to detect and identify it as early as possible and initiate the appropriate response. The response to any event is to try and limit further escalation, help drivers escape and alert and help the rescue services.

Difficulties or delays as a consequence of closing a lane or a tube of an urban tunnel will have a great influence on the local community.



2.3.2 Recommandations concernant la gestion des interventions

Dans les tunnels à fort trafic, l'utilisation de la DAI⁴ associée à la télésurveillance du trafic ainsi que d'autres systèmes de détection avertissent l'opérateur en cas d'anomalies. Les patrouilles routières ou les équipes d'intervention peuvent alors réagir rapidement, se rendre sur les lieux et apporter une première aide. Ces équipes constituent la première réponse à la plupart des incidents liés à la circulation.

Pour avoir un maximum d'efficacité, les patrouilles routières devraient être équipées et formées pour s'occuper des incidents ordinaires. Ceci peut notamment comprendre les moyens de tracter tous les véhicules qui peuvent être remorqués sans danger, en fonction de la taille et du poids maximum admissible par le véhicule de patrouille. Une capacité de 3 à 3,5 tonnes est suffisante pour la prise en charge de toutes les voitures et utilitaires légers ; elle peut être obtenue si on utilise un gros 4 x 4 (dont de nombreux modèles sont disponibles).

La patrouille routière décrite ci-dessus peut être constituée par du personnel de l'exploitant ou par l'intermédiaire d'une entreprise spécialisée.

Lorsque l'incident ne peut être traité uniquement avec les véhicules de la patrouille routière, l'utilisation de camions de remorquage ou de véhicules spéciaux peut s'avérer nécessaire. Cela dépend de la taille et du type des véhicules impliqués dans l'incident et de l'ampleur des dégâts subis par les véhicules. En général, ce service plus spécifique est fourni dans le cadre d'un contrat conclu avec une entreprise spécialisée. Dans ce cas, il est important que le contrat précise les délais d'intervention propres à chaque heure de la journée, et qu'il prévoie aussi que l'entreprise puisse les respecter de manière fiable. Des dispositions particulières peuvent être mises en œuvre pour la prise en charge des autobus et de leurs passagers, selon les besoins.

De même, lors de la mise en place d'un service de prise en charge des véhicules en panne ou accidentés, il est important d'accorder une très grande attention à la coordination des actions engagées par la patrouille routière et par le poste de contrôle commande (PCC). Il est essentiel d'assurer une communication de bonne qualité ainsi qu'une étroite collaboration et des plans et procédures bien coordonnés.

Pour la prise en charge la plus efficace possible des pannes et des accidents, un échange d'informations précises entre les patrouilleurs qui sont sur le lieu de l'incident et le responsable du poste de contrôle commande devrait permettre de choisir l'intervention globalement la meilleure sur le plan de la sécurité et de l'efficacité. Il est recommandé d'identifier et de répéter les interventions

⁴ Détection automatique d'incident

2.3.2 Recommendations for intervention management

In highly trafficked tunnels, the use of AID⁵, in conjunction with CCTV surveillance of the traffic streams and other detection equipment will alert the operator to abnormal conditions. Traffic patrols or incident response teams can rapidly respond, attend the scene and provide initial assistance. This service will provide the initial response to most traffic related incidents.

To be most effective, the traffic patrollers should be equipped and trained to deal with the common straightforward incidents. This can include providing a rolling tow for all vehicles that can be safely towed, up to the maximum size and weight capacity of the patrol vehicle and its equipment. A capacity of 3 to 3.5 tons is adequate to deal with all cars and light goods vehicles and is achievable by a range of widely available large 4 x 4 type vehicles.

The traffic patrol service described above can be provided by the operation manager using his own directly employed personnel or can be provided via a contractor.

Where the incident cannot be cleared by the traffic patrol service and vehicles alone, additional support may be required by additional towing units and by purpose built recovery vehicles of different types. This will depend upon the size and type of vehicles involved in the incident and the extent of vehicle damage. This more specialist service is usually obtained by a contract with a specialist. In such a case it is important that the contract specifies response times which can vary by time of day, but are adequate for the full 24 hour cycle, and that the contractor can reliably meet them. Special arrangements can be made for dealing with buses and their passengers, depending on the need.

It is also important, when planning and managing a service for vehicle breakdown and crash recovery, to give very careful attention to the working arrangements between the traffic patrol officers and the traffic control room personnel. Good communications, close co-operation and well coordinated plans and procedures are essential.

