

LE NOUVEAU SYSTEME DE DETECTION INCENDIE DES TUNNELS DE LA REGION BRUXELLOISE

PIERRE SMEERS
Siemens

Ir. TSHIBELA KABUYA
Bruxelles mobilité – AED

ALAIN CORNET
Siemens

Résumé

Depuis plusieurs années, la sécurité routière a pris une part croissante dans notre quotidien.

Elle est aujourd'hui une priorité pour beaucoup d'entre nous et ce, tout particulièrement, lorsqu'il nous faut emprunter un long tunnel routier à bord de notre véhicule

C'est suite à la catastrophe du tunnel Mont Blanc que Siemens Fire Safety a développé un système spécifique pour la détection incendie dans les tunnels routiers (et ferroviaires).

Un feu de véhicule est décelé au moyen du Fibrolaser, détecteur linéaire de chaleur (repérage des fumées chaudes par convection, des flammes par rayonnement, précision de 0,5 à 4 mètres) composé de deux fibres optiques. Ce système a été installé dans 11 tunnels de plus de 300 mètres à Bruxelles : Léopold II, Belliard, Louise, Bailli, Trône, Porte de Hal, Rogier, Cinquanteaire, Montgomery, Loi et Reyers Centre

Samenvatting

Reeds vele jaren wordt meer en meer aandacht besteed aan de veiligheid op de weg. Het is dan ook voor velen onder ons een prioriteit, zeker wanneer we met de auto een lange tunnel moeten nemen.

Naar aanleiding van de ramp in de Mont Blanc-tunnel heeft Siemens Fire Safety een systeem ontwikkeld voor het detecteren van brandhaarden in wegentunnels (en spoorwegtunnels).

Een eventuele brand aan een voertuig wordt gedetecteerd door de Fibrolaser, een lineaire warmtedetector (opsporen van warme rook door convectie, van vlammen door straling, nauwkeurigheid op 0,5 à 4 meter) bestaande uit twee optische vezels. Dit systeem werd geïnstalleerd in 11 Brusselse tunnels van meer dan 300 meter : Leopold II, Belliard, Louiza, Baljuw, Troon, Hallepoort, Rogier, Jubelpark, Montgomery, Wet en Reyers-Centrum.

Bedoeling is om een brandend voertuig op te sporen alvorens het vuur echt uitbreekt (uitstoot van 2,5 à 5 MW warmte, overeenkomstig de Europese normen) zodat

L'objectif est de pouvoir détecter un feu de voiture, avant qu'il ne se déclare (dégagement de 2,5 à 5 MW de chaleur, conformément aux normes européennes). Ceci, afin de commander le désenfumage, de prévenir les équipes d'intervention, de fermer l'accès du tunnel aux usagers, etc. Une détection incendie est également prévue dans les locaux techniques gérant les tunnels (haute et basse tension, batteries, etc.).

Chaque tunnel disposant d'une infrastructure spécifique (électricité, ventilation, etc.), les détections incendie ont été installées de manière autonome. Le centre de surveillance du Ministère (Mobiris) a par ailleurs la possibilité de gérer et de contrôler tous les systèmes de détection incendie à distance, de manière centralisée à l'aide de logiciels bien spécifiques

Ce système de centralisation et de supervision est l'un des plus importants en Europe dans le secteur du transport (14 centraux et 14 contrôleurs centralisés).

L'enjeu de ce projet a été l'optimisation du temps de travail et l'intégration de ce nouveau système dans les installations existantes des tunnels.

men de rookafzuiging kan opstarten, de interventieploegen kan oproepen, de tunneltoegang kan afsluiten voor de gebruikers, enz. Ook in de technische lokalen voor het beheer van de tunnels is branddetectie voorzien (hoog- en laagspanning, batterijen, enz.).

Aangezien alle tunnels over een aparte infrastructuur beschikken (elektriciteit, ventilatie, enz.), werd het branddetectiesysteem autonoom geïnstalleerd. Het controlecentrum van het Ministerie (Mobiris) kan alle branddetectiesystemen met behulp van specifieke software van op afstand gecentraliseerd beheren en besturen.

Dit centralisatie- en supervisiesysteem is één van de grootste van Europa in de transportsector (14 centrales en 14 gecentraliseerde controllers).

