

# IV. ÉQUIPEMENTS DE DÉTECTION D'INCIDENTS

## IV.1. Introduction

Les équipements de détection d'incident sont utilisés pour assurer la détection rapide d'incidents de la circulation ou de conditions anormales pouvant entraîner la perte de vies humaines, la propagation de l'incident (accidents secondaires) et des dégâts coûteux à la structure du tunnel. Les systèmes de détection peuvent aussi transmettre des informations météorologiques et environnementales aux exploitants, pouvant servir à diffuser des messages d'alerte aux automobilistes sur l'état de la chaussée, à activer la ventilation et les systèmes d'alarme incendie.

## IV.2. Équipements de détection automatique

Les équipements suivants sont utilisés actuellement pour détecter automatiquement les incidents de trafic dans les tunnels.

### IV.2.1. Équipements de détection d'incidents

**Systèmes de boucles de détection** (boucles de comptage et de vitesse). Ils sont installés dans les tunnels selon les paramètres de conception pour des systèmes de gestion d'incident (voir chapitre 3) dans plusieurs pays européens, au Japon et aux Etats-Unis. La situation des systèmes de détection est variable : à l'entrée ou à la sortie du tunnel seulement, ou à espaces réguliers tout le long du tunnel avec une distance d'espacement maximale recommandée de 100 mètres. Le système de détection à boucles apporte en permanence un flot régulier d'information aux opérateurs du PC. L'installation d'une deuxième boucle adjacente à celle comptage peut servir à fournir des informations sur la vitesse des véhicules. Les analyseurs de présence d'inductance et de boucles de vitesse doivent être situés dans le tunnel près des boucles. Ces analyseurs nécessitent un entretien périodique pour permettre d'obtenir des données exactes au système de détection d'incident. Pour cet entretien, il faut fermer le tunnel.

L'expérience des systèmes de détection à boucles dans les tunnels indique que ceux-ci produisent des alarmes d'incident fiables en heures de pointe. Les véhicules à l'arrêt ou les ralentissements sont difficilement détectés par les systèmes de détection à boucles pendant les heures creuses ou lorsque le trafic est ralenti.

**Détecteurs radar.** Ils sont utilisés dans les tunnels en France et en Allemagne pour détecter la vitesse des véhicules et la distance entre véhicules. Des micro-ondes sont envoyées vers les véhicules du tunnel et retransmises après réflexion vers le récepteur du système de détection radar. Le détecteur mesure le temps mis par le signal réfléchi et calcule la vitesse du véhicule en appliquant le principe de Doppler. Les détecteurs radar mesurent également la présence des véhicules et les comptent. En général, les détecteurs radar sont installés au-dessus des voies de circulation dans le tunnel. Les systèmes de détection ultra-son sont comparables aux systèmes de détection radar, à l'exception que des ondes sonores sont utilisées, au lieu de la micro-onde. Les ondes sonores étant affectées par le bruit ambiant des tunnels, ce procédé n'est donc pas utilisé. Des problèmes surviennent quand les systèmes ne sont pas entretenus. La sensibilité des détecteurs radar doit être adaptée au profil en travers pour éviter des fausses alarmes.

# IV. INCIDENT DETECTION DEVICES

## IV.1. Introduction

Incident detection devices are used to provide early detection of traffic incidents or abnormal conditions that cause traffic slowdowns which can lead to loss of human life, escalation of the incident (secondary accidents) and costly damage to the tunnel structure. Detection systems can also provide weather and tunnel environmental information to operators that can be used to alert motorists of roadway conditions, activate ventilation and fire alarm systems.

## IV.2. Automatic Detection Devices

The following devices are currently being used to automatically detect traffic incidents in tunnels:

### IV.2.1. Traffic Incident Detection Devices:

**Loop Detection Systems** (roadway presence and speed loops) are installed in tunnels meeting the design parameters for Incident Management Systems (described in Section 3) in a number of European countries, Japan and the United States. The locations of the loop detection systems vary from tunnel entrance/exits only to equal spacing throughout the full length of the tunnel with a recommended maximum spacing of 100 meters. The loop detection system continually provides tunnel traffic flow information to the operators located in the Control Center. Installation of a second loop adjacent to the presence loop can be used to provide accurate vehicle speed information. Analyzers for inductance presence and speed loops must be located in the tunnel near loops. These analyzers require periodic maintenance to provide accurate information for the incident detection system. Maintenance requires tunnel closures.