To deal with breakdowns and crashes most effectively, clear information exchange between the patrollers at the scene and the traffic control room officer should inform a decision as to the best overall response in terms of both safety and effectiveness. The options available for each tunnel and a range of incident types and locations within the tunnel should be prepared and rehearsed to prepare

⁵ Automatic Incident Detection





possibles dans chaque tunnel. On peut ainsi définir des incidents types en divers emplacements à l'intérieur du tunnel, afin de prévoir les actions à engager par la patrouille mobile et par l'opérateur au poste de contrôle commande. Dans le cas d'un tunnel neuf, il est conseillé de commencer par appliquer une démarche théorique pour obtenir une série de procédures d'intervention pour un éventail d'incidents types. Ensuite, il est recommandé d'examiner et d'améliorer ces procédures à la lumière de l'expérience acquise.

► 2.4 COMMUNICATION

2.4.1 Les défis

La communication peut s'adresser aux différentes entités suivantes :

- collectivités locales et organismes public,
- services de secours,
- associations d'automobilistes,
- entreprises de transport de marchandises
- entreprises de transport en commun,
- groupements d'exploitants de taxis,
- groupements de distribution (courrier, journaux, etc.).

Les situations de trafic à traiter sont les suivantes :

- variations normales du trafic journalier en insistant plus particulièrement sur les heures de pointe. La meilleure façon de procéder est le retour d'expérience et l'observation des tendances (il existe plusieurs outils permettant d'y arriver) ;
- incidents et accidents et leur influence sur le trafic. Dans ce cas, l'observation et les échanges avec le public et la police sont les meilleures sources d'information ;
- restrictions prévues en raison de travaux d'entretien ou autres à l'intérieur du tunnel ;
- activités du voisinage (clubs de sport, etc.) susceptibles d'influer sur l'état de la circulation sur le réseau routier local et/ou dans le tunnel. Exemples : matchs de football, concerts, autres activités sportives, spectacles et réunions locales qui attirent des foules et entraînent un surcroît de trafic. C'est surtout à la fin de ces manifestations que l'on constate généralement une pointe de trafic qui impose de modifier la signalisation.

2.4.2 Recommandations concernant la communication

Les usagers apprécient d'être informés des situations anormales qu'ils risquent de rencontrer, afin d'organiser leur déplacement en conséquence. Lorsque la

a course of actions by the mobile patrol officers and the central control room operative. This should be done initially using a theoretical approach for a new tunnel, to produce a series of response procedures for a range of incident types. These procedures should subsequently be reviewed and improved in the light of experience.

► 2.4 COMMUNICATION

2.4.1 Challenges

Communication can be aimed at a variety of entities, such as:

- local authorities and public bodies;
- emergency services;
- motorist organisations;
- freight transport and haulage organisations;
- public passenger transport organisations;
- taxi operator groups;
- distribution groups (including mail, newspapers etc.).

The traffic situations to be covered are:

- normal day traffic variations - with special focus on rush hours. This is best done by experience and observation of the development, and there are several technical ways of doing this;
- incidents and accidents and their influence on traffic flow. In this situation observation and contact with the public and police are the best sources for information;
- planned restrictions - due to maintenance and other work in the tunnel;
- activity in the neighbourhood, such as sporting clubs and so on, that may influence the traffic situation on the local road network and / or in the tunnel. Examples of such events are football matches, concerts, other sporting and entertainment activities, local meetings that will draw a lot of people and will generate extra traffic. Especially at the end of such arrangements there tends to be a peak in traffic that makes it necessary to change traffic signals and signs.

2.4.2 Recommendations for communication

Drivers are always eager to get information about any abnormal situation they may face in order to plan their journey to avoid problems. It is also important



circulation normale est rétablie après un incident ou un accident, il est également important d'informer les usagers, mais aussi les autres personnes susceptibles de profiter de l'information.

Pour pouvoir informer le public, l'exploitant du tunnel lui-même devrait être constamment informé de l'état de la circulation dans le tunnel, tant en temps réel et que pour les restrictions programmées susceptibles d'influer sur la circulation.

Il existe de nombreuses façons d'informer les usagers des problèmes de circulation et c'est à l'exploitant de les employer localement de la manière qu'il estime la plus adaptée. Il est cependant toujours utile d'être en bons termes avec les médias et de leur communiquer des informations d'actualité : ils seront heureux de faire cette partie du travail pour vous.