De uitdaging bij dit project was de optimalisering van de werktijd en de integratie van dit nieuwe systeem in de bestaande installaties van de tunnels.

1. Introduction

Les incendies importants qui se sont produits dans des tunnels au cours des dernières années (tunnels du Mont-Blanc, de Tauern et du Gothard) ont fortement renforcé l'intérêt porté à la sécurité dans les tunnels routiers et ont montré qu'il était nécessaire d'améliorer leur sécurité.

Parmi les risques possibles dans les tunnels, les incendies de véhicules sont particulièrement les plus préoccupants en raison de leurs conséquences qui peuvent être beaucoup plus importantes en souterrain qu'à l'air libre si des mesures appropriées ne sont pas prises pour les réduire.

Le système de détection incendie est le premier maillon de la chaîne de sécurité en tunnel routier et fait partie d'un ensemble de dispositifs de sécurité visant à minimiser les conséquences d'un incendie. Les objectifs fondamentaux de ces dispositifs spécifiques en cas d'incident ou d'accident sont :

- Détecter les situations anormales et assurer la communication avec les usagers.
- Permettre la protection et l'évacuation des usagers et l'accès des secours.
- Se prémunir et lutter contre l'incendie.

Ainsi un système de détection incendie est donc indispensable dans un tunnel routier et il doit être conçu dans le cadre d'un ensemble de dispositions, y compris l'exploitation.

1.1. Historique de la détection dans les tunnels de la Région de Bruxelles-Capitale

Depuis le début des années 80, les incendies dans les différents tunnels de la région Bruxelles- Capitale étaient détectés au moyen de détecteurs ponctuels spécialement conçus fin des années 70 pour les tunnels routiers. Ces détecteurs à double sonde thermique étaient placés sur des boucles collectives de détection. Le système permettait l'attribution d'une adresse par boucle et donc la localisation précise de l'incendie ne pouvait pas être déterminé. Seuls quelques locaux techniques des tunnels étaient détectés suivant le même principe des boucles collectives (locaux électriques et poste de contrôle).

La remontée des informations de sécurité incendie vers le centre Mobiris (centre de contrôle de Bruxelles-Mobilité) se faisait au moyen de contact sur le système de télégestion des tunnels. Les informations étaient succinctes et globales au centre de gestion, le diagnostic plus précis devant se faire localement.

Ces technologies de pointe de l'époque étaient fort répandues dans les grands tunnels routiers européens comme le tunnel de Saint-Gothard, le Saint Bernard, le tunnel Léopold II, le tunnel Belliard...

2. Les objectifs de la rénovation, un choix ambitieux.

L'objectif de la rénovation était d'une part la remise à niveau technologique des systèmes détection incendie en tunnel et dans les locaux techniques, d'autre part répondre aux exigences croissantes en matière de sécurité dans les tunnels.

En fonction des nouvelles technologies disponibles, cette rénovation était aussi l'occasion de revoir le concept de sécurité dans son ensemble.

Par exemple, pour répondre aux nouvelles exigences de détection incendie dans la région Bruxelles capitale, en plus des locaux électriques et des tunnels, de nouveaux locaux tels que les locaux de pompage, de ventilation et les chemins d'évacuation ont été sécurisés.

3. Nouvelles technologies mise en œuvre

L'objectif principal de la détection incendie est de mettre œuvre les procédures de mise en sécurité des usagers et des équipements du tunnel.

L'objectif visé était la détection prématurée d'un feu d'une voiture (dégagement de 2,5 à 5 MW de chaleur selon les normes européennes) dans un tunnel routier afin de commander le désenfumage de celui-ci et de prévenir les équipes d'intervention.

Une détection incendie dans les locaux techniques (local haute tension, local basse tension, local batteries, etc...) a été également installée, plus de 400 détecteurs ponctuels.

3.1. La détection dans le tunnel avec le FirboLaser II

Un feu de véhicule est décelé au moyen du système *Fibrolaser II*.

Le système FibroLaser II est composé de deux éléments distincts, d'une part le câble de détection linéaire de chaleur, d'autre part le contrôleur qui analyse toutes les informations reçues.

3.1.1. Le système FibroLaser II

Le FibroLaser II est un détecteur linéaire de chaleur basé sur la plus récente génération de capteurs à fibres optiques.