Experience with loop detection systems in tunnels indicates that they provide accurate incident alarms during peak traffic conditions. Stalled vehicles or traffic slow downs are not easily identified by loop detection systems during off peak or low traffic conditions.

**Radar detectors** are being used in tunnels in France and Germany to detect vehicle speed and distance between vehicles. Microwave beams are transmitted toward the vehicles in the tunnel and reflected back toward the radar detection system receiver. The detector measures the rebound time of the reflected signal and calculates the speed of the vehicle using the Doppler Principle. Radar detectors also measure vehicle presence and count. In general, radar detectors are installed above traffic lanes in the tunnel. Ultrasonic detection systems are similar to radar detection systems except that sound waves are used to generate the energy beam instead of microwave. The sound waves are affected by ambient noise inherent in tunnels and as a result these units are not used. Problems occur when systems are not maintained. Sensitivity of radar detectors must be adjusted for tunnel cross-sections to avoid false alarms.

**Réseau de surveillance télévisée (RST).** Des caméras sont installées dans les tunnels selon les paramètres des systèmes de gestion d'incident (voir chapitre 3) en Europe, au Japon et aux Etats-Unis pour surveiller les conditions de trafic. Les progrès en matière de conception et de technologie des caméras ont amélioré la transmission du système vidéo, l'affichage et l'enregistrement des données, donnent lieu à des images noir et blanc, comme en couleurs, et réduit les effets des phares des véhicules (effet « blooming »). Ils ont également permis de réduire la taille des équipements, permettant ainsi d'être utilisés dans les tunnels unidirectionnels et bidirectionnels. L'installation de caméras dans les tunnels a pour but de compter les véhicules et de fournir des données sur la vitesse des véhicules aux systèmes de gestion des incidents. Ces informations sont utilisées pour poursuivre les automobilistes dépassant la limite de vitesse et les dissuadent de rouler trop près. Les systèmes de RST servent aussi à la vérification des incidents, comme indiqué au chapitre 5.0.

Les caméras et matériels correspondants, comprenant ouverture/inclinaison/zoom et les équipements auxiliaires connexes, sont de plus en plus petits. Etant donné que ces équipements occupent moins d'espace, il est possible de les installer dans les tunnels existants et les tunnels à gabarit réduit. L'espacement des caméras nécessite une visibilité selon l'axe de vision pour assurer la couverture vidéo de l'intérieur du tunnel. L'espacement est fonction de la courbure horizontale et verticale du tunnel, de la hauteur de positionnement et de l'orientation, ainsi que du type d'équipement choisi. L'espacement des caméras peut varier de 30 à 150 mètres si elles sont utilisées pour la détection automatique d'incident. Des intervalles de 200 m peuvent être utilisés si les caméras sont utilisées simplement comme surveillance de la route. Les nouvelles technologies peuvent être appliquées avec des caméras neuves et des caméras déjà en service. Les systèmes de télésurveillance assureront la détection automatique d'incidents (DAI). Des problèmes de traitement d'image ont été rencontrés avec les systèmes disponibles actuellement. Le potentiel des systèmes s'améliore constamment avec les progrès technologiques et logiciels. Le matériel vidéo de détection d'incident peut se composer de nouvelles caméras et se rattacher aux caméras existantes et être reliées aux ordinateurs du centre d'exploitation. Il existe actuellement des algorithmes détectant les véhicules à l'arrêt, les embouteillages et les changements d'état de trafic, la direction de déplacement des véhicules, la vitesse, et la concentration. Les systèmes DAI fournissent des informations précises sur le trafic en heures creuses ou dans le cas de faible volume de trafic. Ils peuvent aussi assurer la détection des fumées, sur la base de la visibilité dans le tunnel, ainsi que, dans un avenir proche, la détection d'incendie sur la base d'imagerie thermique. Les systèmes DAI sont actuellement utilisés dans de nombreux pays européens, en Australie et aux Etats-Unis.