L'une des caractéristiques des tunnels urbains est que de nombreux usagers les empruntent régulièrement et fréquemment. Cela peut être mis à profit pour les familiariser avec les spécificités des tunnels notamment l'environnement de conduite, sachant que l'ignorance de ces éléments peut être à l'origine de difficultés. Par ailleurs, l'expérience montre que les principaux éléments de l'infrastructure sur lesquels les gens comptent sont très en vue et suscitent un vif intérêt du public.

Se tenir au courant

Pour atténuer le plus possible les problèmes de circulation, il est recommandé de coordonner les activités dans le tunnel avec les événements qui se déroulent dans la zone urbaine. L'exploitant du tunnel devrait donc disposer de bons moyens de communication avec les acteurs concernés par le tunnel. Il s'agit notamment des autorités locales (police et autres services publics), mais aussi d'autres acteurs.

Si des événements prévus dans la zone urbaine risquent de coïncider avec des difficultés de circulation, la situation peut être améliorée grâce un dialogue efficace avant que les différents horaires soient fixés.

Modes d'information du public

L'information devrait être diffusée en collaboration avec les médias, de façons différentes selon la nature du problème et le moment de la journée.

L'information se répartit en deux grandes catégories :

- l'information préalable sur des travaux et événements programmés qui influenceront sur la circulation ;
- l'information en temps réel fournie :
 - à ceux qui sont "pris au piège" par l'incident,
 - à ceux qui ont encore le choix d'emprunter un autre itinéraire.

to inform the users and others that may benefit from such information, when the road returns to normal traffic after an event or an accident.

To be able to inform the public, the tunnel operator should always be informed of the traffic situation in and around the tunnel. This must reflect the situation both in real time and for planned restrictions or other situations that may influence the traffic.

There are many ways to inform the drivers of traffic situations and it is up to the operator to use them in the local situation in a way that he finds best suited. It is however always useful to be on good term with the media and be proactive in giving updated information and they will gladly do this part of the job for you.

One of the characteristics of urban tunnels is that many of the users are regular and often frequent users. This can be used to advantage to familiarize them with the tunnel infrastructures and the driving environment. Indeed, if it is ignored it can become a source of difficulties. Also, experience shows that major items of infrastructure on which people rely for their normal daily lives are very much in the public eye, and of public interest.

Keeping informed

It is recommended to coordinate activities in the tunnel with any events in the urban area to minimize traffic problems. Therefore, the tunnel operator should have good means of communication with the community around the tunnel and the nearby area. This includes both public authorities like police, other public works, but also other parties.

If events in the urban area may coincide with traffic problems, it will be possible to achieve an optimal situation if there is a good dialog before the different time schedules are fixed.

Ways of informing the public

The information should be spread by cooperation with the media in different ways depending on the situation and the time of day.

Information may be put in two major categories:

- prior information for planned work and events that will influence the traffic;
- real time information:
 - to those "trapped" by the situation,
 - to those who still have the choice to divert to another route.



L'information préalable sur les itinéraires de déviation est importante avant une restriction programmée de la circulation qui va, ou peut influencer, sur le débit de circulation. Elle devrait être communiquée avant les travaux d'entretien dans le tunnel. Dans ce cas, l'usager a le temps d'étudier la question et d'opter pour un autre itinéraire ou un autre mode de transport.

L'information en temps réel qui s'adresse aux usagers de la route "pris au piège" peut servir à leur donner des instructions pour leur sécurité. Il est conseillé d'indiquer le plus vite possible aux usagers de la route qui se dirigent vers le lieu de l'incident un itinéraire de déviation leur permettant d'éviter le point noir.

Il existe plusieurs moyens d'informer le public, la plupart d'entre eux étant utilisables pour les problèmes les plus courants. Il est conseillé aux exploitants de tunnels d'identifier les médias à leur disposition et de choisir ceux qui sont le plus adaptés à chacun des types d'information décrits plus haut.

Exemples de médias adaptés :

- affichage informatif,
- liaisons directes avec les services de secours,
- interruption d'émissions à la radio ; haut-parleurs dans l'espace circulé,
- systèmes de navigation embarqués avec informations sur la circulation,
- panneaux de signalisation, dont les panneaux à message variable,
- indication d'itinéraires de délestage, voir rapport de l'AIPCR [2],
- pages Internet,
- SMS ou WAP,
- téléphones portables,
- répondeurs téléphoniques,
- stations de radio et télévision (locales),
- télétexte,
- système de radiocommunication de données (RDS).