Depuis la fin des années 80, les fibres de verre quartzes, renfermées dans de petits tubes capillaires en acier spécial, sont intégrées comme conducteurs à fibres optiques dans les lignes aériennes et dans les câbles de puissance pour la transmission d'informations (technique de gestion de réseau) sans subir l'influence des champs électriques et magnétiques. L'expérience a confirmé que les systèmes utilisant les fibres optiques ne conviennent pas uniquement à la transmission d'informations mais qu'ils peuvent aussi être appliqués comme capteurs de mesure

répartis localement. Les grandeurs physiques de mesure telles que la température, la pression et la traction peuvent influencer les fibres optiques et modifier localement les propriétés du circuit de lumière dans les fibres. Dans les fibres optiques, l'atténuation de la lumière due à la diffusion permet de déterminer l'emplacement d'une influence physique extérieure. La fibre optique peut ainsi être appliquée comme capteur linéaire.

L'effet dit de Raman convient particulièrement bien à la mesure de température avec des fibres optiques en verre quartzes. Dans ces dernières, la lumière est réfléchiée par les variations microscopiques de densité plus petites que la longueur d'onde. A côté de la partie élastique de la diffusion (diffusion de Rayleigh), sur la même longueur d'onde que la lumière incidente, on trouve également dans la rétrodiffusion, sur d'autres longueurs d'onde, des composants supplémentaires couplés à l'oscillation moléculaire et par conséquent à la température locale (diffusion de Raman).

Grâce à des diodes laser à semi-conducteur et à un nouveau procédé sophistiqué d'évaluation, le FibroLaser II parvient à mesurer les deux effets de diffusion (diffusion de Rayleigh et diffusion de Raman) dans des fibres optiques d'une longueur de 4 km. Une optimisation des intervalles de mesure et de la résolution locale permet de signaler des variations de température de quelques degrés Celsius par minute de façon fiable et exempte de dérangements. Pour ces raisons, le FibroLaser II convient particulièrement bien à la détection incendie destinée aux longs tunnels dans lesquels le fonctionnement des détecteurs traditionnels d'incendie s'avère insuffisant vu les conditions extrêmes de l'environnement.

3.1.2. Structure du détecteur linéaire de chaleur

Le détecteur linéaire de chaleur FibroLaser II se compose des éléments suivants :

- Câble capteur (jusqu'à 4 km)
- Contrôleur avec génération de lumière laser, évaluation des signaux de mesure et logiciel
- Alimentation externe de courant avec 24V DC / 100 Watt
- Contacts libres de potentiel pour les zones incendies
- les éléments de communication nécessaire pour transmettre les alertes et d'éventuelles anomalies.
- une liaison RS232 pour la configuration du Fibrolaser II
- Un ordinateur pour l'affichage de sous-zones et/ou du profil de température le long du câble.