En général, les systèmes DAI se composent de deux sous-systèmes principaux. Il s'agit tout d'abord du matériel de traitement vidéo entre la caméra et le moniteur. Le matériel de traitement vidéo peut être installé sur les caméras existantes. Le signal vidéo composite type est envoyé vers les frontaux des équipements de surveillance, situés à distance grâce aux câbles existants ou à des câbles de transmission neufs (coaxiaux ou fibre optique). Le deuxième élément du système de DAI se compose du système d'analyse centralisé. Le serveur reçoit des alarmes et des données à partir du matériel de traitement vidéo et assure l'interface opérateur. Ce serveur peut aussi être intégré au système de gestion du trafic. Le matériel de traitement vidéo fonctionne sur la base des algorithmes informatiques traitant les données vidéo. La sophistication des algorithmes de traitement vidéo varie selon les fabricants.

**Closed Circuit Video Equipment (CCVE)** including, cameras are installed in tunnels meeting the design parameters for Incident Management Systems (described in Section 3) within Europe, Japan and the United States to monitor traffic conditions. Advances in camera designs and technology have improved video system transmission, display and data recording, provided black/white and color video imaging, minimized the effects of vehicles headlights (blooming), and reduced equipment sizes to allow CCVE systems to be use in uni-directional and bi-directional tunnels. Camera installations in tunnels have been used to provide vehicle count and speed data to incident management systems. This information is being used to prosecute motorists exceeding tunnel speed limits and is envisioned as a deterrent in preventing accidents caused by vehicles tailgating. CCVE Systems are also used to provide incident verification as described in Section 5.0.

Camera and associated hardware, including pan/tilt/zoom equipment and environmentally controlled enclosures are decreasing in size. The smaller space requirements are allowing CCVE Systems to be used in existing tunnels and tunnels with limited cross sections. Camera spacing requires line-of-sight visibility to provide video coverage of the tunnel interior. Spacing is affected by horizontal and vertical tunnel curvature, mounting height and location, and type of equipment selected. Camera locations can vary from 30 to 150 meters if they are used for automatic incident detection. Intervals up to 200m can be used if the cameras are only used for road monitoring. New technology is available for use with new and existing tunnel cameras, and CCVE Systems to provide automatic incident detection (AID). Image processing problems have been experienced with currently available systems. System capabilities are continually improving as technology and software advances. Video processing hardware to detect incidents can be provided with new cameras and attached to existing cameras to interface with computers located in the Control Center. Software algorithms are currently available to detect stopped vehicles, congestion and changes in traffic patterns, direction of vehicle travel, speed and occupancy. AID systems provide accurate traffic information during off peak or low traffic volume conditions and can be expected to provide smoke detection based on visibility within the tunnel, and fire detection based on thermal imaging in the near future. AID systems are currently being used in many European countries, Australia and the United States.

Typically, AID traffic-monitoring systems consist of two main subsystems. The first part is the video processing hardware between the camera and the remote monitor. The video processing hardware can be installed on existing cameras. The standard composite video signal is sent to the remote front-end monitoring equipment using existing or new transmission cables (coaxial or fiber optic). The second part of the AID monitoring system consists of the computer workstation located at a central location. This workstation receives alarms and data from the video processing hardware and provides the operator interface. The computer workstation may also be integrated with the Traffic Management System. The video processing hardware runs the software algorithms processing the video data. The sophistication of the video processing algorithms varies between manufacturers.

Les algorithmes de détection de fumée et d'incendie utilisant des systèmes vidéo n'ont pas fait leurs preuves sur le plan opérationnel à ce stade. A ce jour, on ne peut se fier à aucun système d'images vidéo pour fournir des systèmes de détection d'incendie à l'intérieur des tunnels. La détection des fumées par systèmes vidéo se pratique actuellement et repose sur le principe de la diminution du niveau de la lumière, provoqué par une baisse du niveau d'éclairement détecté au niveau de la lentille de la caméra. La détection des incendies doit identifier les caractéristiques du reflet de lumière oscillante de la flamme, ce qui est plus compliqué que la détection de fumée.

Le traitement des données vidéo dépend de la qualité du signal vidéo de la caméra. Les variations de lumière et d'ombre, l'effet « blooming » et l'effet « smearing » sur l'image font baisser la performance. Des câbles de transmission vidéo de basse qualité font également baisser la performance.

**Imagerie thermographique.** Elle est utilisée actuellement dans les tunnels du Mont Blanc et du Fréjus entre la France et l'Italie, pour surveiller les véhicules de marchandises approchant du tunnel pour détecter les véhicules dégageant une chaleur excessive. Tout véhicule déclenchant une alarme sera arrêté à l'extérieur du tunnel.