Recommandations pour une communication efficace

L'éventail des techniques de communication est décrit ci-dessus. Quant à leur qualité, c'est affaire de perception par l'utilisateur, tandis que leur amélioration ou tout au moins leur maintien à un niveau satisfaisant demande une bonne connaissance du spectre des usagers, de leurs besoins et de leurs intérêts.

Les usagers se répartissent dans les groupes énumérés au début de cette partie, chacun ayant ses besoins spécifiques et ses organes représentatifs. La communication peut être améliorée et être plus officialisée si on la fait circuler par l'intermédiaire de ces groupes ; on peut même obtenir des réactions collectives.

Prior route information is important before a scheduled traffic restriction that will or may influence the traffic flow. Such information should be given before maintenance and refurbishment works in the tunnel. The public are in these situations given time to consider and decide upon of alternative routes or alternative transport.

Real-time information aimed at the 'trapped' road users can be used to give them instructions for their own safety. Road users heading for the incident location should, as quickly as possible, be informed about the route that they should take in order to avoid the incident.

There are several ways to inform the public, and most of the channels are useable for most of the situations. Tunnel operators should consider the merits of the media available to them, and apply suitable media for each type of information as described before.

Examples of suitable media are:

- informative advertisements;
- direct communication links to emergency services;
- interruption of rebroadcast radio station and loudspeakers;
- on-board navigation systems with traffic information;
- traffic signs, including variable message signs;
- indications of escape routes, see PIARC report [2];
- internet pages;
- SMS, WAP;
- cell broadcasting;
- voice answering machines;
- (local) radio and television stations;
- teletext;
- RDS (Radio Data System).

Recommandations for effective communication

The range of communication techniques is described above. How good they are is a matter of perception by the user and improving them, or at least maintaining them to a satisfactory standard, is a matter of understanding the spectrum of the users and their range of needs and interests.

Within the spectrum of users there are groups, as listed at the beginning of this section, with their own particular needs and representative bodies. Communication can be improved and be made more formalised by channelling it through such groups and even obtaining collective responses.



À cela s'ajoute, dans les nouveaux tunnels (ou pour des gros travaux de rénovation de tunnels existants), le besoin spécifique d'informer et d'éduquer le public au sujet des équipements et de la manière de les utiliser au mieux. Sachant que le langage technique échappe à une grande partie du public, il est bon d'envisager le recours à une agence de publicité spécialisée. En plus des médias grand public, on peut alors mettre en place une exposition publique, ce qui constitue un plus intéressant.

Dans le cas des services de secours, il faut, pour faire face aux incidents dans le tunnel, disposer de plans d'intervention d'urgence élaborés conjointement, communiqués et acceptés par toutes les acteurs concernés. Il faut aussi mettre en place des modalités permettant de réexaminer ces plans et de les actualiser à la lumière d'éventuels changements d'exploitation. Il est tout aussi important de les tester en organisant régulièrement des exercices théoriques et des exercices pratiques grandeur nature.

Les modalités peuvent varier, mais il est conseillé qu'il y ait au moins un groupe de travail comptant au moins un représentant – officiellement nommé – de chaque organisme et se réunissant régulièrement (au moins deux fois par an). Les réunions régulières devraient être complétées par un échange continu d'informations susceptibles de profiter à l'ensemble du groupe.

Plan d'information

La bonne façon d'obtenir des informations varie en fonction du problème donné et du public. Il est donc important de disposer également d'un plan pour l'information et l'éducation des usagers qui permette de savoir quels moyens utiliser dans chaque situation prévisible.

► 2.5 AMÉLIORATION CONTINUE DE L'EXPLOITATION

2.5.1 Les défis

Une zone urbaine est en constante mutation. Ces mutations risquent de mettre en péril le niveau de sécurité ou les conditions de circulation en tunnel. Pour y faire face, il se peut que l'exploitant du tunnel doive parfois apporter des modifications plus ou moins importantes aux équipements ou aux modes de gestion. Dès lors, pour améliorer constamment et systématiquement l'exploitation de son tunnel, il doit surveiller les changements et avoir recours à l'information et au retour d'information.

À côté de la collecte active d'informations, l'exploitant reçoit parfois un retour d'information qu'il peut mettre à profit pour apporter des améliorations. Ce retour peut être la résultante d'une action de communication auprès du public ou des collectivités locales mais aussi d'une action de communication interne, de l'expérience issue du travail d'équipe et de l'expérience du personnel.