3.1.3. Câble capteur

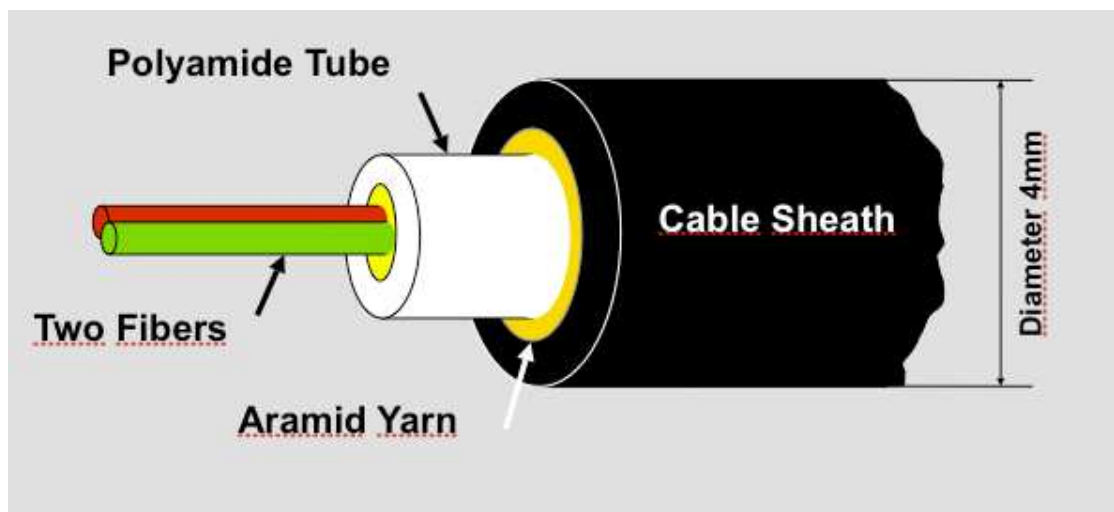


Figure 1 – Câble capteur

Le câble capteur se compose d'un tube capillaire sans acier. Ce tube capillaire renferme 2 fibres de verre quartzes indépendantes, type Multimode 62,5/125 microns dont le diamètre s'élève à 62,5 microns. La cavité restante du tube capillaire comprend un matériel de remplissage exempt d'eau.

Le tube capillaire est enveloppé d'une isolation en matière synthétique dont le diamètre s'élève jusqu'à 4 mm. Cette gaine permet un meilleur maniement lors du montage et améliore tant la stabilité mécanique que la sensibilité concernant la chaleur pure de rayonnement.

3.1.4. Contrôleur

Le contrôleur présente une structure modulaire et comprend :

- un générateur de fréquences avec source laser
- un bloc d'alimentation secteur
- un module optique avec filtres et détecteurs
- une unité centrale (UC) et communication

Le contrôleur est alimenté de l'extérieur avec 24 volts. Il dispose de 10 sorties d'alarme et de dérangement par relais.

Il dispose également d'une connexion Ethernet TCP/IP.

Les données de mesure sont représentées pendant l'exploitation à l'aide d'un ordinateur et d'un logiciel spécial de visualisation FibroVisio. L'ordinateur et les contrôleurs sont alors connectés sur le même réseau Ethernet TCP/IP.

3.1.5. Principe de la mesure

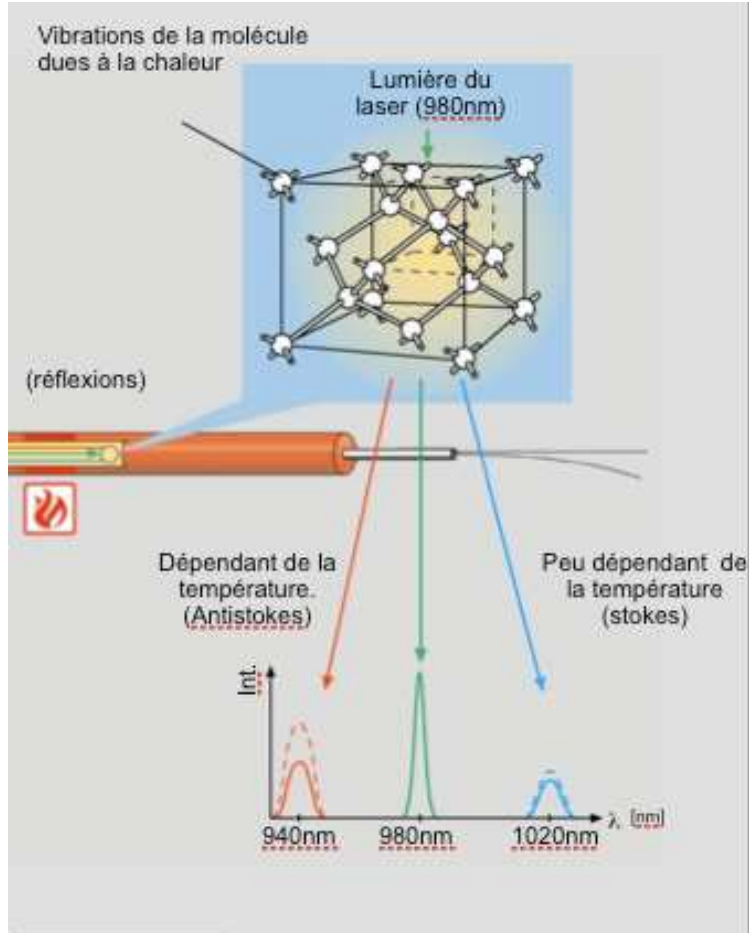


Figure 2 - Principe de mesure

longueur d'onde supérieure pour laquelle les photons sont engendrés, ainsi que
 - la composante Antistokes avec une longueur d'onde inférieure à la diffusion de Rayleigh, pour laquelle les photons sont détruits.