#### IV.2.2. Équipements automatiques de détection d'incendie

**Systèmes linéaires de détection de chaleur** (capteurs de température répartis). Ces systèmes sont utilisés dans la plupart des pays pour détecter automatiquement des incendies dans les tunnels. Il existe plusieurs types de systèmes de détection.

Les systèmes linéaires de détection de chaleur (SLDC) installés dans les tunnels routiers se basent généralement sur des simulations de laboratoire. La documentation sur des incendies réels confirmant que ces systèmes ont déclenché une alerte rapide, ne sont pas disponibles au public. Les systèmes (SLDC) installés dans les tunnels de nombreux pays ont donné des résultats très médiocres au cours d'essais sur le terrain, et ont montré que la technologie nécessite davantage d'évaluation à partir des problèmes identifiés ci-dessous. Le système (SLDC) a activé une alarme lors d'un essai incendie effectué dans le tunnel Holland à New York après 10 minutes ; après 20 minutes lors d'un incendie réel de camion dans le tunnel Ted Williams à Boston (Massachusetts), et après 2,5 à 3 minutes lors d'un essai incendie effectué en Norvège. De meilleurs résultats sont détaillés dans le rapport AIPCR "Maîtrise des incendies et des fumées dans les tunnels routiers (05.05.B)" [26].

Problèmes rencontrés avec les câbles « capteurs » du SLDC installés dans les tunnels :

- le mouvement de l'air et la vitesse à l'intérieur des tunnels créé par l'effet piston et les systèmes de ventilation éloignent la chaleur des câbles « capteurs » (SLDC), augmentant ainsi le temps nécessaire pour atteindre la température prédéfinie du câble « capteur » ou le gradient de température, ce qui retarde le temps de réaction pour activer l'alarme ;
- les profils en travers des tunnels peuvent contraindre d'installer les câbles « capteurs » loin des voies de circulation ;
- les gaines des câbles et les matériaux de câblage en PVC se dégradent dans un environnement difficile. Les matériaux PVC ne sont pas acceptés dans les tunnels de certains pays en raison d'émanations de fumées toxiques en cas d'incendie.

Software algorithms for the detection of smoke and fires using CCVE systems are not currently operationally proven. To date none of the video imaging systems can be relied upon to provide reliable fire detection systems within tunnels. Smoke detection using CCVE Systems is currently available and is based on light obscuration principle, which results from a decrease in light level sensed at the camera lens. Fire detection must identify flickering light reflection characteristics of the flame, which is more complicated than the detection for smoke.

The processing of video data depends upon the quality of the video signal from the camera. Variations in light and shadows, blooming and smearing of the image will degrade the performance. Low quality video transmission cables will also degrade system performance.

**Thermographic imaging** is currently being used at the Mount Blanc and Fréjus tunnels between France and Italy to monitor heavy goods vehicles approaching the tunnel to detect overheating vehicles. Any vehicle triggering an alarm will be stopped outside the tunnel.

#### IV.2.2. Automatic Fire Detection Devices:

**Linear Heat Detection Systems** (Distributed Temperature Sensors – DTS) are currently being used in most countries to automatically detect fires in the tunnel. Several types of detection systems are available.

Linear heat detection systems (LHD) installed in road tunnels are generally based on laboratory simulations. Documentation from actual fire conditions inside a tunnel confirming that LHD Systems provided early warning is not available. LHD Systems installed within tunnels in many countries have shown very poor results during field performance testing and demonstrated that the technology needs further evaluation based on the problems identified below. The LHD System activated an alarm during a fire test conducted in the Holland Tunnel in New York after 10 minutes, after 20 minutes during an actual truck fire in the Ted Williams Tunnel in Boston Massachusetts, and after 2.5 to 3 minutes during a fire test conducted in Norway. Better results are shown in the PIARC-report on “Fire And Smoke Control” [26].

Problems experienced with LHD sensor cables installed in tunnels:

- air movement and speed within tunnels from piston action and tunnel ventilation systems move heat away from the LHD sensor cables increasing the time required to reach the preset sensor cable temperature or temperature gradient delaying the response time to activate the alarm;
- tunnel cross sections, which can force sensor cables to be mounted away from travel lanes;
- jacket deteriorated due to the harsh environment and available jackets made from PVC materials, which is susceptible to the harsh environment. PVC materials are not acceptable for use in tunnels in some countries due to the potential release of toxic fumes and smoke during a fire.