In the case of new tunnels and major reconstruction of existing ones there is also the specific need to inform and educate the public regarding the facilities and how to make best use of them. Technical language is not easily understood by many of the general public. Consideration should be given to employing specialist publicity agencies. In addition to the public media previously described this provides a situation where a public exhibition and presentation is a valuable tool.

In the case of the Emergency Services there is the need to have jointly developed Emergency Response Plans, to deal with incidents in the tunnel, shared and agreed by all of the parties involved and to have arrangements in place to review plans and update them in the light of any changes in circumstances. It is equally importantly to test them by arranging regular table-top and full scale exercises.

The arrangements will vary, but at least there should be a working group with at least one formally nominated representative from each body and this working group should meet regularly – say at least twice per year. In addition to regular meetings there should be continuous exchange of information which could have any impact or benefit for the group as a whole.

Information plan

The right way to get information may be different, depending on the specific situation and depending on the audience. Therefore it is important to have a plan also for information and education of the users and what means to use in each foreseeable situation.

► 2.5 CONTINUOUS IMPROVEMENT OF OPERATION

2.5.1 Challenges

An urban area is constantly changing. These changes may compromise the safety level or the traffic capacity of the tunnel. The tunnel operator may occasionally need to make smaller or larger modifications in systems or management to cope with these changes. It is therefore necessary for him to monitor changes and use information and feedback to continuously and systematically improve tunnel operations.

Apart from actively gathering information, the operator may receive feedback that he can use to make improvements. Feedback may arise from communication with the public, local authorities and other outside parties, as well as communication inside the operator's organisation, experience with teamwork and the personnel's experience.



Il existe trois grandes catégories de personnel : le personnel de contrôle, le personnel d'entretien et le personnel de première intervention sur incident. Il n'est pas rare que les besoins et les priorités de ces trois catégories soient contradictoires, voire directement opposés comme c'est souvent le cas entre les besoins de la circulation et les besoins d'accès et d'espace de travail pour réaliser en toute sécurité de travaux d'entretien.

2.5.2 Recommandations concernant l'amélioration continue de l'exploitation

Utilisation du retour d'information des usagers du tunnel

Généralement, les usagers du tunnel fournissent spontanément des informations. Mais la nature humaine est ainsi faite que ces informations ont tendance à pencher du côté de la réclamation et de la critique. En créant un service de relations avec le public et en faisant connaître son existence, l'exploitant obtiendra généralement un retour d'information beaucoup plus important et une répartition plus équilibrée entre les réclamations, les remarques, les compliments et les questions.

Il peut s'avérer très efficace d'avoir recours à une technologie moderne tel qu'un site Internet consacré au tunnel comportant des renseignements très complets et invitant les usagers à faire part de leurs observations.

La méthode plus classique consistant à utiliser la presse locale et régionale en l'alimentant régulièrement en informations sur le tunnel, avec des photos complétées par des schémas, permet également de tenir les usagers au courant et de favoriser le retour d'information. Souvent, les médias utilisent aussi des informations et statistiques plus générales sur les niveaux de trafic, les incidents, accidents, pannes et événements particuliers, à condition que ces informations leur soient fournies sous une forme intéressante et facile à comprendre, et viennent à propos.

Enfin, pour fournir en temps réel des informations fiables sur les conditions de circulation, les embouteillages et les temps de parcours, une étroite collaboration avec les radios locales et les services d'informations routières à la radio constitue le moyen de communication le plus précieux qui existe : il profite aussi bien à l'usager qu'à l'exploitant du tunnel.

Amélioration de l'organisation et de la communication externe de l'exploitant

Les recommandations qui précèdent sont une combinaison d'échanges d'informations qui ont lieu en fonction du hasard ou de circonstances particulières. Il est conseillé de les compléter par des enquêtes plus formelles réalisées auprès des usagers par des agences d'études de marché. La périodicité de ces enquêtes doit être soigneusement choisie, par exemple tous les un ou deux ans, afin que les données recueillies soient aussi fiables et exactes que possible et puissent servir à suivre des tendances.

There are three main service delivery function groups of control staff, maintenance staff and incident first response staff. The needs and priorities of these three functional roles are often in conflict and sometimes even directly opposed, as often happens between the needs of Traffic and the needs of Access and Working Space for safe maintenance work.