La figure 2 montre la position spectrale des nouvelles bandes de Raman engendrées. L'intensité de la bande Antistokes est dépendante de la température alors que la bande Stokes est presque indépendante de la température. La température locale de la fibre optique résulte du rapport des intensités de la lumière Antistokes et Stokes.

Méthode de mesure et d'évaluation

La méthode appelée 'Optical Frequency Domain Reflection' (OFDR) est appliquée pour le FibroLaser II.

Diffusion de Raman

Pour les fibres optiques, il s'agit d'un verre quartzéux dopé. Le verre quartzéux est un édifice moléculaire SiO_2 . Dans l'édifice moléculaire, les oscillations du réseau cristallin sont induites par l'influence de la chaleur. Si de la lumière tombe sur ces oscillations moléculaires excitées thermiquement, il se produit une interaction entre les particules de lumière (photons) et les électrons de la molécule. Une diffusion de la lumière, appelée diffusion de Raman, est alors engendrée dans la fibre optique. Au niveau spectral, cette diffusion de la lumière est décalée de la valeur de la fréquence de résonance de l'oscillation du réseau cristallin, par rapport à la lumière incidente.

La lumière rétrodiffusée de la fibre optique comprend ainsi trois composantes spectrales différentes:

- la diffusion de Rayleigh avec la longueur d'onde de la source laser utilisée,
- la composante Stokes avec une

Le procédé OFDR ne délivre une information sur le déroulement local que lorsque le signal de rétrodiffusion, détecté pendant toute la durée de la mesure (mesure complexe), est saisi comme fonction de la fréquence puis associée à une transformée de Fourier.

Les principaux avantages de la technique OFDR sont :

- l'exploitation en régime pratiquement continu du laser
 - la détection à bande étroite du signal optique de rétrodiffusion qui permet d'atteindre un rapport signal/bruit nettement plus élevé qu'avec la technique traditionnelle d'impulsions.
- Face à ce procédé se situe la mesure techniquement difficile de la lumière diffusée de Raman et un traitement coûteux des signaux par le calcul FFT (FFT, Fast Fourier Transformation) requérant de hautes exigences de linéarité de la part des ensembles électroniques.

A côté des deux canaux de mesure (Antistokes et Stokes), la structure nécessite encore un canal de référence supplémentaire. Conformément au procédé OFDR, la puissance de sortie du laser est balayée sinusoïdalement, pendant un intervalle du temps de mesure et à l'aide du modulateur HF, dans la fréquence comprise entre la fréquence de démarrage (kilohertz) et la fréquence finale (100 Mhz). L'élévation de fréquence résultante est une mesure directe pour la résolution locale du réflectomètre. La lumière laser à modulation de fréquence est couplée dans le capteur optique via le module optique.

La lumière de Raman, continuellement rétrodiffusée de la fibre, est filtrée spectralement dans le module optique puis converti en signaux électriques au moyen de photodétecteurs. Les signaux de mesure sont finalement amplifiés puis transférés au domaine spectral à basses fréquences

(domaine NF).

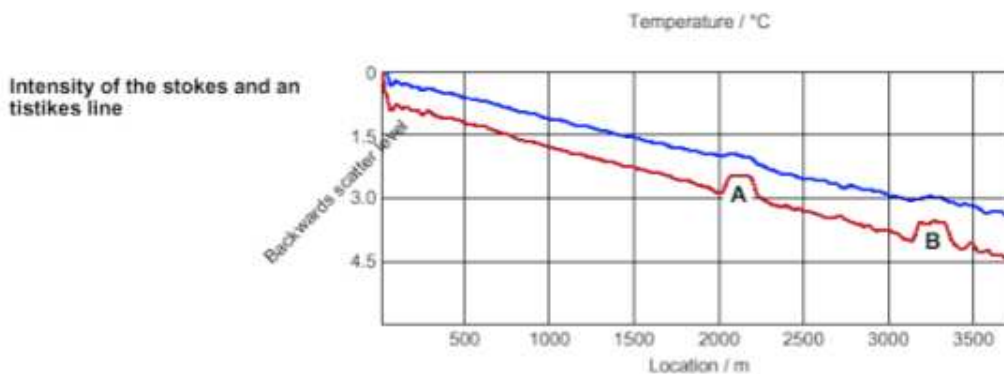


Figure 3 - Courbes de rétrodiffusion

La transformée de Fourier des signaux NF mis en moyenne délivre les deux courbes de rétrodiffusion de Raman (voir figure 3).