2.5.2 Recommendations for continuous improvement of operation

Using the feedback from tunnel users for improvement

Tunnel users will normally provide some voluntary feedback. But human nature is such that this will be biased towards complaint and criticism. By setting-up an open Public Relations department and publicising its existence generally a much more extensive feedback and a more balanced mix of complaints, comments, compliments and questions will result.

Using modern technology, a well publicised tunnel website carrying a full range of information and inviting user comments can be very effective.

More traditional methods of using local and regional newspapers and magazines and regularly supplying them news and information regarding the tunnels, with pictures and diagrams to increase value and interest where possible, also helps to keep users informed and encourage feedback. Other more general information and statistics, traffic levels, incidents, accidents breakdowns, special events will also often be used by the media if it is provided in an interesting, clearly understandable and timely style.

In addition to the above, close collaboration with local radio stations and 'traffic and travel' broadcast information services to provide accurate, current information on travel conditions, congestion and delay is the most valuable communication which can be provided. It benefits both the user and the tunnel operator.

Improvement of the operator's organisation and external communication

The above is a combination of casual and opportunistic information exchange. This should be supplemented by more formal user surveys, carried out by independent market research specialists and preferably using carefully pre-planned timing say annual or every two years so that collected data is as reliable and accurate as possible and can be used to monitor trends.



Chaque enquête devrait couvrir toute une palette d'aspects de la qualité de service et des conditions de son déplacement telles que l'utilisateur les perçoit. Chaque aspect peut être noté de 1 à 10 par exemple, et traité sous deux angles différents :

- quel est, selon vous, son degré d'importance ?
- quel a été le niveau de qualité fourni ?

En plus des questions habituelles permettant de dégager les tendances en termes de qualité de service, chaque enquête peut informer les usagers et obtenir leur point de vue sur les évolutions et améliorations envisagées.

Amélioration de la communication interne et de la planification

Un travail d'équipe, la connaissance des besoins des uns et des autres ainsi qu'une réflexion approfondie sont indispensables si l'on veut que les interventions d'entretien soient programmées et exécutées avec succès et en toute sécurité avec un minimum de perturbation et de gêne pour les usagers du tunnel. Il n'y a pas deux tunnels identiques en termes de taille, de complexité, d'implantation ou de structure du trafic. Dès lors, il incombe à chaque exploitant de tunnel d'identifier et d'analyser ses besoins puis d'y apporter des solutions satisfaisantes.

Dans bien des cas, le débriefing après les travaux peut être fort utile pour améliorer la planification future. Qu'est-ce qui a bien marché ? Qu'est-ce qui n'a pas marché ? Pourquoi ? Comment peut-on l'améliorer ? En outre, lors de ces débriefings, il ne faut pas oublier que le point de vue des personnes qui ont effectué les travaux est aussi important, sinon plus, que celui de l'encadrement.

Pour les interventions lourdes, notamment lorsque de la congestion est inévitable et qu'il faudra un complément de régulation du trafic et d'informations routières, il est également important que l'exploitant du tunnel fasse intervenir d'autres acteurs extérieurs (l'administration en charge des routes, la police, les services de secours, les transporteurs et les médias) et s'assure que tous les besoins sont satisfaits. Il est aussi important que les usagers qui se déplacent soient parfaitement informés.

The survey should cover a wide range of aspects of service quality and the user's journey experience, which could be rated on a scale of say 1 to 10, looked at separately from two different viewpoints:

- How important do you rate it, and
- How well was the service provided ?

In addition to the standard trending service delivery questions, each individual survey can inform and obtain users views on proposed developments and improvements.

Improving internal communication and planning

Teamwork, understanding each others' needs and clear detailed thinking are essential if the requirements of each maintenance job are to be planned and carried out successfully and safely with minimum disruption and inconvenience to tunnel users. No two tunnels are identical in terms of size, complexity, layout or in terms of traffic patterns. It is for each tunnel operator to identify and analyse his own particular needs and provide satisfactory solutions.

In many cases post-completion debrief discussions will be a valuable aid to future planning. What went well? What did not? Why? How to improve? And in carrying out such debriefs it must not be overlooked that the views of the people who carried out the work are as important, if not more so, than managers and supervisors.

For major projects, particularly where some degree of traffic congestion will be unavoidable and additional traffic information and control will be required, it is also important for the tunnel operator team to involve the appropriate external agencies such as highway authorities, police, other emergency services, transport operators, media and publicity to ensure that all needs are met and the travelling public are well informed.