Les amplitudes de ces courbes de rétrodiffusion sont proportionnelles à l'intensité de la diffusion de Raman de l'emplacement considéré. La température de fibre le long du câble capteur résulte du rapport d'amplitude des deux canaux de mesure.

3.1.6. Application aux tunnels bruxellois

Chaque tunnel disposant d'une infrastructure spécifique (électricité, ventilation, etc...), les détections incendie sont installées de manière autonome. Le centre de surveillance du Ministère a par ailleurs la possibilité de gérer et de contrôler tous les systèmes de détection incendie à distance, de manière centralisée (via un *Danger Management System, MM8000*, un logiciel spécifiquement conçu pour la gestion d'alarmes, et *FibroVisio*, un logiciel de supervision des courbes de température du *FibroLaser*).

Ce système de centralisation et de supervision est l'un des plus important en Europe (14 centraux et 12 contrôleurs centralisés). La sécurité dans les tunnels de la Capitale se voit donc renforcée !

Exemple avec le tunnel Léopold II

Le tunnel Léopold II est subdivisé en 3 parties :

- Basilique
- Simonis
- Yser

Chaque partie est équipée d'un central de détection incendie gérant la détection incendie dans le tunnel (*FibroLaser*) et la détection incendie dans certains locaux techniques (*Algorex*).

3.2. La détection des locaux techniques Algorex

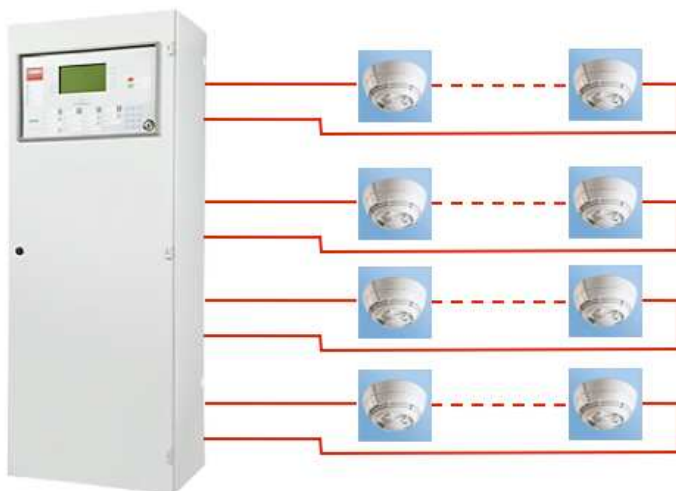


Figure 4 - Schéma de principe de détection

La détection dans les locaux techniques est assurée par un central Algorex et des détecteurs ponctuels Algorex.

Les détecteurs sont adressables et spécialement conçus pour éliminer les alertes intempestives. L'objectif principal étant de sauver des vies et de limiter les dégâts matériels au minimum, les détecteurs choisis détecteront des feux couvants et donc un tout début d'incendie. Il était donc nécessaire de placer ces détecteurs dans tous les locaux techniques et

aussi dans les chemins d'évacuation.

3.3. Mise en Œuvre du réseau Ethernet au moyen de fibre optique.

L'ensemble des 14 centraux de détection incendie de type Algorex et des 12 contrôleurs FibroLaser ont été raccordé à un réseau VLAN (réseau Tunnel -Mobiris). Ce VLAN a été créé à partir du réseau de fibre optique existant.

Nous avons opté pour une solution VLAN (sécurité renforcée sur réseau existant).

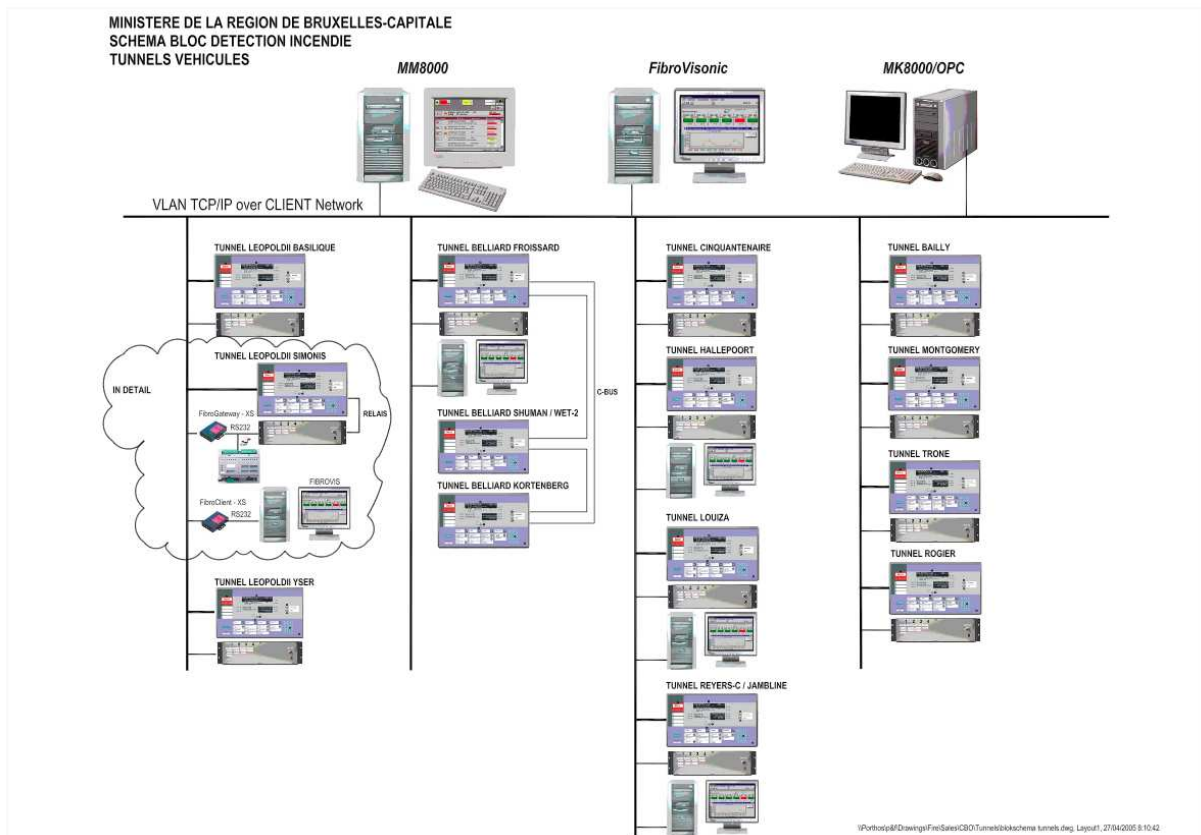


Figure 5 - schéma de principe de l'architecture réseaux

3.4. La centralisation de sécurité avec le système MM8000 et le FibroVIsio.

Les centraux Algorex sont reliés à un système de gestion de Sécurité ou Danger Management System (MM8000) spécialement conçu pour la sécurité et propose les avantages suivants :

- Interactif et **bidirectionnel**.
- Contrôle de WINDOWS (le CTRL ALT DEL n'est pas fonctionnel).

- Intégration de tous les systèmes de sécurité Fire Safety & Security (détection et protection incendie, contrôle d'accès, intrusion, CCTV ...).
- Possibilité d'utilisation de plans AUTOCAD et même du réseau de surveillance caméras en live.
- Convivialité, simplicité d'utilisation.

CENTRALISATION VIA FIBROVISIO

Ce logiciel permet notamment la visualisation des courbes de température du Fibrolaser (localisation précise d'un feu de 0,5 à 4 mètres), voire de plusieurs feux de véhicules dans un même tunnel).

4. Les avantages de ces nouvelles technologies en matière de sécurité

Outre la possible détection précoce d'incendie, l'utilisation de fibres optiques procure bien d'autres avantages encore.

Voici donc un résumé des avantages du FibroLaser :

- Une détection efficace et sans alerte intempestive dans des conditions extrêmes d'environnement. Le câble FibroLaser qui se trouve dans le risque est complètement immunisé vis à vis des phénomènes perturbateurs : gaz d'échappement, poussières, vibrations, humidité, perturbation EMC etc.).
- La possibilité de déclencher une alerte même en cas de forte ventilation. En effet, le câble capteur peut aussi bien détecter les gaz chauds qui circulent autour du câble (échange de chaleur due à la convection) que l'énergie propre de rayonnement. Dans les tunnels avec forte aération, l'alarme incendie est surtout déclenchée par le gradient de température suite au rayonnement.
- Grâce au système FirboVisio, on peut :
 - Localiser un feu à 2 mètres près.
 - Déterminer la taille du feu
 - Visualiser le déplacement du feu et le sens de propagation des fumées.
- La disposition du matériel électronique (Contrôleur) en dehors des zones de risque permet un entretien de la partie intelligente sans devoir intervenir dans le tunnel et donc sans interrompre la circulation.
- Un fonctionnement parfaitement stabilisé dans le temps et dans l'espace. En effet, le fait de travailler avec le système OFDR (décrit ci-dessus) permet d'avoir un fonctionnement continu du laser et grâce à l'amélioration du rapport signal/bruit, d'avoir des mesures aussi fiables au

début du câble qu'en fin de câble (avec les systèmes à impulsion, la précision diminue en fonction de l'éloignement par rapport au laser).

- Un coût de maintenance réduit grâce à la localisation du contrôleur hors du risque et grâce aux zones de test où le câble est placé à hauteur d'homme.

5. Méthode de travail

Pendant les travaux, afin de garder l'ancienne détection incendie opérationnel dans les tunnels, le nouveau système de détection fut placé en parallèle avec le système existant. Pour limiter les impacts des travaux sur le trafic, on opta pour la solution suivante :

- Les travaux de montage de la détection ponctuelle dans les locaux techniques suivi du montage du câble FibroLaser dans les tunnels s'effectuèrent de nuit.
- La mise en service et la programmation des centraux de détection s'effectuèrent de jour.
- La mise en service de la détection incendie des locaux techniques s'effectua de jour.
- Le contrôle et le test de la détection des zones tunnel s'effectuèrent de nuit.



Figure 6 - photo feu test

5.1. Intégration dans le système existant (BM-AED)

Pour intégrer le nouveau système de la détection incendie dans la supervision de tunnels sans changer les automatismes existants, une méthodologie a été mise en place. Elle comprenait les grands axes suivants :

- Pré-étude détaillée sur site.
- Identification des zones incendie et des asservissements existants correspondants.
- Placement de la fibre optique et du contrôleur sur site avec pré-programmation selon les Zones de détection existantes et interconnexion vers le central.
- Transfert des asservissements existants sur les centraux pré-programmés et tests.

La détection ponctuelle des locaux techniques devait être améliorée et adaptée aux normes en vigueur. Il a donc fallu ajouter des détecteurs dans les sorties de secours et locaux techniques non détectés dans le passé. Les zones et le concept de détection ont donc été adaptés en conséquence.

5.2. Test qualitatif

Chaque installation a fait l'objet d'un test de requalification avec le BM-AED. La chaîne d'information et d'alerte fut contrôlée dans son ensemble, depuis les capteurs, le câble de détection FibroLaser et les détecteurs ponctuels ensuite les contrôleurs FibroLaser et les centraux de détection incendie qui gèrent les informations et les asservissements, enfin le

système de gestion et de supervision de sécurité MM8000 et le système de télégestion MOBIRIS.

5.3. Réception avec l'organisme agréé

A la suite des tests de requalification avec le BM-AED, une réception par un organisme agréé devait être réalisée soit le test de tous les détecteurs ponctuels, de toutes les zones de détection dans les tunnels, des boutons-poussoirs, sirènes ainsi que les reports d'informations vers le MM8000 et la télégestion vers MOBIRIS. Ces tests furent réalisés de jour et de nuit. De nuit, un test feu réel fut réalisé dans chaque pertuis de chaque tunnel.

6. Conclusion

Le nouveau système de détection d'incendie installé a amélioré la sécurité dans les tunnels, il permet d'une part de localiser précisément un incendie dans le tunnel et d'autre part de mieux choisir les tables de ventilation de désenfumage du tunnel. C'est un système robuste et a coût de maintenance réduit.

La mise en œuvre de ce système compte tenu des contraintes d'exploitation des tunnels et son intégration dans les installations existantes a demandé une importante recherche documentaire, une préparation minutieuse du chantier ainsi qu'un nombre importants des tests.